

Как настроить мотоподвес ...

Вступление

Для начала разберемся, что такое мотоподвес и для чего он нужен.

Спутниковые параболические антенны обладают высоким коэффициентом усиления, который необходим для приема слабых сигналов со спутника и как следствие очень узкой диаграммой направленности. Это свойство спутниковых антенн заставляет изменять положение антенны при необходимости настроиться на другой спутник, чем сильно осложняет жизнь любителям спутникового приема. Есть несколько способов обойти это неудобство, это использование мультифида или антенны со сложной геометрией и множеством конвертеров, а также установка нескольких антенн. Каждый из этих способов имеет ряд, как преимуществ, так и недостатков. Есть еще один способ, это установка антенны на моторизированный подвес, устроенный таким образом, что антенна при своем повороте отслеживает практически все видимые спутники. Такой тип подвески называется полярным, получившим свое название от полярной звезды, потому что ось вращения этой конструкции при настройке должна быть параллельна оси вращения земли и направлена на эту самую звезду.

Конструктивно полярный подвес претерпел множество модификаций. Самой универсальной конструкцией в настоящий момент является мотоподвес, представляющий из себя электрический двигатель небольшой мощности, редуктор, устройство управления двигателем, приспособление для крепления спутниковой антенны, адаптированное под многие спутниковые антенны с фиксированной азимутально – угломестной подвеской и собственное крепление на опору с возможностью всех необходимых регулировок. Конечно мотоподвес не лишен недостатков, один из самых существенных -



скорость перемещения от позиции к позиции, с ним приходится мириться. Менее существенный – ограничение по диаметру антенны, обычно не более 1,2 м., но этот недостаток все больше сводится к минимуму, так как появляется множество спутников, зона покрытия которых перекрывает значительную территорию России и необходимость в больших антеннах отпадает.

Приобрести комплект спутникового приема не составит труда, сейчас существует множество специализированных фирм занимающихся продажей и установкой и при покупке наверняка посоветуют необходимое оборудование для приема желаемых спутников и адаптированное под местные условия приема. Установка и настройка антенны процесс непростой, тем более, если приобретается антенна с мотоподвесом, требует определенных навыков, знаний и чаще всего дорогостоящий. Часто начинающего

любителя спутникового приема останавливает цена установки, а еще чаще любопытство, желание разобраться самому, желание реализовать свои творческие возможности и технические способности. Вот именно для таких людей и написана настоящая статья.

Теоретическая часть

Как я уже отметил, процесс установки моторизированного подвеса достаточно сложен и требует соответствующих знаний. Поэтому прежде чем перейти к практической стороне вопроса придется набраться терпения и изучить теорию.

«ПОЯС КЛАРКА»

Идея использования геостационарных спутников для целей связи высказывалась ещё К. Э. Циолковским и словенским теоретиком космонавтики Германом Поточником. Преимущества геостационарной орбиты получили широкую известность после выхода в свет научно-популярной статьи Артура С. Кларка в журнале «Wireless World» в 1945 году. Он предсказывал, что искусственный спутник земли выведенный на круговую экваториальную орбиту на высоту 35786 км. будет обращаться вокруг земли за 24 часа. Для наблюдателя, находящегося на земле, этот спутник всегда будет находиться на одном месте, поэтому орбита такого спутника называется геостационарной.

Если представить все спутники, находящиеся на геостационарной орбите, то в южной части неба, для северного полушария, цепочка спутников выстроится в дугу. Эта дуга и была в честь Артура Кларка названа поясом Кларка.

Самый верхний спутник будет тем выше, чем южнее находится наблюдатель. На экваторе верхний спутник будет прямо над головой, пояс Кларка будет выглядеть ровной линией и делить небо на две равные части.

Каждый спутник имеет свою орбитальную позицию которая определяется меридианом над которым он располагается. Например известный спутник HotBird находится над меридианом 13 градусов восточной долготы, поэтому и его позиция пишется 13E.

«УГОЛ МЕСТА» или угол возвышения

Угол места, или угол возвышения – это угол между линией горизонта и направлением на спутник в вертикальной плоскости.

Чем ближе орбитальная позиция спутника к географической широте места приема, тем больше угол места, то есть тем выше спутник над горизонтом.

По мере удаления орбитальной позиции от географической долготы угол места уменьшается и в конце концов становится отрицательным, то есть спутник с такой орбитальной позицией скрывается за горизонтом.

«АЗИМУТ»

Азимут – это направление на спутник в горизонтальной плоскости. Азимут спутника, орбитальная позиция которого совпадает с долготой места приема, будет равен 180, то есть антенна будет смотреть строго на юг.

Расчет азимута и угла места для ориентации спутниковых антенн

Исходные данные:

Географические координаты места приема	
Широта	Lat
Долгота	Long
Радиус земли	$R_3 = 6378$ км.
Радиус геостационарной орбиты	$R_{орб} = 42233$ км.
Орбитальная позиция спутника	Pos

Формула для определения азимута:

$$Az = 180 - A \tan\left(\frac{\tan(Pos - Long)}{\sin(Lat)}\right)$$

Формула для определения угла места:

$$E = \text{Atan}\left(\frac{(R_{орб} * \cos(Pos - Long)) * \cos(Lat) - R_3}{\sqrt{(R_{орб} * \sin(Pos - Long))^2 + (R_{орб} * \cos(Pos - Long)) * \sin(Lat)}^2}\right)$$

«ЭЛЕВАЦИЯ»

Элевация – это один из важнейших углов для настройки полярной подвески спутниковой антенны. Для того, чтобы принимать все доступные спутники, нужно чтобы антенна поворачивалась вокруг определенной оси. Эта ось называется полярной и она должна быть параллельна земной оси. На экваторе полярная ось будет параллельна земной поверхности, чем севернее точка приема, тем на меньший угол от вертикали будет отличаться наклон полярной оси. Так вот элевация и есть угол, на который наклонена полярная ось относительно вертикали.

Формула для определения элевации

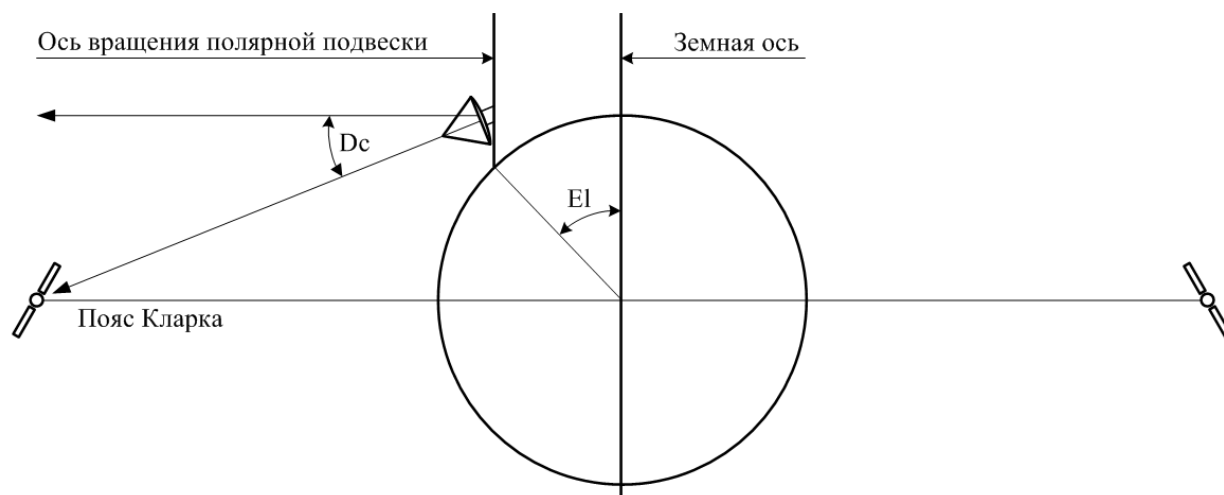
$$El = 90 - Lat$$

«ДЕКЛИНАЦИЯ»

Если мы выставим только угол элевации для оси вращения антенны, то не принять нам ни одного спутника. «Луч» от антенны будет рисовать в небе прямую линию высоко над всеми спутниками. Чтобы исправить эту ситуацию антенну следует наклонить относительно полярной оси на определенный угол. Этот угол и называется углом деклинации.

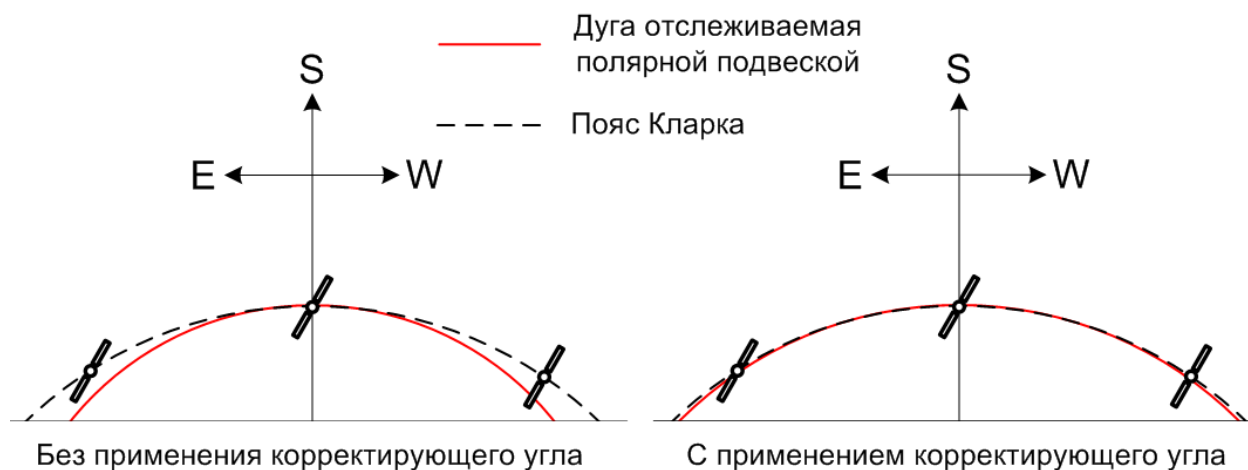
Формула для определения угла деклинации:

$$Dc = \frac{57.3 * \sin(Lat)}{\frac{R_{орб}}{R_3} - \cos(Lat)}$$



«КОРРЕКТИРУЮЩИЙ УГОЛ»

Теперь мы знаем, что для того, чтобы наша антенна поворачивалась направляя свой «луч» точно на спутники необходимо выставить углы элевации и деклинации. Но не все так, как хотелось бы. Если настроить мотоподвес по углам элевации и деклинации, рассчитанным по формулам приведенным выше, антенна будет своим «лучом» описывать в небе дугу немного отличающуюся от дуги пояса Кларка, что конечно же очень нежелательно. И чем больше у вас антенна, тем сильнее эта погрешность будет сказываться на приеме. Для того, чтобы избежать этот неприятный момент вводится небольшая поправка - корректирующий угол, который обычно не превышает одного градуса. На величину этого угла уменьшается углы деклинации и элевации.



Формула для определения поправки:

$$\gamma = A \tan \left(\frac{\sqrt{\left(\frac{R_{\text{орб}}}{R_3}\right)^2 - \cos^2(Lat)}}{\sin(Lat)} \right) - A \tan \left(\frac{\frac{R_{\text{орб}}}{R_3} - \cos(Lat)}{\sin(Lat)} \right)$$

Расчет элевации с учетом поправки:

$$El = 90 - Lat - \gamma$$

Расчет деклинации с учетом поправки:

$$Dc = \frac{57.3 * \sin(Lat)}{\frac{R_{orb}}{R_3} - \cos(Lat)} - \gamma$$

«УГОЛ ПОВОРОТА ПОЛЯРНОЙ ПОДВЕСКИ»

Угол поворота полярной подвески – это угол, на который нужно повернуть антенну вокруг полярной оси, относительно направления на юг, для настройки на определенный спутник. На первый взгляд кажется, что этот угол должен быть равен разнице между азимутами спутника и азимутом направления на юг, но это в корне неправильно.

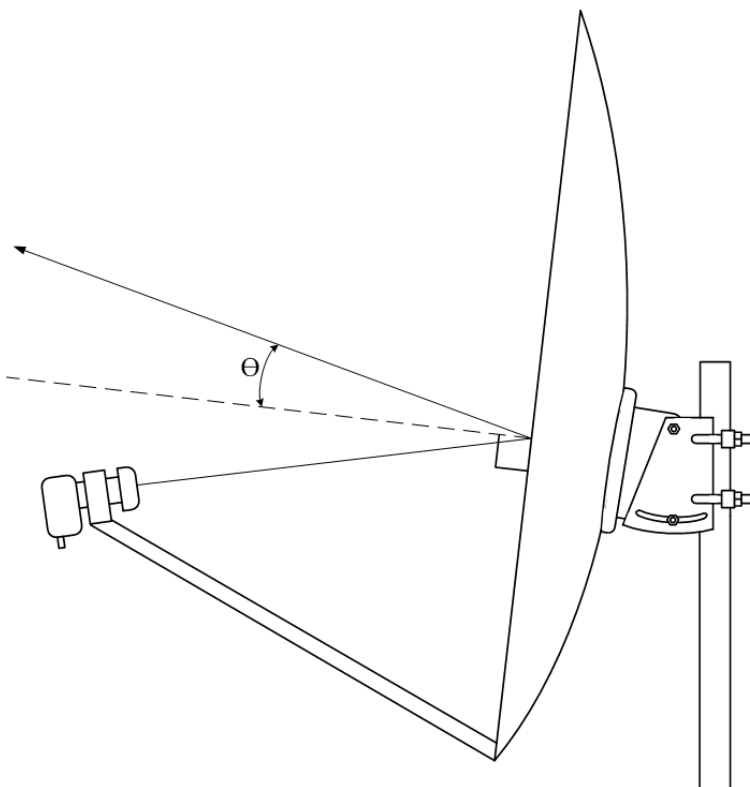
$$\varphi = A \tan \left(\frac{R_{orb} * \sin(Pos - Long)}{R_{orb} * \cos(Pos - Long) - R_3 * \sin(El)} \right)$$

Отрицательное значение угла φ означает поворот полярной подвески на запад относительно южного направления, положительное – на восток.

«УГОЛ ОФСЕТНОСТИ АНТЕННЫ»

Конструктивно полярный мотоподвес приспособлен под установку офсетной антенны, поэтому речь пойдет как раз о таком типе антенн.

Само название офсетной антенны говорит о том, что фокус у неё смещенный. Конвертер вынесен из зоны затенения зеркала антенны, именно поэтому «луч» антенны не перпендикулярен плоскости раскрыва антенны, а направлен выше как раз на угол офсетности. Благодаря этому офсетная антенна не смотрит в небо как прямофокусная, а располагается почти вертикально. Геометрически зеркало офсетной антенны представляет из себя часть параболы высеченной из целой параболы путем сечения цилиндром. Борта зеркала офсетной антенны чаще всего образуют правильный эллипс, за исключением некоторых случаев.



Угол офсетности можно найти в паспорте на антенну и если он там указан, то лучше как раз это значение нужно использовать в дальнейших расчетах. Если паспорта нет, то можно этот угол рассчитать.

Исходные данные:

Большой диаметр антенны D
Малый диаметр антенны d

Эти значения не стоит брать из паспорта, их следует измерить с максимально возможной точностью по кромкам в местах перехода параболической части зеркала на бортики.



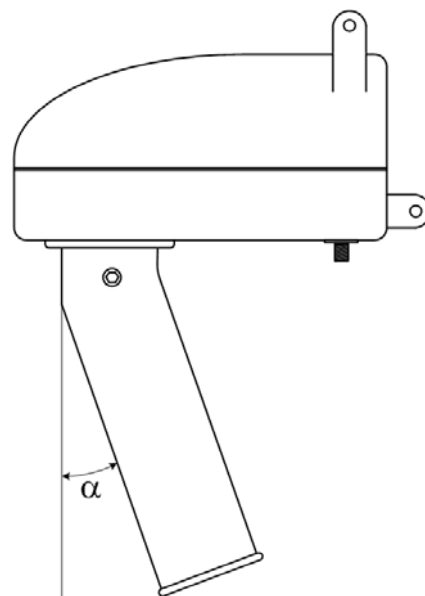
Формула для расчета угла офсетности

$$\theta = A \cos\left(\frac{d}{D}\right)$$

Стоит обратить внимание, что не все офсетные антенны поддаются такому расчету. Некоторые производители антенн преднамеренно изменяют форму зеркала и оно получается не эллиптической формы а круглой. В таких случаях приходится идти на различные ухищрения чтобы определить угол офсетности. Один из вариантов – это надежно установив зеркало антенны в горизонтальном положении налить в него воду и измерить размер получившейся эллиптической лужицы по максимальному и минимальному значению. Эти значения и подставить в выше указанную формулу.

«УГОЛ ИЗГИБА ХОБОТА МОТОРА»

Для крепления антенны на мотоподвесах используется отрезок трубы закрепленной на оси силовой шестерни редуктора. Эта труба получила свое название «хобот» потому, что она имеет изгиб и со стороны действительно напоминает хобот слона. Изгиб хобота делается для того, чтобы сделать конструкцию универсальной, на неё крепится без доработки большинство антенн с азимутально - угломестной подвеской. Чтобы максимально упростить процедуру настройки подвески и сделать правильные расчеты нам необходимо знать, на какой угол загнут этот «хобот» у мотора. Этот угол обычно указывается в паспорте на мотор и чаще всего он составляет 30 градусов, но бывают моторы с углом изгиба «хобота» 35 и 40 градусов. Если в паспорте на мотор этот угол не указан, придется его измерять подручными средствами, линейками, транспортирами, у кого на что хватит выдумки.



Практическая часть

Ну вот, после долгого и нудного изучения теории со страшными формулами пришло время на практике применить свои свежеполученные знания. Для меня это всегда был радостный момент, всегда хотелось пощупать сначала все руками, но увы, каждый раз убеждался что практика без теории никуда не годится.

В качестве примера приведу реальные данные для установки и настройки антенны с мотоподвесом в Нижнем Новгороде. Вам же придется произвести расчеты со своими географическими координатами, размерами антенны и параметрами мотоподвеса.

Итак, исходные данные:

Географические координаты места приема

Широта	Lat	= 56.2°
Долгота	Long	= 44.2°
Радиус земли	R _з	= 6378 км.
Радиус геостационарной орбиты	R _{орб}	= 42233 км.

Антенна Golden Interstar 0.9 м.

Большой диаметр антенны	D	= 980 мм.
Малый диаметр антенны	d	= 900 мм.

Мотоподвес Strong SRT DM-2100

Угол изгиба «хобота» мотора	α	= 30°
-----------------------------	---	-------

Расчеты необходимых углов для настройки подвески:

1.

Поправка

$$\gamma = A \tan\left(\frac{\sqrt{\left(\frac{R_{орб}}{R_з}\right)^2 - \cos(Lat)^2}}{\sin(Lat)}\right) - A \tan\left(\frac{\frac{R_{орб}}{R_з} - \cos(Lat)}{\sin(Lat)}\right) =$$

$$A \tan\left(\frac{\sqrt{\left(\frac{42233}{6378}\right)^2 - \cos(56.2)^2}}{\sin(56.2)}\right) - A \tan\left(\frac{\frac{42233}{6378} - \cos(56.2)}{\sin(56.2)}\right) =$$

$$A \tan\left(\frac{\sqrt{43.85 - 0.309}}{0.831}\right) - A \tan\left(\frac{6.622 - 0.556}{0.831}\right) = 0.623°$$

2.

Элевация $El = 90 - Lat - \gamma = 90 - 56.2 - 0.623 = 33.18°$

3.

Деклиинация

$$Dc = \frac{57.3 * \sin(Lat)}{\frac{R_{орб}}{R_з} - \cos(Lat)} - \gamma = \frac{57.3 * \sin(56.2)}{\frac{42233}{6378} - \cos(56.2)} - 0.623 =$$

$$\frac{57.3 * 0.831}{6.622 - 0.556} - 0.623 = 7.23°$$

4.

Угол офсетности $\theta = A \cos\left(\frac{d}{D}\right) = A \cos\left(\frac{900}{980}\right) = 23.3°$

Итак, все необходимые углы для настройки подвески у нас есть, теперь осталось их правильно применить. Практика установки и настройки полярной подвески подсказала, что можно большую часть дела выполнить дома, на столе в удобных условиях. Для этого понадобится небольшой отрезок ровной трубы диаметром 25÷42 мм. длиной немного больше большого диаметра антенны, в моем случае 1÷1.2 м. Антенну необходимо собрать согласно инструкции по сборке. Штангу конвертеродержателя можно пока не устанавливать, так будет удобнее выставлять углы. Трубу зажимаем в хомуты крепления подвески так, как будто это опора, антенну кладем вниз зеркалом на ровную поверхность, например на большой стол или на пол.

Установка деклинации:

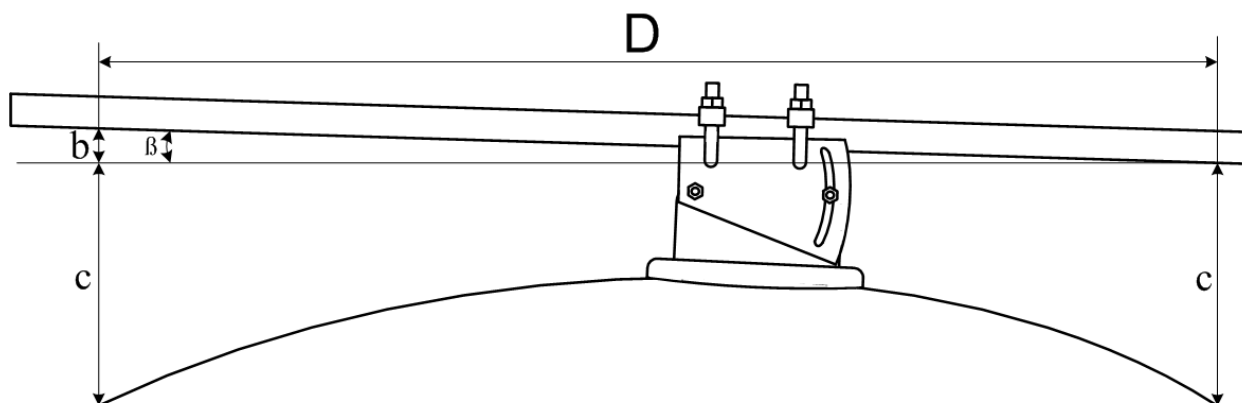
Для этого нам нужно выставить трубу относительно плоскости зеркала антенны под углом деклинации с учетом угла офсетности и угла изгиба хобота.

$$\beta = Dc + \theta - \alpha = 7.23 + 23.3 - 30 = 0.53^\circ$$

Самый простой способ выставить угол – это метод прямоугольного треугольника. Один из катетов нам известен, это большой диаметр антенны, осталось рассчитать длину второго катета.

$$b = D * \sin(\beta) = 980 * \sin(0.53) = 9 \text{ мм.}$$

Угол β в моем случае положительный, поэтому расстояние от трубы до кромок антенны сверху должно быть больше чем снизу на величину b . Аккуратно изменяя положение трубы добиваемся как можно более точного соответствия разницы между расстояниями сверху и снизу.



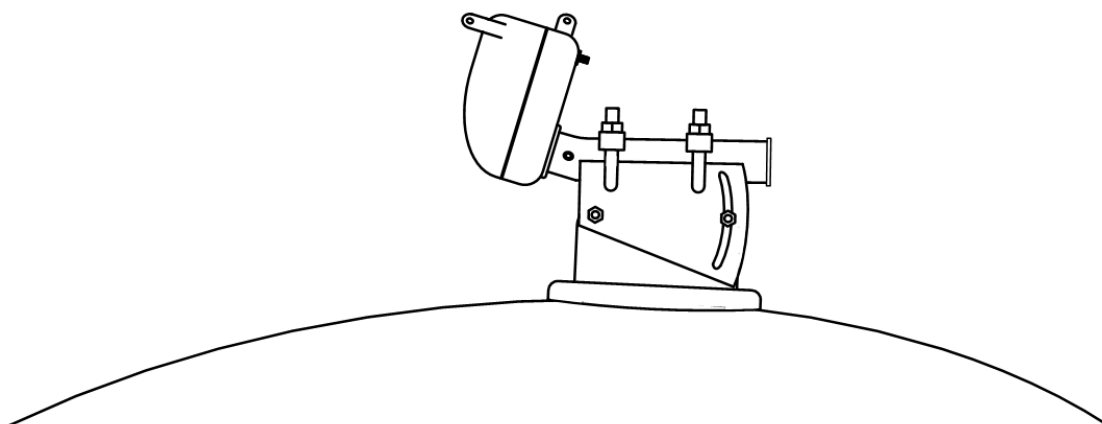
В случае если угол β отрицательный, то снизу расстояние должно быть больше чем сверху.

Установка мотора:

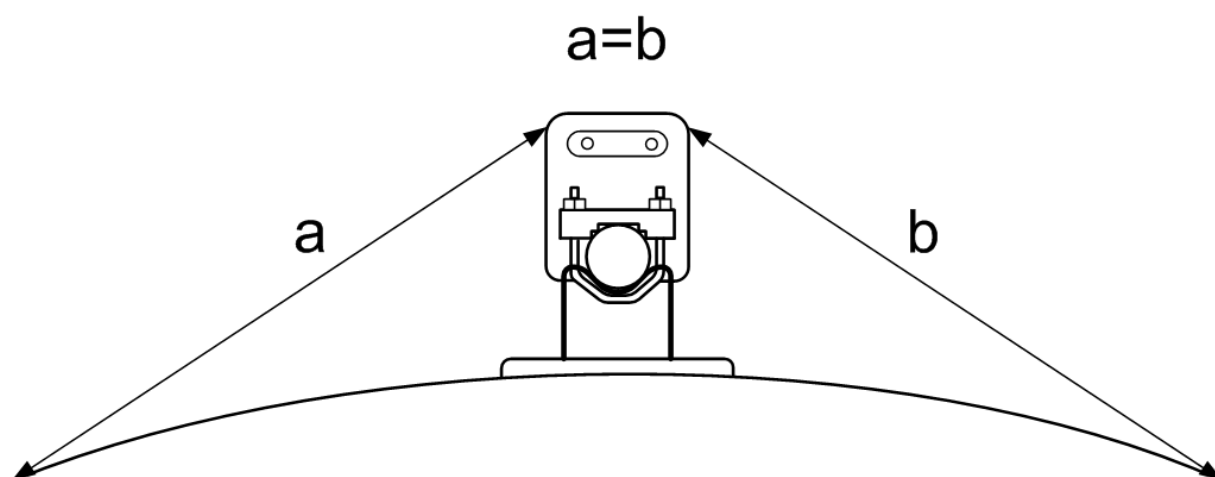
Необходимо чтобы мотор был установлен в нулевую позицию. Для этого лучше всего подключить его к приемнику и выполнить команду «Идти в 0».

Хобот мотора зажимаем в хомуты крепления подвески так, чтобы мотор расположился строго перпендикулярно плоскости антенны, при этом хомуты крепления должны

располагаться как можно ближе к подшипнику хобота чтобы максимально уменьшить рычаг и уменьшить нагрузку на мотор. Следует также следить за тем, чтобы болты хомутов не доставали корпуса мотора при вращении хобота.



Перпендикулярность расположения мотора можно проконтролировать с помощью рулетки, измеряя расстояния с двух сторон до краев антенны.



Установка элевации:

Установка угла элевации не требует большой точности на данном этапе, он будет корректироваться при настройке антенны на месте. Поэтому достаточно выставить этот угол по шкале мотора. Следует обратить внимание на то, что часто на моторе есть две шкалы, элевация и широта, не стоит их путать.

Можно конечно выставить угол элевации более точно воспользовавшись методом треугольника, но это совсем не обязательно потому что конструкция под собственным весом провиснет и угол элевации все равно придется поправлять.

На этом предварительная настройка подвески завершена, теперь следует собрать антенну окончательно, установив штангу конвертеродержателя.

Установка опоры:

Опора должна отвечать следующим требованиям, это должна быть максимально жесткая конструкция с возможностью регулировки вертикальности трубы для крепления антенны,

надежным креплением к стене или иному основанию и достаточным выносом для обеспечения антенне свободы при вращении мотора.

Опора крепится к основанию при помощи анкерных болтов, сквозных шпилек или распорных дюбелей. Лучше чтобы количество крепежных элементов было больше, обеспечивая солидный запас прочности крепления.

Труба для крепления антенны выставляется строго вертикально при помощи отвеса или строительного уровня.

Установка антенны и окончательная доводка:

Прежде чем взгромоздить антенну на опору следует попробовать покрутить мотор дома, подключив его к приемнику. Есть два режима управления мотором, пошаговый и USALS. Очень хорошо если мотор и приемник поддерживают режим USALS, это самый удобный, на мой взгляд, режим. Для правильного функционирования этого режима необходимо установить в приемнике корректные географические координаты места приема, чтобы приемник мог правильно просчитать угол поворота.

Далее следует выбрать опорные спутники, по которым будем настраивать антенну. Опорных спутников должно быть как минимум три, вершинный, крайний западный и крайний восточный. В моей местности как нельзя лучше для вершинного подходит Eurasiasat 42E потому что долгота места 44,2 градуса и он ближе всего к южному направлению. Чем ближе позиция вершинного спутника к географической долготе, тем лучше. Крайними лучше выбирать хорошо принимаемые спутники как можно ближе к краям дуги Кларка. В моей местности это Yamal 90E и Sirius 5E.

Пришло время приступать к самому интересному, установке и настройке.

Идеальный вариант, когда удастся разместить приемник и телевизор недалеко от места установки, чтобы можно было управлять приемником и видеть уровень сигнала, отображаемый на телевизоре. В крайнем случае, когда такой вариант невозможен, придется настраивать антенну с помощником, который будет управлять приемником и сообщать уровень сигнала.

Устанавливаем антенну на заранее закрепленную и выставленную вертикально опору и слегка затягиваем гайки хомутов подвески так, чтобы антенну можно было с небольшим усилием поворачивать, предварительно ориентируем на юг. Конвертер следует установить на штангу конвертеродержателя строго вертикально, так чтобы треугольник на конвертере, обозначающий положение приемного зонда находился сверху. Подключаем мотор согласно инструкции к конвертеру и к приемнику.

Начинаем настройку с вершинного спутника. Необходимо на приемнике установить параметры LNB для вершинного спутника, ввести координаты места приема в установках USALS, если приемник и мотор поддерживает этот режим, выбрать вершинный спутник из общего списка и установить параметры рабочего транспондера. Параметры рабочих транспондеров для любого спутника можно найти на сайте www.lyngsat.com. Некоторые приемники подают команду на мотор для поворота сразу после выбора спутника, мотор при этом должен переместиться в нужную позицию. Если этого не произошло, то

необходимо вручную подать команду «идти в позицию». В этом положении мотора будем настраиваться на вершинный спутник.

Если приемник не поддерживает режим USALS, то повернуть мотор на необходимый угол придется вручную, используя пошаговый режим. Для того, чтобы это сделать точно нужно сначала определить угол эквивалентный одному шагу. Считая шаги поверните хобот мотора на 10 градусов контролируя угол поворота по шкале мотора. Теперь остается разделить 10 градусов на количество шагов.

Угол поворота хобота мотора которому соответствует направление на нужный спутник рассчитываем по формуле «угол поворота полярной подвески». В моем случае вершинный спутник Eurasiasat 42E с орбитальной позицией 42 градуса.

$$\begin{aligned}\varphi &= A \tan\left(\frac{R_{\text{orb}} * \sin(\text{Pos} - \text{Long})}{R_{\text{orb}} * \cos(\text{Pos} - \text{Long}) - R_3 * \sin(\text{El})}\right) = \\ &A \tan\left(\frac{42233 * \sin(42 - 44.2)}{42233 * \cos(42 - 44.2) - 6378 * \sin(33.18)}\right) = \\ &A \tan\left(\frac{42233 * -0.038}{42233 * 0.999 - 6378 * 0.547}\right) = A \tan\left(\frac{-1604.854}{38702}\right) = -2.38^\circ\end{aligned}$$

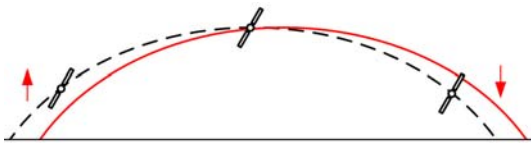
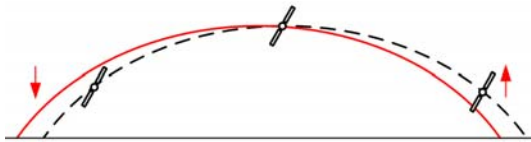


Отрицательное значение угла означает что поворачивать мотор нужно в западном направлении.

Проверяем, все ли так как надо, антенна установлена на вертикальную опору, повернута ориентировочно в южном направлении, приемник включен в режим контроля сигнала и качества, установлены параметры заведомо рабочего транспондера, хобот мотора повернут на угол соответствующий вершинному спутнику. Теперь плавно, без рывков, поворачиваем антенну в одну сторону, потом в другую пока шкалы уровня сигнала и качества покажут значение отличающееся от нулевого значения. Добиваемся максимального значения показаний шкал и равномерно затягиваем гайки хомутов подвески. При затягивании гаек следует помнить, что при этом антенна слегка поворачивается в след за обжимаемым хомутом, поэтому необходимо следить за значением шкал сигнала и качества. Легким отклонением антенны вверх и вниз проверяем, одинаково ли при этом уменьшаются уровни шкал. Если показания шкал увеличиваются при перемещении в каком либо направлении, то необходимо ослабить крепления угла элевации и подстроить положение антенны по максимуму уровня шкал. В этом положении затягиваем крепление угла элевации. Антенну следует отклонять нежно, на сколько позволяет естественная упругая деформация подвески, ни в коем случае не допускать деформации зеркала, иначе получите ложный эффект изменения уровня.

Если все сделано правильно и точно, то можно с 90% уверенностью сказать что настройка на этом завершена, остается только проконтролировать сигнал на крайних спутниках. Поворачиваем антенну сначала на восточный спутник и контролируем уровень сигнала при отклонении антенны вверх и вниз. Потом на западный и также контролируем уровень сигнала при отклонении антенны. Если на крайних спутниках сигнал уменьшается одинаково при отклонении антенны вверх и вниз, то вам настройка удалась на славу. Ну а

если вам не повезло и сигнал увеличивается при отклонении антенны, то не стоит отчаиваться, нужно всего лишь запомнить, при отклонении в какую сторону увеличивается сигнал на западном и восточном спутниках.

По таблице находим вашу ситуацию и предпринимаем необходимые действия.

Восточный спутник	Западный спутник	Действие	Картинка
Сигнал увеличивается при отклонении вверх ↑	Сигнал увеличивается при отклонении вниз ↓	Подвеска настроена с небольшим отклонением нулевого положения на запад. Необходимо ослабить крепление хомутов мотора и немного повернуть всю конструкцию на восток .	
Сигнал увеличивается при отклонении вниз ↓	Сигнал увеличивается при отклонении вверх ↑	Подвеска настроена с небольшим отклонением нулевого положения на восток. Необходимо ослабить крепление хомутов мотора и немного повернуть всю конструкцию на запад .	
В следующих ситуациях углы деклинации и элевации выставлены неточно			
Сигнал увеличивается при отклонении вниз ↓	Сигнал увеличивается при отклонении вниз ↓	Мал угол элевации, дуга получилась полой. Необходимо антенну повернуть на вершинный спутник, сначала немного увеличить угол элевации, потом увеличить угол деклинации по максимуму сигнала.	
Сигнал увеличивается при отклонении вверх ↑	Сигнал увеличивается при отклонении вверх ↑	Велик угол элевации, дуга получилась крутой. Необходимо антенну повернуть на вершинный спутник, сначала немного уменьшить угол элевации, потом уменьшить угол деклинации по максимуму сигнала.	

После каждого действия поправки положения подвески следует проверять прием на вершинном и крайних спутниках, при необходимости применять дополнительные корректировки. Для тонкой настройки подвески бывает достаточно подтянуть нужную гайку и антенна отклонится на очень маленький угол порой достаточный для того чтобы исправить неточности настройки.

Совет новичкам, первый раз взявшись за настройку антенны. Будет лучше, если вы потренируетесь в настройке антенны с азимутально-угломестной подвеской на разные спутники перед тем, как браться за настройку мотоподвеса, это даст возможность освоить установку параметров приемника и «пристреляться» к спутникам, да и чувствовать себя будете намного уверенней.