

М.В. Ладанов

R3VL

r3vl@mail.ru

**Укороченная 2-х элементная
2-х диапазонная антенна ЯГИ
(ML-22U)**

г. Александров

2020 г.

Оглавление

Введение.....	3
1. Имеющиеся варианты антенн.....	3
2. Постановка задачи.	4
3. Модель антенны.....	4
3.1. Расчетные параметры антенны	5
4. Конструкция.....	10
5. Сборка и натурные испытания.....	14
6. Практическая работа в эфире	23
7. Название антенны	24
8. Недостатки конструкции.	24
9. Сравнение антенн	26
10. Модификация антенны	34
11. Технологические решения.....	36
Заключение.....	41

Введение

О постройке направленной антенны я задумался давно, но как-то не задавался конкретной целью. Тем более, что моя крыша крайне неудобная для подобных экспериментов, а предлагаемые варианты антенн не подходили по некоторым причинам. Среди них:

- Большая масса (например, 2-х элементные 3-х диапазонные антенны XL222, AD222 имеют массу около 21 кг).
- Необходимость дорогостоящего поворотного устройства типа G-450 (около 30 тыс. рублей, что почти в 2 раза дороже самой антенны).
- Необходимость прочной мачты, способной выдержать значительный вес АФУ. А, следовательно, необходимость специальных мероприятий на крыше по креплению антенны с большой вероятностью заделки анкерных креплений в бетонную крышу, что для меня не приемлемо.
- Радиус поворота предлагаемых антенн более 5 метров. Будет задевать за элементы мачты с W3DZZ.

1. Имеющиеся варианты антенн.

Был проведен поиск антенн, предлагаемых различными изготовителями для приобретения. Среди них:

- Mosley Mini-Beam Mini32A, Mini33A, Mini33A-WARC 560-936.00 €
<http://www.wimo.com/antenna-minibeamse.html>
- Mosley Antennas Mini-33A Mini Beam € 780,00
https://www.freebytes.com/catalog/product_info.php?cPath=27_262&products_id=1646
- Антенны Mosley Mini-32A Mini Beam € 645,00
https://www.freebytes.com/catalog/product_info.php?cPath=27_262&products_id=1637
- Антенна ZX-Yagi Mini 2000 € 489,00
https://www.freebytes.com/catalog/product_info.php?products_id=1648&language=en
- Направленная КВ антенна Cushcraft MA5B
<http://www.tangent.ru/cushcraft/ma5b-p-11.html>
- Антенна XL-222 10120 руб.
<http://www.russian-yagi.ru/antenny/mnogodiapazonnye/xl222>
- Антенна RB-223 26500 руб.
<http://rusbeam.ru/index.php?dn=article&to=art&id=1>
- SAYT 2-2 SAYT 3-2 <http://antenna-su.ru/> 17000 руб.
- AD-223 26500 руб.
<http://ant-depot.ru/component/virtuemart/details/2/5/antenny-kv/mnogodiapazonnye-antenny/ad-223.html>

Выводы: практически все представленные выше антенны идентичны. Есть отличия по параметрам, но незначительные. Имеются значительные отличия по массо-габаритным показателям. Здесь выигрывают заграничные образцы, но и стоят они в разы дороже российских антенн без учета пересылки. К сожалению, приведенные изготовителями электрические характеристики не полные, что не позволяет сделать какие-то однозначные выводы, т.к. заявленные характеристики могут значительно отличаться от действительных. Лишь незначительные образцы имеют файлы для просмотра в антенных моделировщиках. Например, известной программе антенного моделирования MMANA.

Из всех антенн, которые как-то отвечают моим требованиям и имеют файлы для расчетов в MMANA, подходят антенны XL-222 и AD-222. Они имеют приблизительно одинаковые электрические характеристики и весовые. 21 и 19 кг соответственно. Антенну SAYT 2-2 не рассматриваю, т.к. это антенна с активным питанием элементов.

Таким образом, наиболее подходящими антеннами для моих условий являются XL-222 и AD-222. Но они имеют большой вес и радиус поворота 6 метров.

2. Постановка задачи.

При создании антенны ставились следующие задачи:

- Антенна должна иметь укороченные размеры элементов, чтобы без помех вписаться на моей крыше.
- Антенна должна иметь вес не более 5 кг и размещаться на армейском телескопе на защелках. Вращение антенны должно выполняться поворотным устройством типа Ну-gain AR-500.
- Иметь радиус поворота менее 4 метров.
- Антенна должна быстро собираться и разбираться.
- Антенна должна изготавливаться из доступных материалов.
- Антенна должна иметь приемлемые электрические параметры, сопоставимые с параметрами имеющихся в продаже антенн.
- Допускается работа антенны только в определенных участках диапазонов. В моем случае в телеграфных участках.

За исходные материалы были приняты: рыболовные 5-ти метровые удочки для размещения вибраторов, для - бума квадратный алюминиевый профиль 25х25, алюминиевый уголок 25х25, небольшой отрезок алюминиевой трубки диаметром 30 мм, провод ПВ-3 1х2.5, хомуты из нержавеющей стали 19-44 мм.

Стоимость основных исходных материалов составила:

- Профиль 25х25 – 380 р х2 =760 руб.
- Уголок 25х25 = 200 руб.
- Удочки 5 м 450 руб. х 4 = 1800 руб.
- Провод ПВ-3 21.80 х 32 = 697.60
- Метизы 90 руб.
- ВЧ разъем (мама) – 100 руб.

Итого 3648 руб.

3. Модель антенны

Антенна разрабатывалась с использованием программы MMANA. Вначале была разработана 3-х диапазонная антенна.

Антенна имела довольно приемлемые расчетные параметры.

Однако, было решено отказаться от 3-х диапазонного варианта из-за необходимости увеличения длины бума для крепления дополнительных растяжек элементов, т.к. элементы 20-метрового диапазона были выполнены в виде элементов Моксона. Кроме того, этот вариант предусматривал дополнительные элементы для диапазонов 21-28 МГц.

И учитывая, что мы сейчас находимся в годах минимума солнечной активности, когда высокочастотные диапазоны 15 и 10 метров практически закрыты, была спроектирована и изготовлена 2-х элементная 2-х диапазонная антенна.

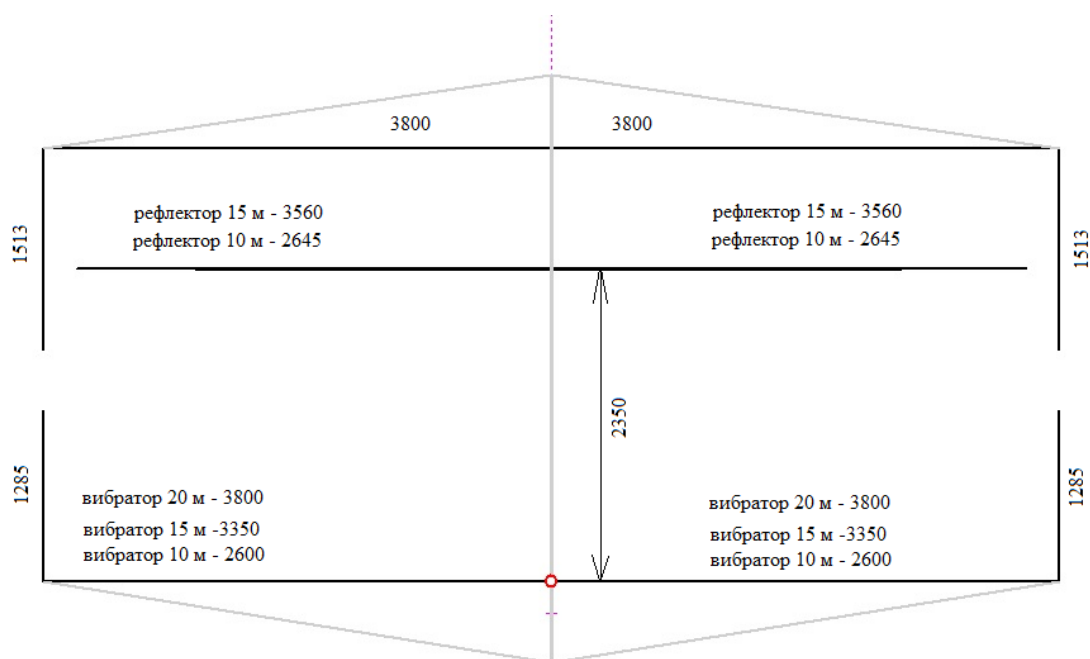
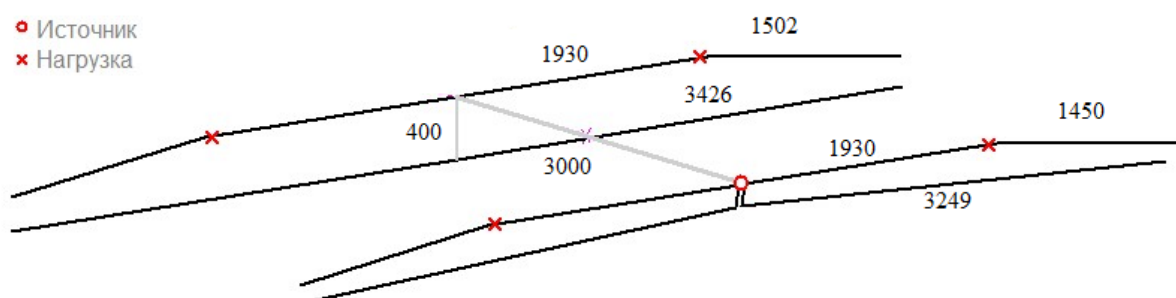


Схема антенны приведена на рисунке ниже. Размеры в миллиметрах приведены с учетом коэффициента укорочения провода, который принят равным 0.979.

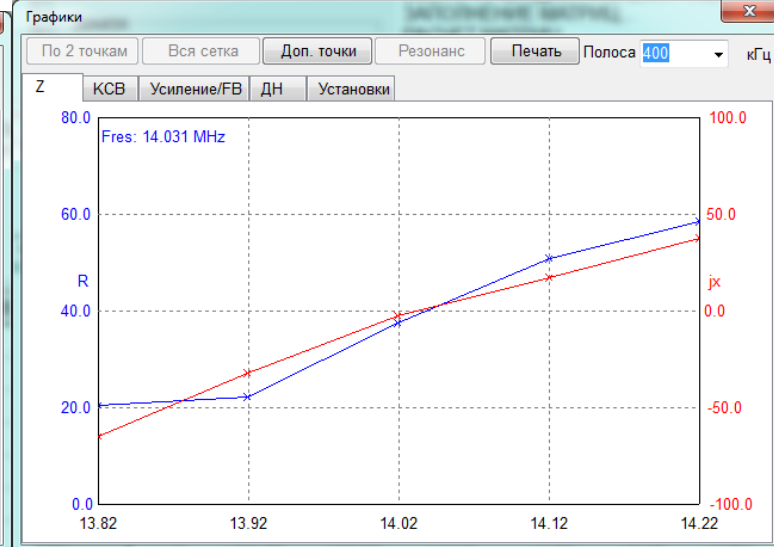
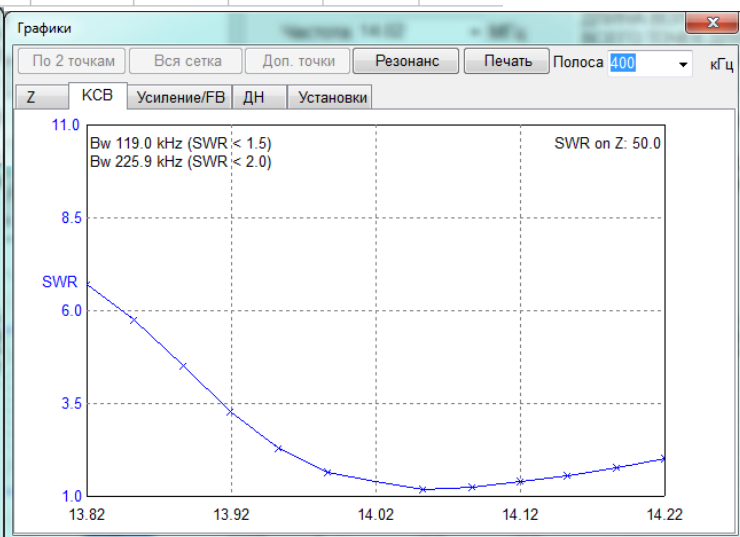
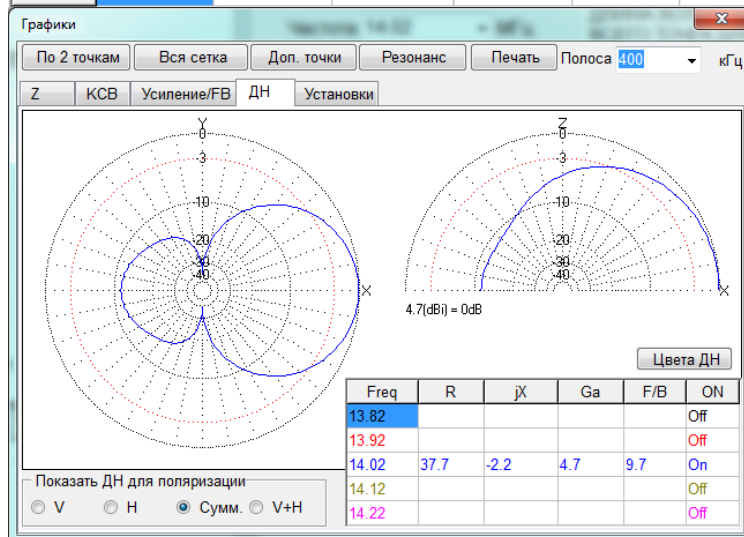


В качестве укорачивающих элементов применены катушки индуктивности. Катушки выполнены многожильным проводом внешним диаметром 1.5 мм. Диаметр по меди 1 мм. Каждая катушка намотана на пластиковой оправке диаметром 29 мм от шипучих витаминов С. В моем варианте 19 витков провода. Индуктивность подгонялась под величину 6 мкГн с помощью антенного анализатора АА-30 и измерителем LC-100А. После подгонки на катушки были надеты термоусаживающиеся трубки. После обработки трубкой индуктивность увеличилась на 0.1 мкГн. Общая длина катушки с учетом оправки 40 мм.

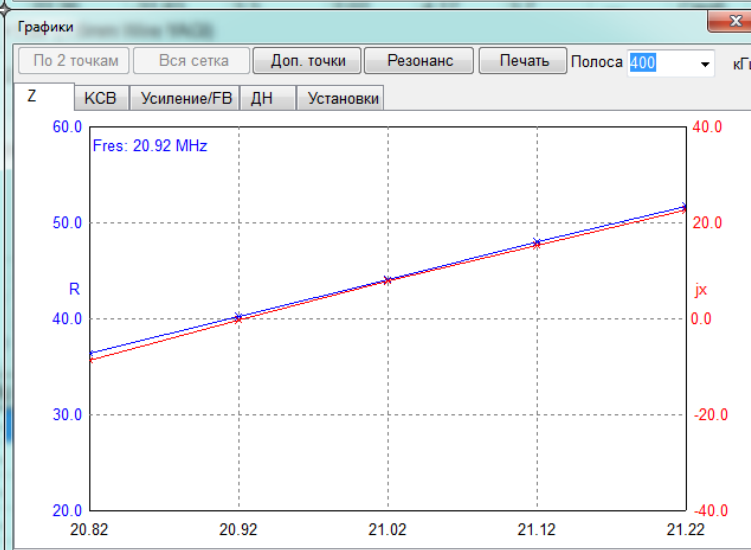
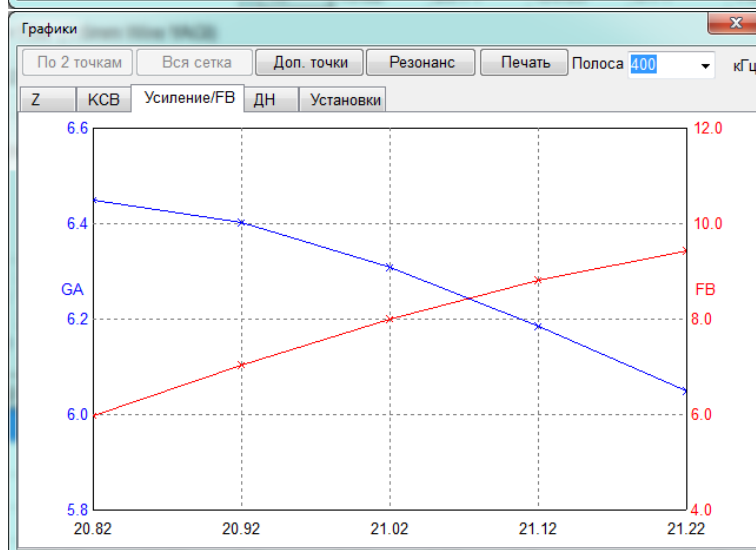
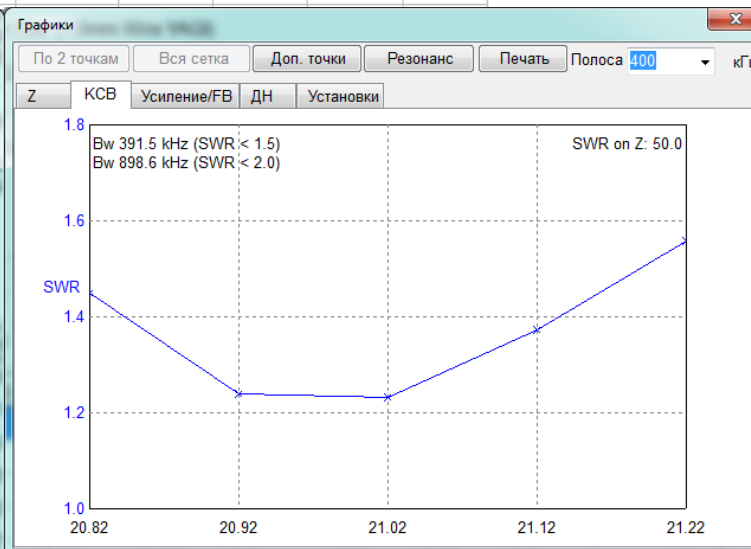
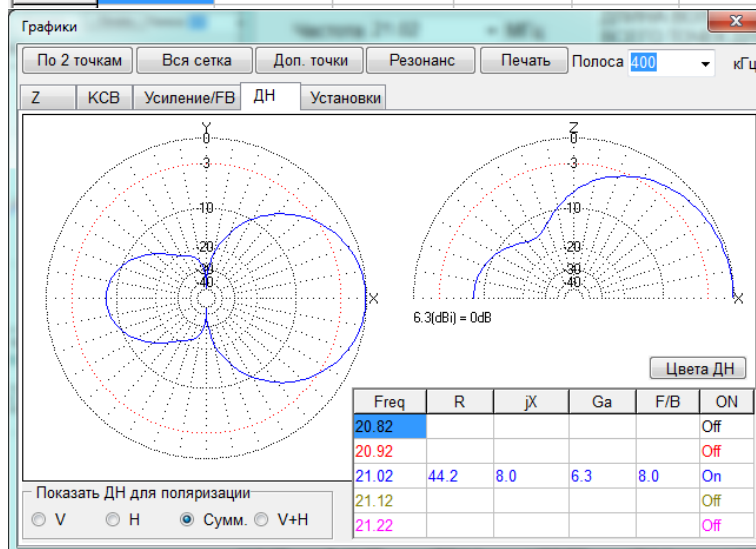


3.1. Расчетные параметры антенны

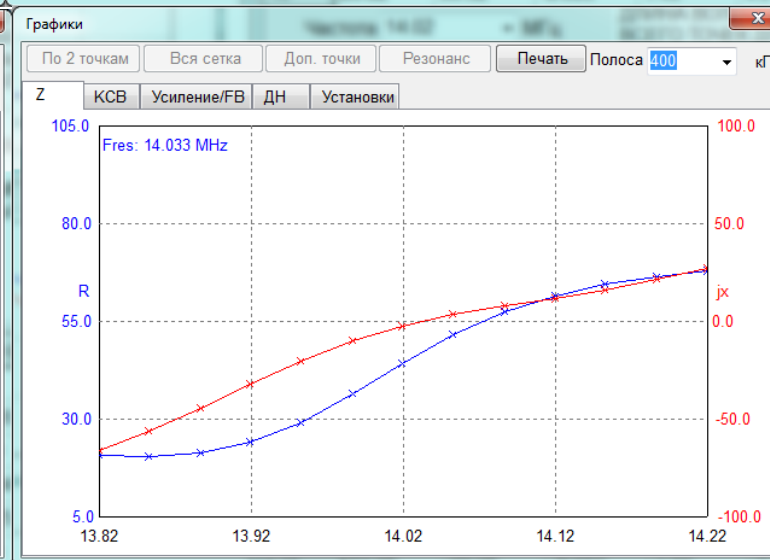
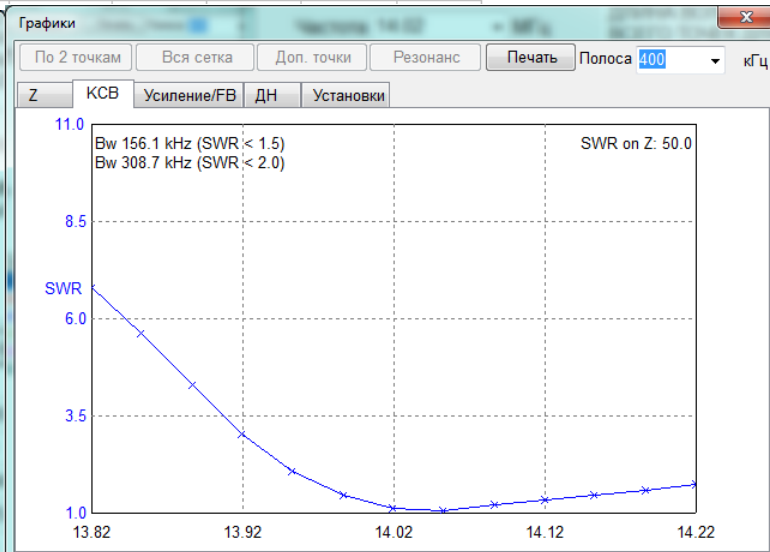
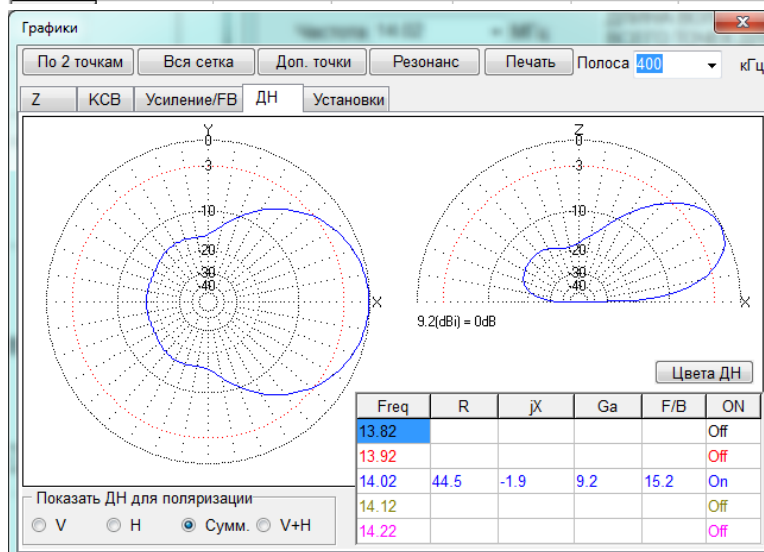
No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	KCB 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(rp)	Земля	Высота	Поляр.
1	14.02	37.75	-2.244	1.33	2.51	4.66	9.66	---	Своб.	---	гориз.



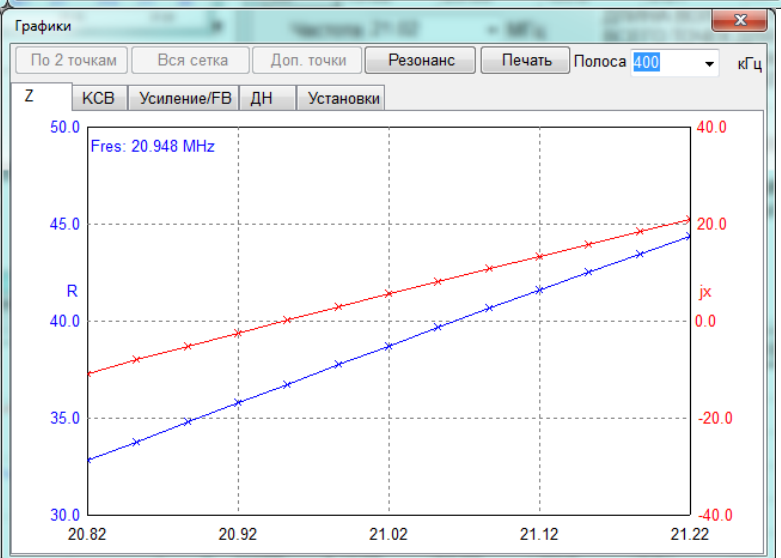
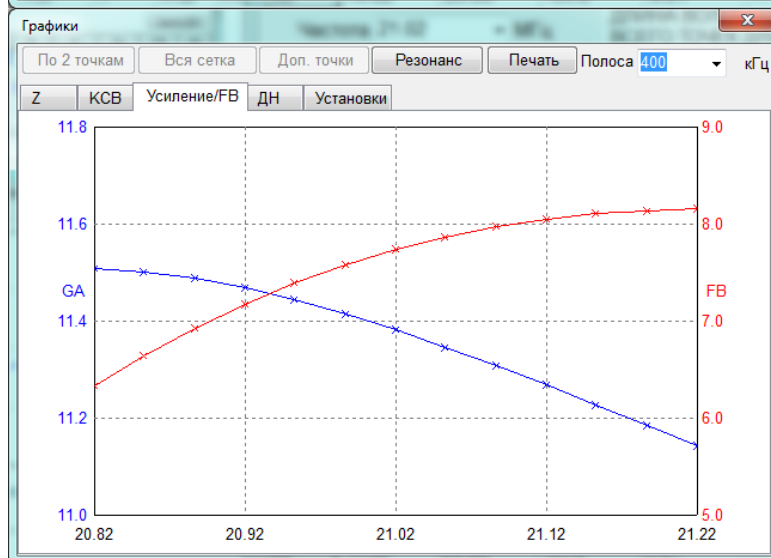
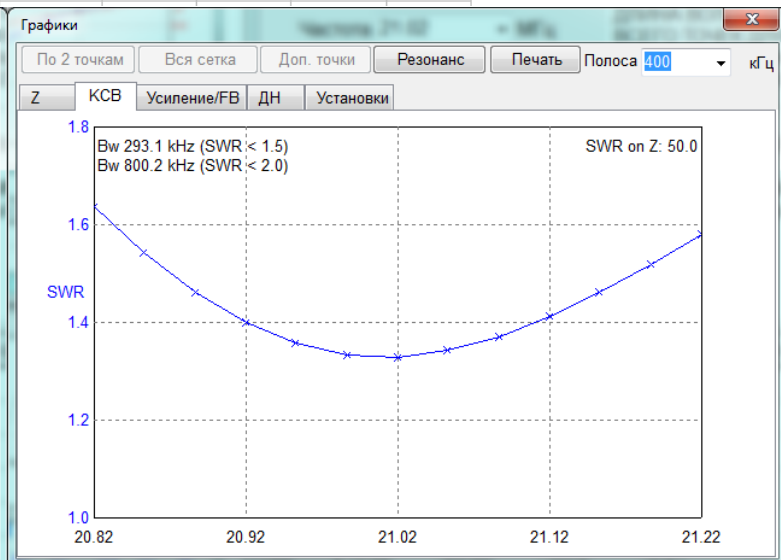
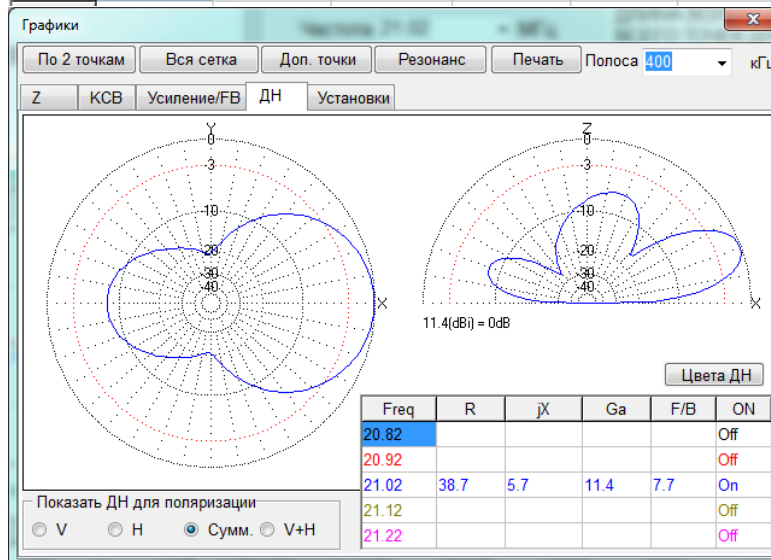
No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	KCB 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(rp)	Земля	Высота	Поляр.
15	21.02	44.17	7.973	1.23	4.16	6.31	8.02	---	Своб.	---	гориз.



No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	KCB 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(rp)	Земля	Высота	Поляр.
21	14.02	44.46	-1.891	1.13	---	9.15	15.18	28.0	Реал.	10.0	гориз.

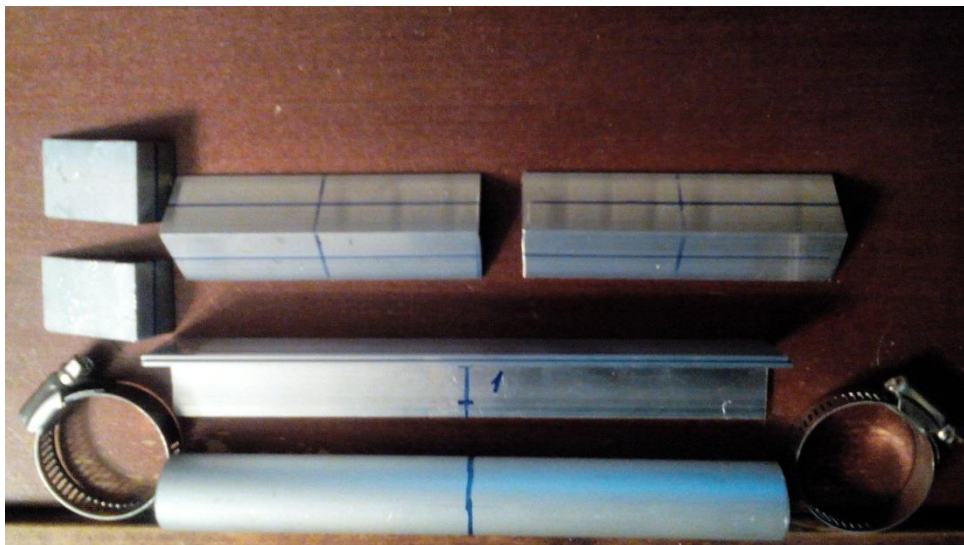


No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	KCB 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(rp)	Земля	Высота	Поляр.
27	21.02	38.75	5.713	1.33	---	11.38	7.75	20.2	Реал.	10.0	гориз.



4. Конструкция.

Бум представляет собой алюминиевый профиль 25х25 мм, составленный из 2-х отрезков. Отрезки соединяются между собой с помощью двух алюминиевых уголков 25х25 и болтами с гайками.



На концах бума закреплены двоянные алюминиевые уголки 25х25 (для прочности). Можно применить дюралевые уголки. Уголки крепятся к профилю болтами. Для большей прочности необходимо предусмотреть полочки для крепления уголков. Уголки можно сделать стальными. Очень важно, чтобы крепления были надежными. Для этого необходимо применять гроверные шайбы, гайки по возможности закрепить контргайкой, а затем покрыть краской. Это необходимо сделать обязательно, т.к. в ходе эксплуатации элементы крепления будут испытывать сильную вибрацию. И если не предусмотреть указанных мер, то какой-то элемент может ослабить крепление или разрушиться. Что реально произошло у меня в ходе эксплуатации.

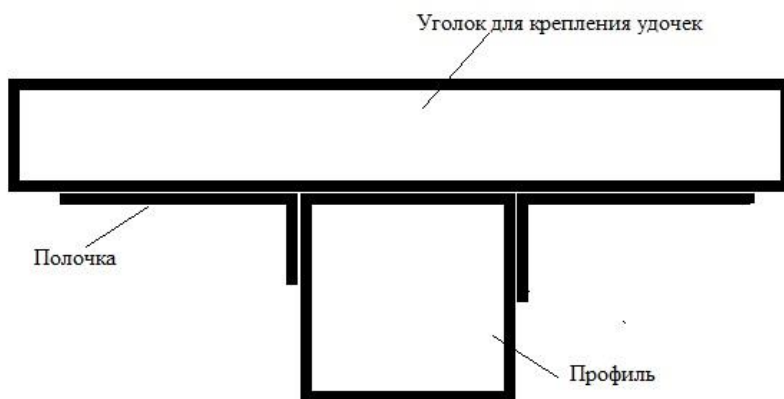
Заготовки для узлов крепления удочек.



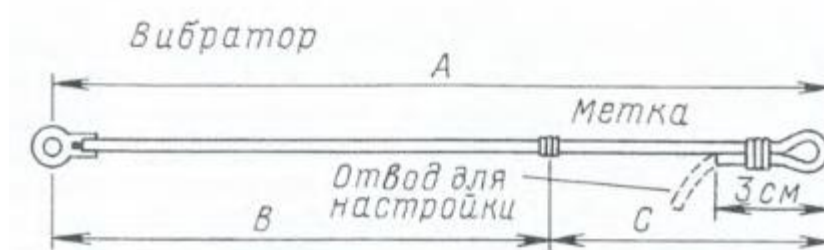
Чтобы алюминиевые трубки плотно держались в удочках на них намотано по 6 витков изолянт ПХВ (подбирается по месту).

Удочки должны крепиться хомутами к уголку, прикрепленному к профилю (буму).

Может быть и другой вариант бума: из труб. Тогда возможно традиционное крепление с помощью U-образных шпилек.



Длину проводов вибраторов и рефлекторов необходимо взять с запасом 100 – 150 мм. Концы загнуть приблизительно так



Но настроечный отвод пока не отгибайте. Может и не надо будет его отгибать. Вибратор и рефлектор 20-ти метрового диапазона заранее спаяйте с удлиняющей индуктивностью и разместите на удочке.

Для вибратора и рефлектора 15-ти метрового диапазона заготовьте капроновые оттяжки для крепления к удочкам. Там как раз для этого предусмотрены кольца.

Для регулировки длин вибраторов и крепления оттяжек применить клеммники.



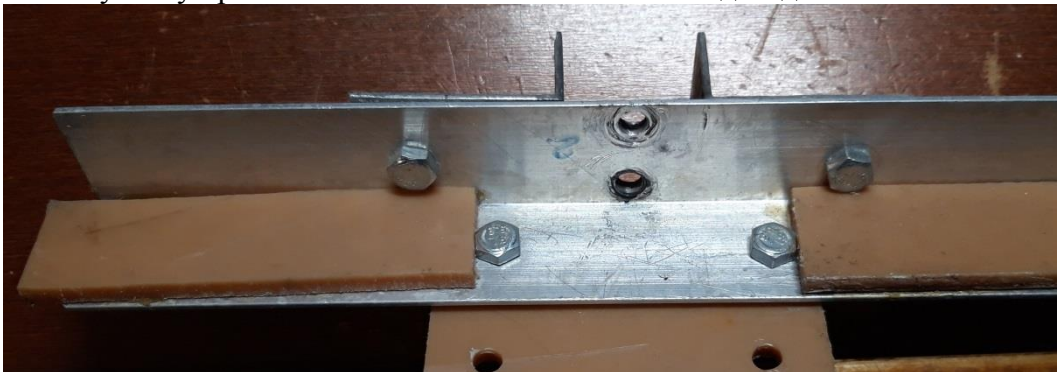
Они продаются в магазинах электротоваров. Нужно подобрать такой, чтобы в его трубчатую часть вошло 2 диаметра оттяжки. Оттяжки выбирайте понадежнее. Я применял шнур DanLine, приобретенный у ООО "Р-Квад".

Элементы вибраторов крепятся болтами к площадке из диэлектрика 200x70 мм. Расстояние между креплениями элементов 20 и 15 метров 145 мм. Площадка направлена вниз перпендикулярно буму.



Для удобства сборки необходимо:

- На вибраторы 20-ти метрового диапазона надеть пластиковые стяжки, но не до конца затянутые.
- Для предотвращения складывания удочек на предпоследнее и последнее колена удочек закрепить (слабо) хомуты. Это облегчит сборку/разборку по сравнению с креплением места стыка изолейтой и пластиковой стяжкой.
- Для предотвращения неверного изгиба в месте соединения удочек к буму лучше к уголку приклеить пластиковые пластинки-подкладки.



От места крепления вибраторов вдоль буми идет отрезок коаксиального кабеля, который припаян в ВЧ разъёму, закреплённому на буме. На кабель надето с десяток ферритовых трубочек от мониторов компьютера. Они выполняют роль запорного дросселя.



5. Сборка и натурные испытания

Первое натурное испытание было проведено 30.10.2018 года во дворе дома. Помогали: Виталий (RV3VR) и Юрий (UA3VLO). Было очень холодно. Прогноз погоды говорил, что с учетом довольно сильного холодного ветра, температура ощущалась как -9 градусов. Сборка и первичная проверка настройки заняли около 1 часа. Сборка заключалась в соединении элементов вибраторов и рефлекторов между собой трубками, а затем креплением элементов у уголком хомутами. После этого вытягивались и крепились стяжками элементы 20-ти метрового диапазона. После этого делался небольшой натяг элементами 15-ти метрового диапазона.

Проверка электрических параметров антенны.

Проверка выполнялась на высоте 3.1 метра.

Результаты:

21 МГц: резонанс 21990 кГц, КСВ=1

14 МГц: резонанс 13720 кГц, КСВ=1.5.

Сопротивление не смотрели.

Графики КСВ пологие, очень близки к расчетным графикам.

Предполагаемые причины несовпадения резонансов:

1. Высота измерений мала (3м).
2. Расстояние от точки питания антенны до активного элемента 21 МГц = 150 мм, в то время как расчетное 400 мм. Недостающие 250 мм должны входить в расчетную длину. Получился укороченный элемент, который увел резонанс сильно вверх и оказал влияние на элемент 20 метров.
3. Возможно, что коэффициент укорочения провода (0.965) взят не верно и элемент получился слишком коротким.

С учетом замечаний, изложенных выше, выполнен перерасчет модели антенны. Соблюдены размеры между точками питания. Коэффициент укорочения применен 0.979. В результате длины вибраторов на 14 МГц и рефлекторов увеличились почти на 50 мм, а вибраторы 21 МГц на 260 мм. Размеры антенны в начале статьи приведены с учетом перерасчета. Электрические параметры практически не изменились.

2 ноября 2018 года проведен монтаж и установка антенны на крыше дома.

Сначала антенна была просто собрана. И проверена на электрические параметры на высоте 1.7 метра от крыши в окружении множества проводов. (Ну чтобы хотя бы один раз перед перетаскиванием на крышевую надстройку померить на высоте 3 м...)

Сама сборка занимает не более 30 минут:

1. Сочленить и закрепить бум.
2. Соединить удочки и прикрепить хомутами к уголкам.
3. Вытянуть 2 последних колена у удочек и закрепить хомутами.
4. Выпрямить провода 20-ти метрового диапазона и закрепить.
5. Растянуть провода 15-ти метрового диапазона и растянуть шнурами к концам удочек с помощью клеммников.
6. Подсоединить фидер.

Оказалось, что резонанс диапазона 21 МГц оказался на нужной частоте 21020 кГц и в последующем корректировке не нуждался. Резонанс 14 МГц оказался на частоте 13940 кГц. После нескольких попыток укорочения/удлинения вибратора резонанс был вогнан на частоту 14030 кГц. Укорочение проводилось путем подгиба провода, а не его обрезания.

Это позволило избежать ошибок при попадании в размер. (Вот здесь была сделана ошибка: надо было уводить резонанс хотя бы на 150 кГц вверх. Необходимо было подгибать/удлинять на одинаковую величину и вибратор и рефлектор. Кроме того, обязательно надо проверить, чтобы не было отгибов проводов на концах. При наличии отгибов привязать, т.к. в противном случае происходит удлинение элемента).

После этого антенна была поднята на крышевую надстройку высотой около 2 метров и прикреплена к мачте бывшей ТВ антенны (предварительно наш верхолаз Виталий RV3VR очистил мачту от остатков бывшей антенны). Высота подъема осталась прежняя 1.7 метра. Из-за наступления темноты работы были временно приостановлены.

Электрические параметры после предварительного подъема в 18:00:

14030 кГц KCB=1.2 R=61 Ом, X=-2 Ом

14130 кГц KCB=1.5 R=60 Ом, X=-2 Ом

21030 кГц KCB= 1.23 R=52 Ом, X=10 Ом

Выводы:

1. Размеры при изготовлении антенны необходимо строго соблюдать согласно полученным размерам расчетным путем.
2. КУ провода ПВ-3 = 0.979 для высоты 1.7 метра.
3. Проверку параметров можно проводить на небольшой высоте около 3-х метров.
4. Индуктивность влияет на размеры вибраторов, т.к. реально изготовленные не точно равны 6.0 мкГн.
5. ***Все-таки следует отказаться от применения провода в изоляции из-за непредсказуемых значений коэффициента укорочения и применить медь или биметалл.*** Стоимость биметалла того же сечения почти на 200 рублей меньше (без пересылки).

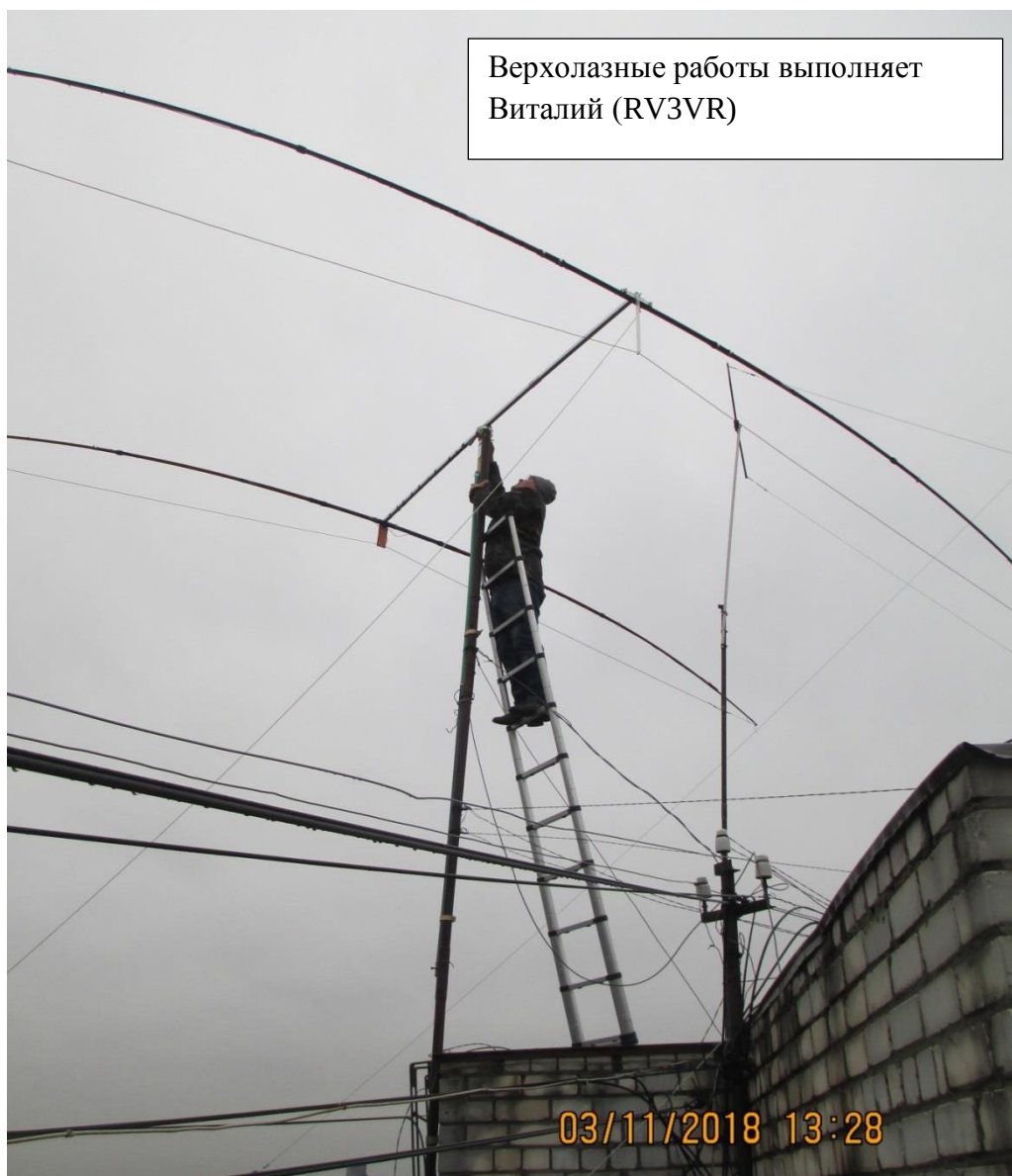
Снятие графиков в 22:00.

Резонансы ушли вниз. 13990 и 20845 при отличных KCB 1.1 и 1.03, а также активные сопротивления в 53 и 51 Ома. Реактивное -3.4 и 0.8. Вероятно, отвязалась веревка, которая не давала поворачиваться и касаться элементов наклонной ЯГИ и W3DZZ (это оказалась не веревка, а вообще непонятная причина). Вероятнее всего сказалось влияние проводов под антенной. Этих проводов очень много, все длинные. Получается как бы металлическая сетка непонятных размеров под антенной, а не обычное железо-бетонное перекрытие. Кроме того, близость W3DZZ и мачты наклонной ЯГИ.

Но даже в этом случае работать вполне можно, а после поднятия еще на 1-2 метра резонансы должны уйти вверх килогерц на 10-15 (из описания антенны «Спайдер»:

) (Оказалось не так)

При измерении KCB антенну нужно поднимать на высоту около 4-5 метров. При выдвижении антенны на рабочую высоту резонансные частоты слегка сместятся вверх, но это не окажет существенного влияния на ее характеристики



Верхолазные работы выполняет
Виталий (RV3VR)

Обратите внимание на большое количество всевозможных проводов под антенной.



3 ноября были продолжены работы по окончательному подъёму антенны и ее креплению к мачте. Первоначально антенна установлена на двух выдвигаемых стеклопластиковых трубах. Такое крепление оказалось удобным для первоначальной настройки. А затем эта конструкция была выдвинута на высоту около 3-х метров и закреплена 3-мя сантехническими хомутами большого диаметра к мачте ТВ. Диаметр мачты 50-60 мм. Высота мачты над крышевой надстройкой около 5 метров. Вибраторы и левая часть рефлекторов чуть выступают за пределы крышевой надстройки.

Антенна была направлена на запад с азимутом около 250-260 градусов. Работы были закончены за 2 часа до начала соревнований URDXC.

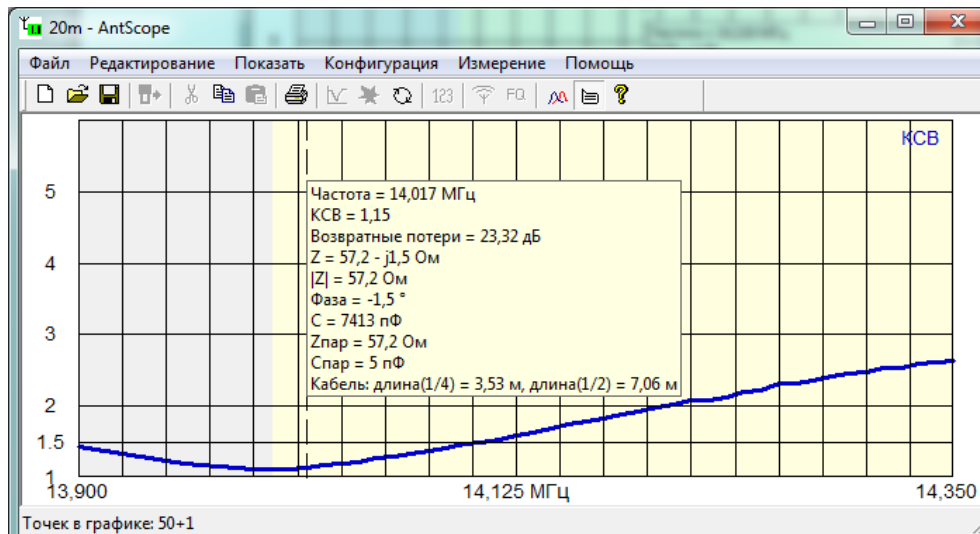
Сравнение графиков на высотах 1.7 и 5 метров показывает, что резонансы сместились вниз, а КСВ и активное сопротивление антенны на диапазонах стали выше. Можно предположить, что изменились и диаграмма направленности, и КУ антенны, и подавление вперед/назад.

Вероятно, в случае настройки антенны на высоте 1.7 метра, а лучше на высоте 3 м, на частоты +100 – 150 кГц, резонансы сместились бы на нужную величину. Но это предположение можно проверить при полном демонтаже антенны и проверке лучше всего не на крыше и не в ноябре.

Реально полоса по КСВ<1.5 получилась на 20м 210 кГц, а на 15 метрах – 430 кГц. (в случае, если резонансы не вышли за участки диапазонов), а по КСВ <2 еще шире. Т.е. антенна вполне пригодна для работы и в SSB участках.

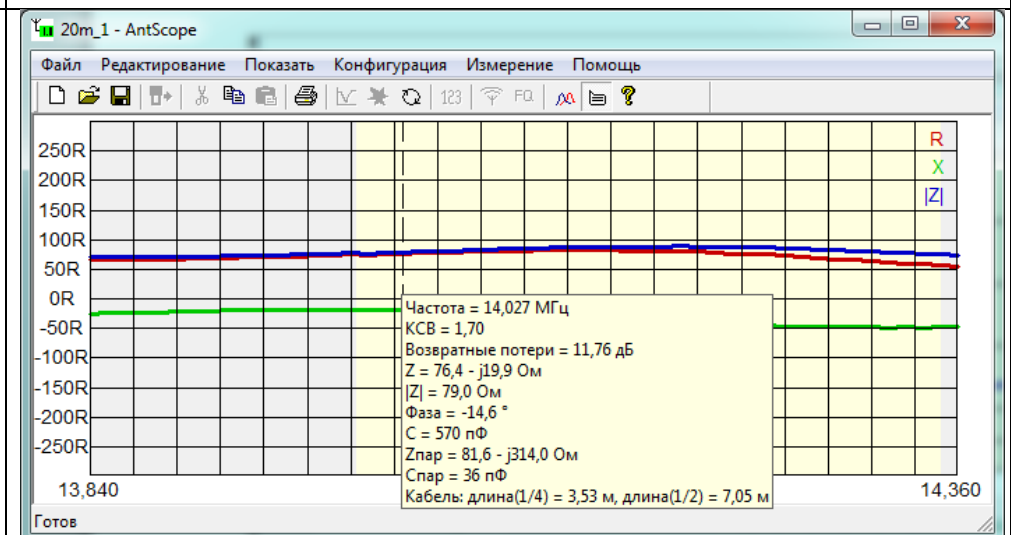
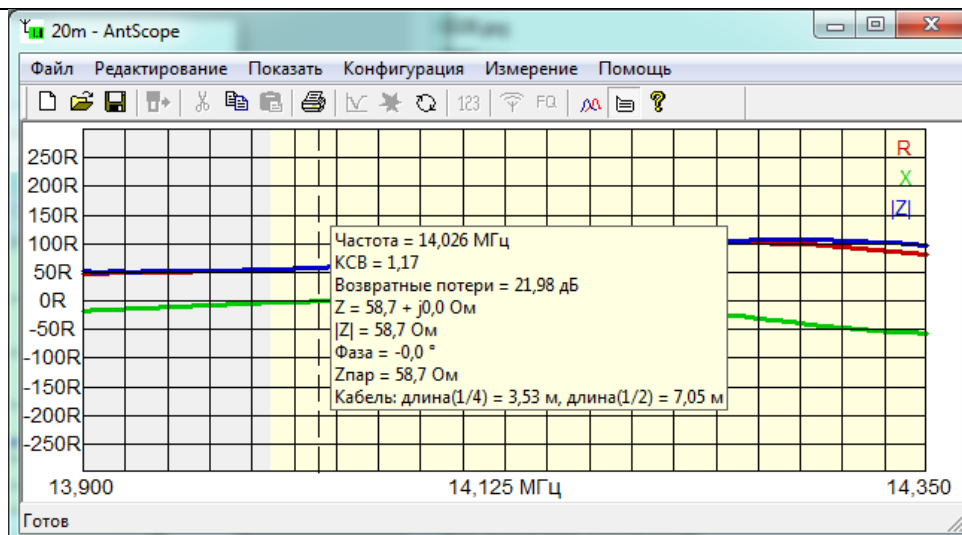
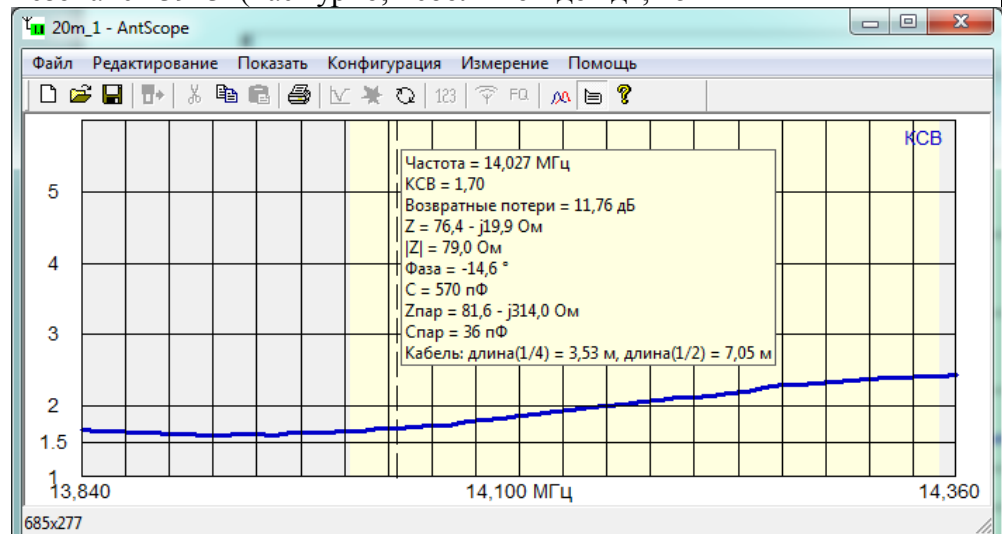
Ниже на рисунках приведены измеренные параметры анализатором AA-30.

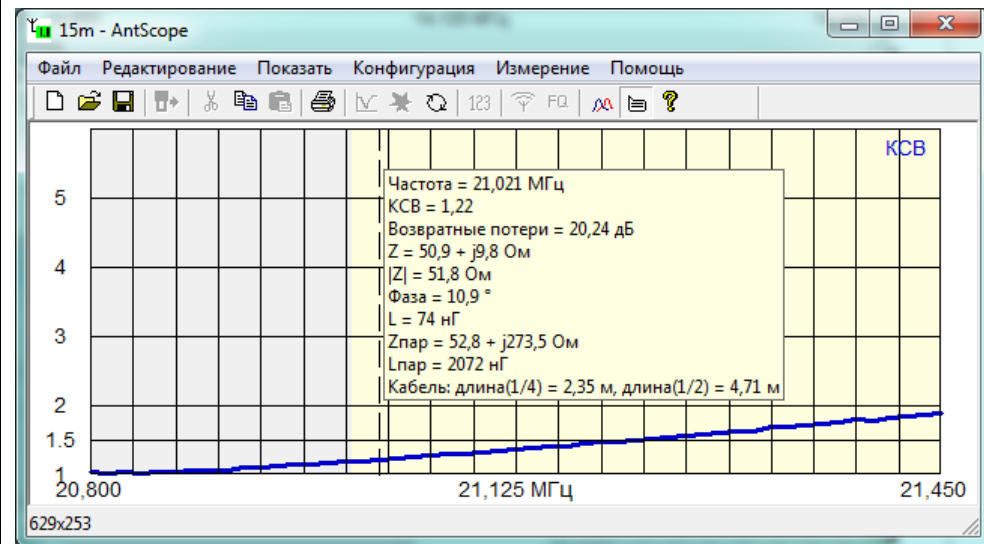
Высота 1.7 метра (2.11.2018 22:00)



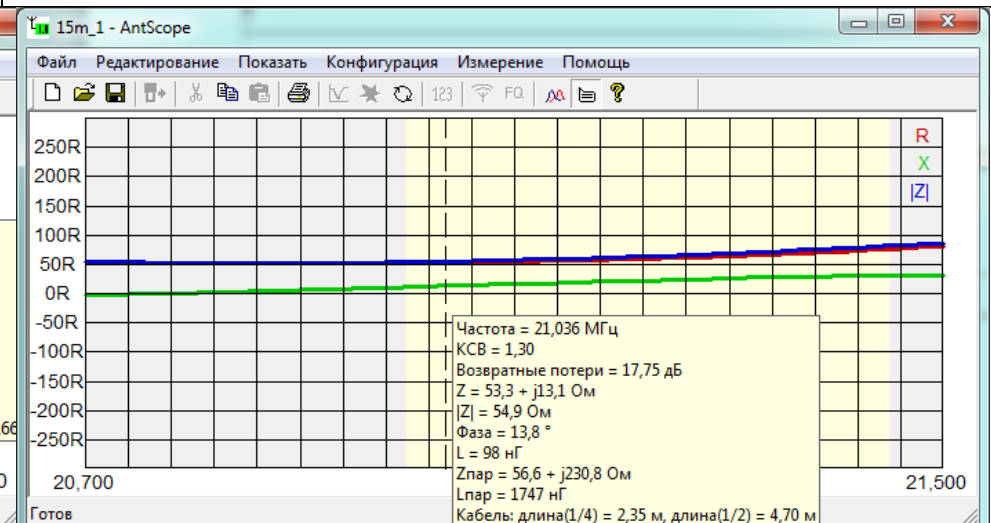
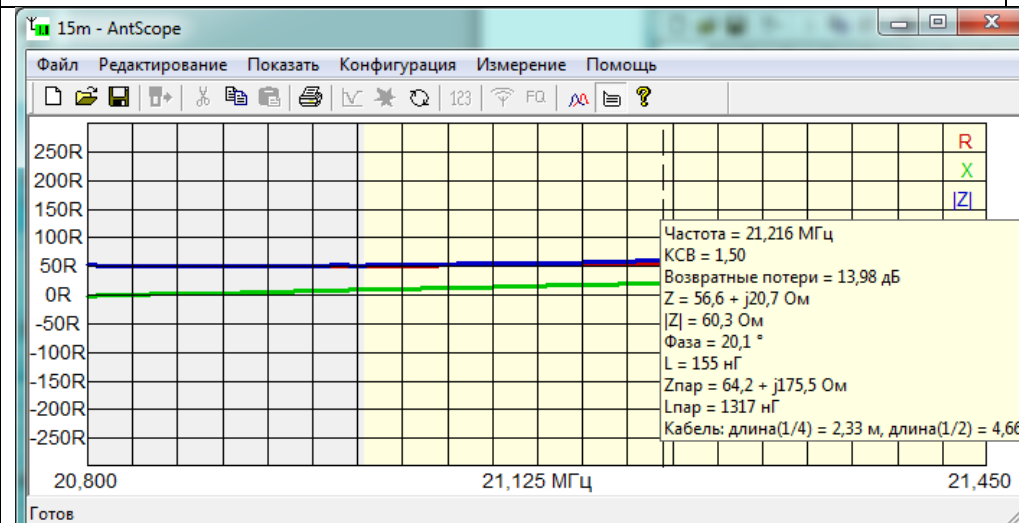
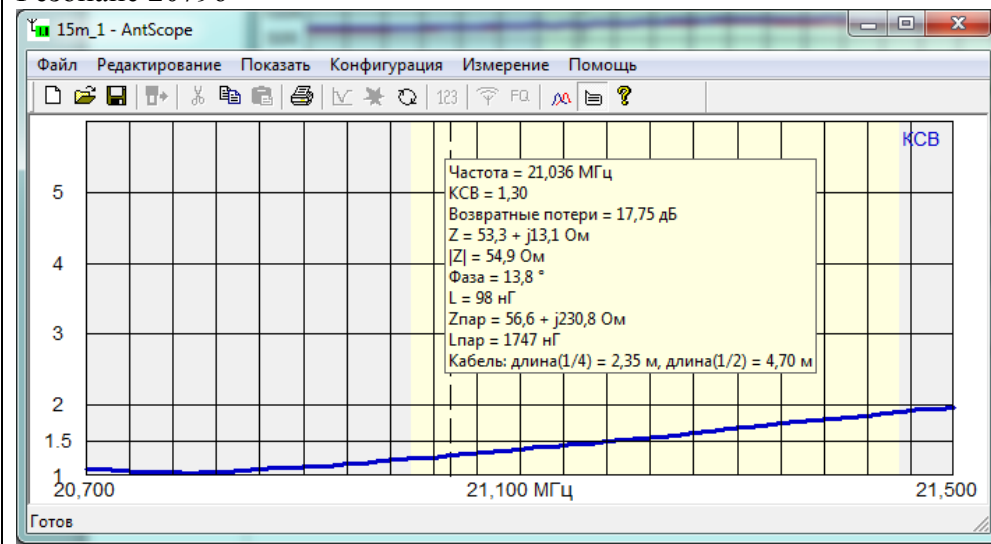
Высота около 5 метров (4.11.2018 18:00)

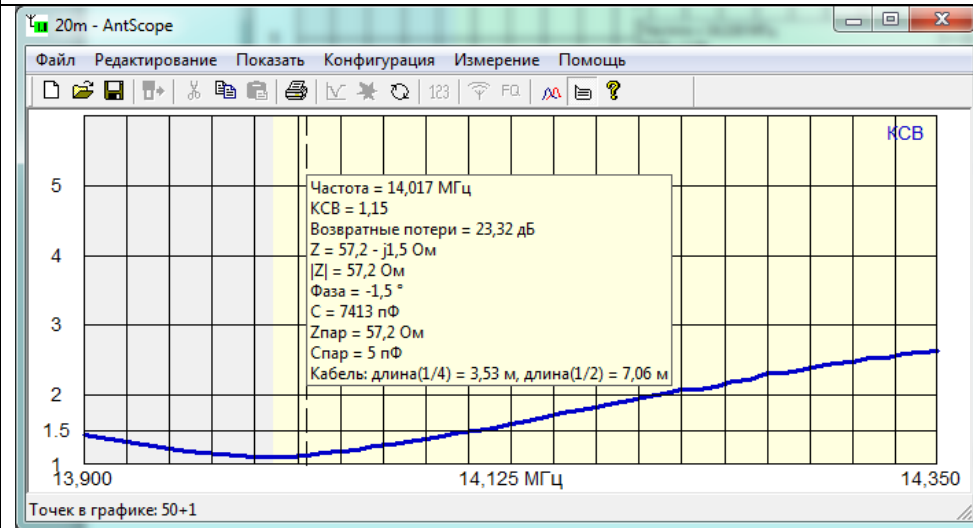
Резонанс 13923 (пасмурно, небольшой дождь, +5)





Резонанс 20796

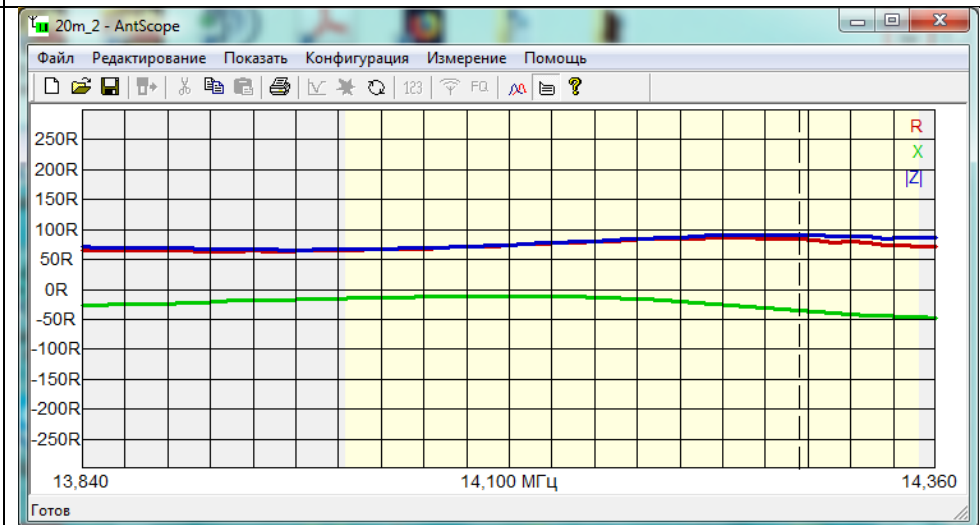
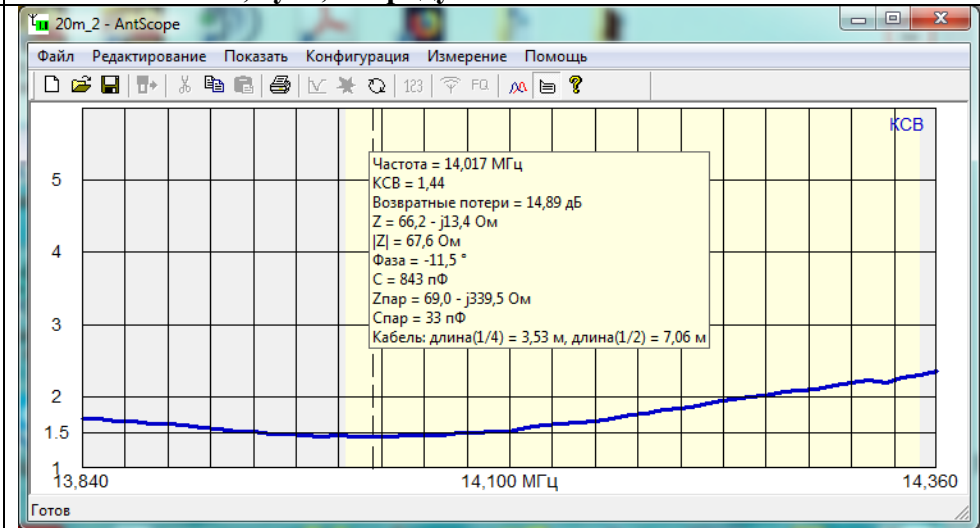


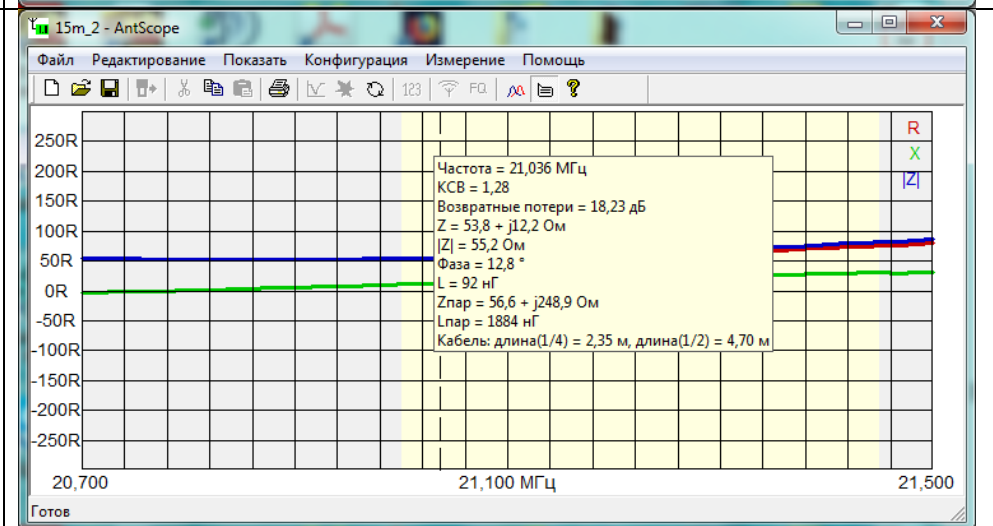
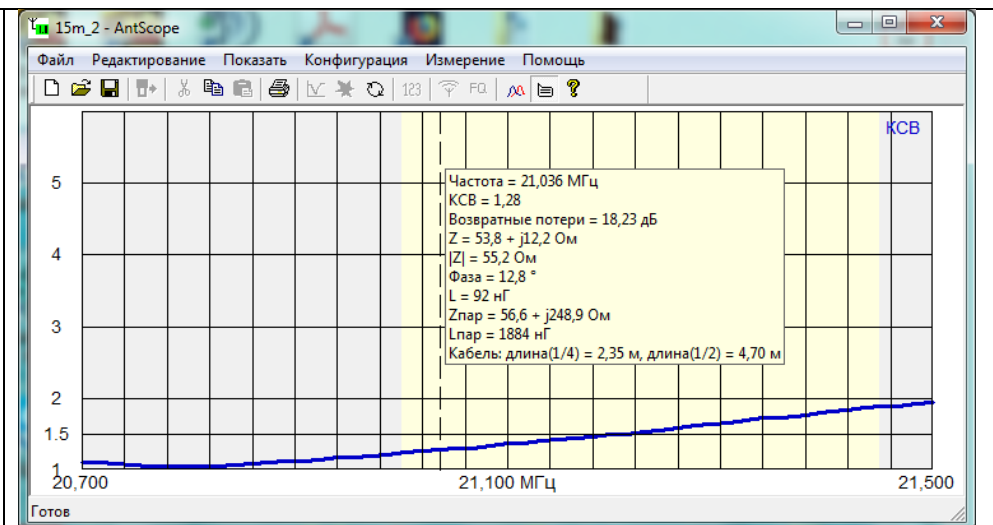


Высота 1.7 метра (2.11.2018 22:00)

Погода при сборке антенны и первом измерении в 18:00 была пасмурная, но без дождя.
 К вечеру к 22 часам уже моросило.

13.11.2018 Ясно, сухо, -5 градусов





Сравнение графиков от 4.11.18 (мокрая погода, дождь, относительно тепло) и 13.11.18 (ясно, сухо, -5 градусов) позволяет говорить о том, что сильно влияние оказали провода под антенной. В мокрую погоду резко повысилась проводимость и, как следствие, влияние земли на 14 МГц. На 21 МГц влияние практически нет. Вывод: При установке антенны на телескоп хорошо выбрать место с минимальным влиянием. И убрать лишние провода, прежде всего радиотрансляцию (она и так обрезана), как самые длинные провода.

1 февраля 2019 года. Вчера был дождь. Температура около 0 градусов. Резонансы ушли вниз: 13700 и 20700. Неделю назад в морозы до 20 градусов резонансы были нормальные. А сегодня 14 МГц пришлось подстроить тюнером трансивера. Вероятно, на проводах антенны обледенение. А подстилающие провода тоже мокрые и покрыты льдом.

6. Практическая работа в эфире

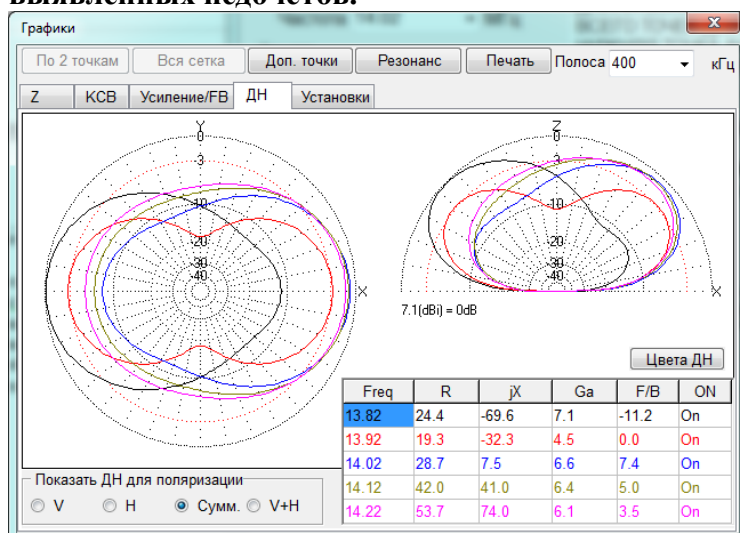
Первое боевое крещение антенны прошло во время соревнований URDXC 3-4 ноября 2018 года.

В ходе теста проводилось сравнение с имеющимися антеннами: W3DZZ, наклонная ЯГИ с направлением на восток (~ 90 градусов). Антенны оперативно переключались антенным коммутатором конструкции Юрия Лебединского (UA3VLO).

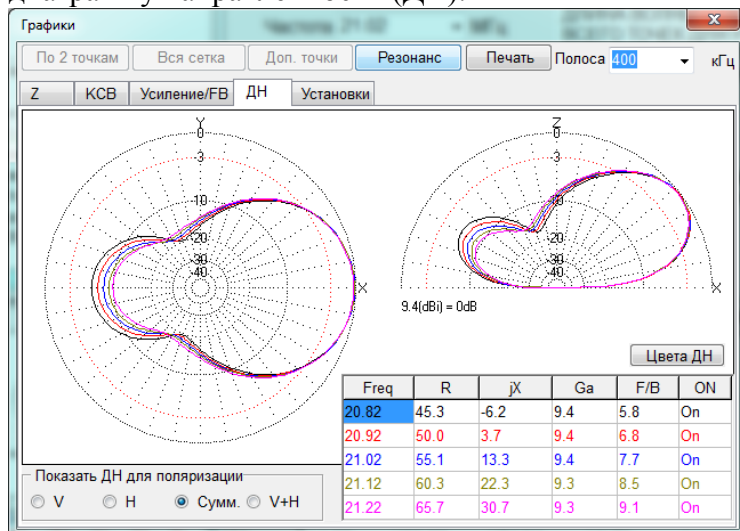
В трансивере FT-450D тюнер был выключен. Встроенный КСВ-метр чуть дергался около 1.

На 20 м выигрыш по сравнению с W3DZZ составил от +2 до +4 баллов по S-метру.

На 20 м выигрыш по сравнению наклонной ЯГИ меньше: до +2 баллов. Объяснить можно, видимо, низкой высотой подвеса и нарушением формы диаграммы направленности и подавления вперед/назад из-за смещения резонанса. Да и *расчетный резонанс оказался на частотах 14001 кГц и 20882, что соответствует резонансу на графиках для высоты 1.7 метра. Желательно сделать перерасчет антенны с учетом выявленных недочетов.*



На 15 м выигрыш по сравнению с W3DZZ составил от +2 до +7 баллов по S-метру. Особенно выражен на направлениях максимума диаграммы: Германия, Испания, Франция. Направленность на этом диапазоне ощущается значительно лучше, чем на 20 метрах. Однако, отвечают корреспонденты довольно хорошо. И особенно приятно было, когда слышны корреспонденты на 2-3-4 балла, с ними работаешь, а на другие антенны слышимость =0. При применении поворотного устройства можно было бы снять реальную диаграмму направленности (ДН).



Антенна без проблем выдерживала длительную работу в цифровом режиме мощностью 400 Вт.

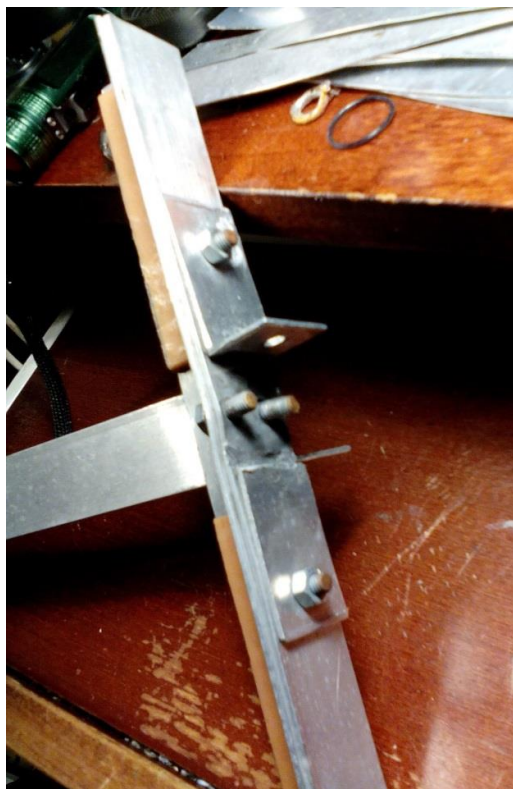
Первый практический результат меня удовлетворил. Работа в следующих соревнованиях, в том числе в CQ WW DX, показала эффективность антенны. Единственным недостатком на то время было отсутствие возможности вращения антенны. Отвечать стали значительно лучше и слышать корреспондентов стало лучше.

7. Название антенны

Я назвал свой «шедевр» ML22-U, что означает: Михаил Ладанов, по 2 элемента на каждом диапазоне 14, 21 МГц, укороченная. Что-то по аналогии с XL и AD. Ведь сравнивал с ними.

8. Недостатки конструкции.

В целом антенна простояла почти до конца февраля 2019. Однако, в конце февраля были сильные порывистые ветра. Как результат их работы и моих конструкторских недочетов: рефлекторы упали на крышу, а один конец вибратора 21 МГц оборвался у точки крепления к фидеру.



Причина падения рефлекторов.

От вибрации раскрутились 4 гайки крепления полочки с вибраторами к буму. Кроме того, видимо одна гайка не раскрутилась, но был сломан уголок, который крепился к буму для большей надежности.

Вывод: Необходимо по возможности применять гроверные шайбы и контргайки. Кроме того, после крепления болты и гайки промазать краской.



Провод рефлектора (разрезной) и крепился в биму как пропаянное кольцо на болт с гайкой. В результате усиленной работе на излом провод обломился в месте пайки. Аналогичный облом произошел и у вибратора.

Вывод: Надо применять клеммы и хорошо изолировать изолянт место соединения провода с клеммой, чтобы избежать возможного изгиба в этом месте.

А так, конструкция вполне работоспособная с учетом выявленных недостатков. Удочки вели себя довольно хорошо.

Думаю, что целесообразно уменьшить длину площадки крепления вибраторов и длину угольника для крепления рефлектора 21 МГц. С пересчетом модели.

Приложение:

Файл для моделирования в программе MMANA. Необходимо скопировать текст в текстовый редактор, сохранить его с расширением MAA.

Укороченная 20+15м (1.6 mm Wire YAGI)

*

14.320735

Wires

15

1.6,	0.0,	0.0,	1.6,	1.93,	0.0,	8.000e-04,	-1	
1.6,	0.0,	0.0,	1.6,	-1.93,	0.0,	8.000e-04,	-1	
1.6,	1.93,	0.0,	1.6,	3.41849,	-0.20099,	8.000e-04,	-1	
1.6,	-1.93,	0.0,	1.6,	-3.42032,	-0.18695,	8.000e-04,	-1	
4.6222,		0.02448,	0.0,	4.6222,	1.95447,	0.0,	8.000e-04,	-1
4.6222,		-0.02448,	0.0,	4.6222,	-1.95447,	0.0,	8.000e-04,	-1
4.6222,		1.95447,	0.0,	4.6222,	3.39124,	-0.19171,	8.000e-04,	-
1								
4.6222,		-1.95447,	0.0,	4.6222,	-3.3919,	-0.18669,	8.000e-04,	-
1								
4.6222,		0.02448,	0.0,	4.6222,	-0.02448,	0.0,	8.000e-04,	-1
4.6,	0.02448,	-0.15,	4.6,	3.27027,	-0.29302,	8.000e-04,	-1	
4.6,	-0.02448,	-0.15,	4.6,	-3.26965,	-0.3069,	8.000e-04,	-1	
1.6,	-3.4216,	-0.4,	1.6,	0.00489,	-0.4,	8.000e-04,	-1	
4.6222,		0.02448,	0.0,	4.6,	0.02448,	-0.15,	8.000e-04,	-1
4.6222,		-0.02448,	0.0,	4.6,	-0.02448,	-0.15,	8.000e-04,	-1
1.6,	0.00489,	-0.4,	1.6,	3.43139,	-0.4,	8.000e-04,	-1	

Source

1, 0

w9c, 0.0, 1.0

Load

4, 1

w1e, 0, 6.0, 0.0, 200.0

w2e, 0, 6.0, 0.0, 200.0

w5e, 0, 6.0, 0.0, 200.0

w6e, 0, 6.0, 0.0, 200.0

Segmentation

400, 40, 2.0, 2

G/H/M/R/AzEI/X

2, 10.0, 1, 50.0, 120, 60, 0.0

###Comment###

Укороченная 20 + 15 метров

Провод ПВ-3 1х2.5

С учетом КУ = 0.979

Частоты для получения результатов:

F=14020 -> 14.320735

F=21020 -> 21.470089

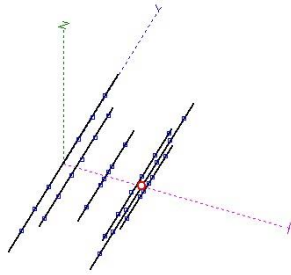
Ладанов Михаил Васильевич (R3VL)

город Александров

9. Сравнение антенн

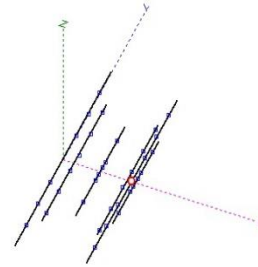
XL-222

● Источник
× Нагрузка

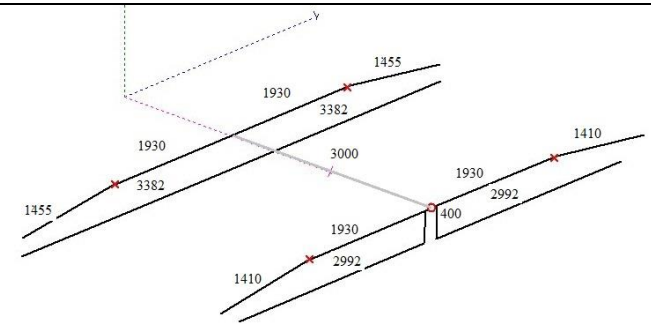


AD-222

● Источник
× Нагрузка



ML-22U

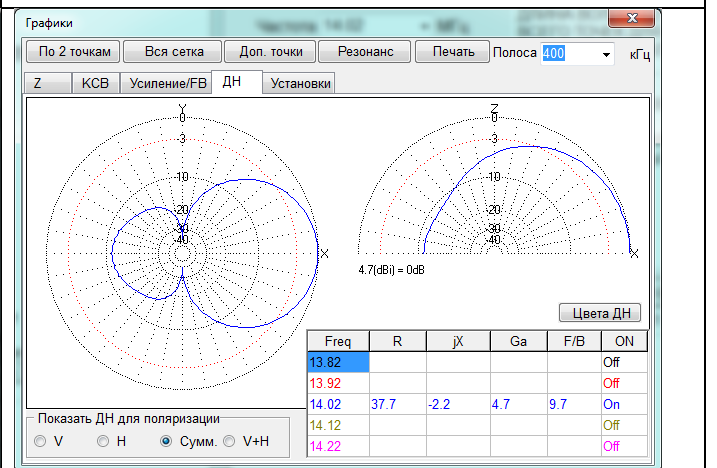
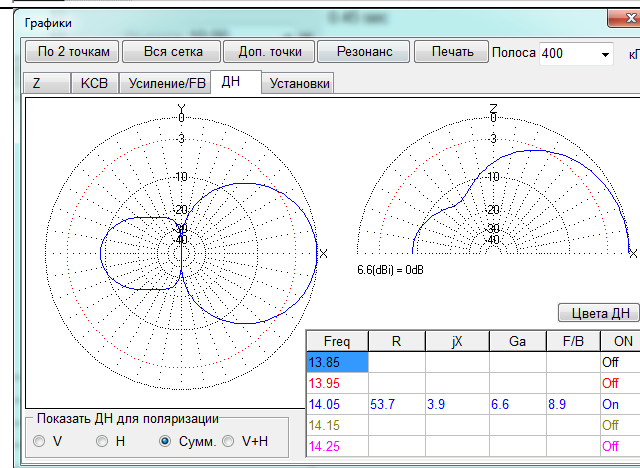
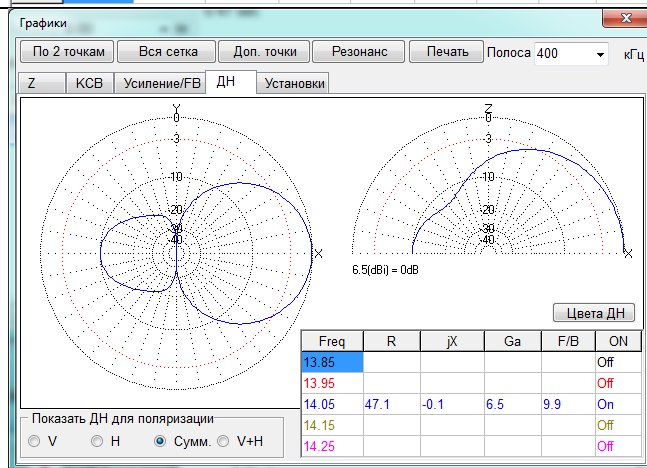


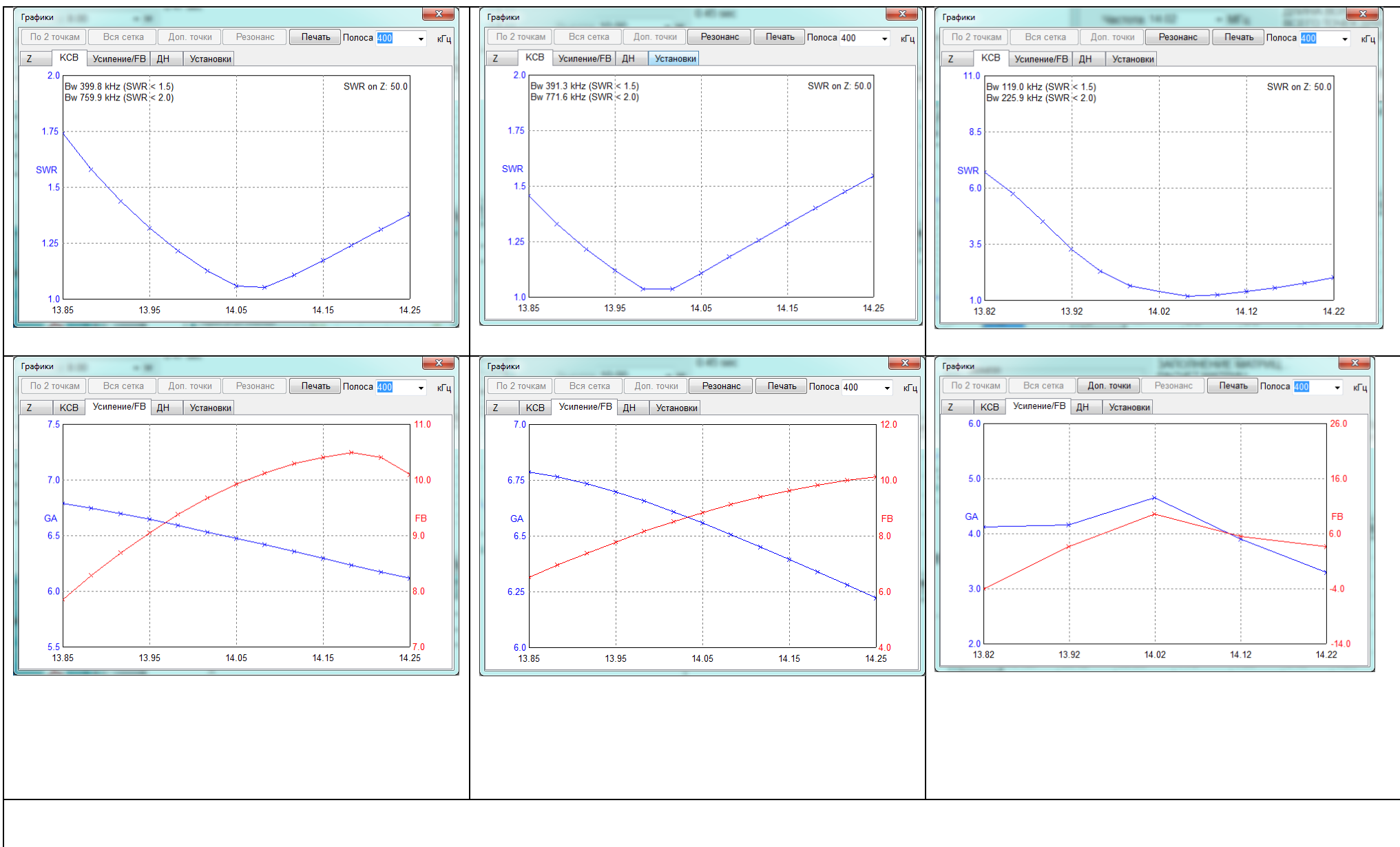
Свободное пространство

No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	KCB 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(rp)	Земля
1	14.05	47.14	-0.0995	1.06	4.33	6.48	9.93	---	Своб.

No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	KCB 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(rp)	Земля
1	14.05	53.72	3.933	1.11	4.41	6.56	8.86	---	Своб.

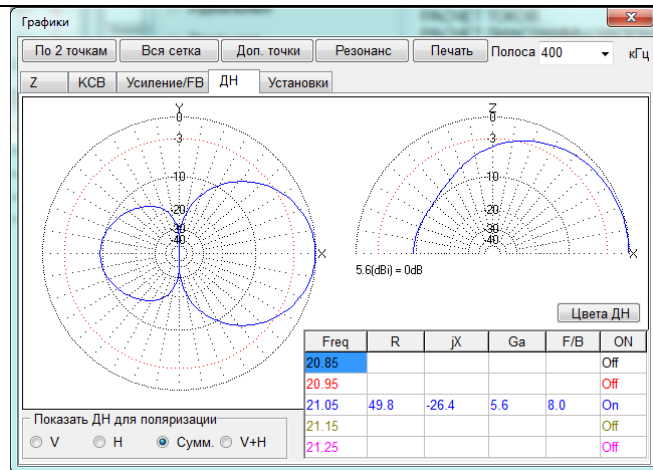
No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	KCB 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(rp)	Земля	Высота	Поляр.
1	14.02	37.75	-2.244	1.33	2.51	4.66	9.66	---	Своб.	---	гориз.



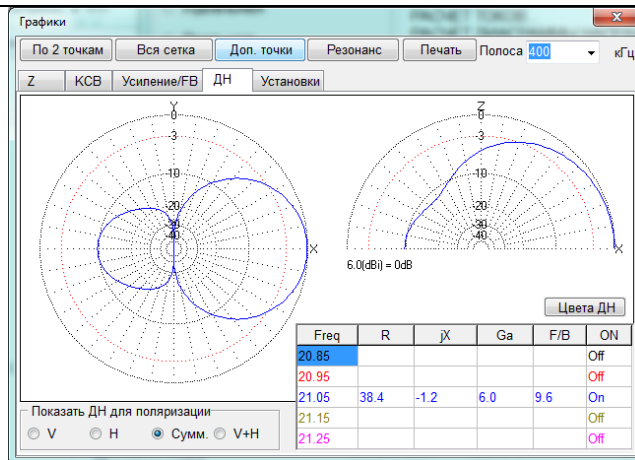


21 МГц

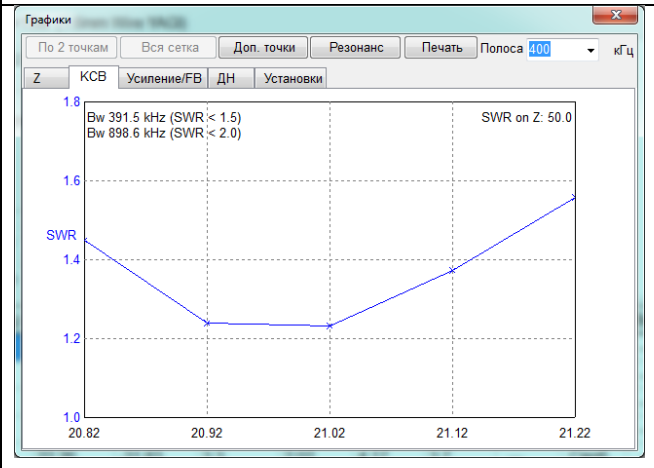
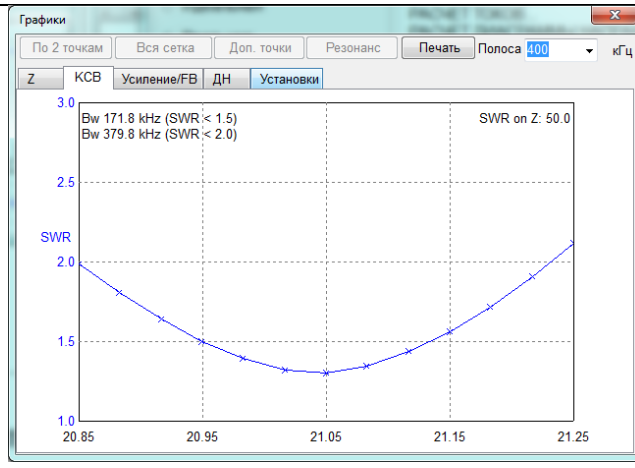
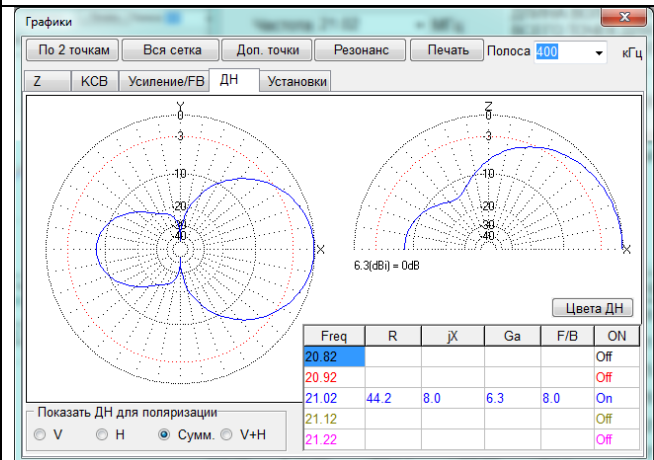
No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	KCB 5	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(гр)	Земля
1	21.05	49.78	-26.38	1.69	3.42	5.57	7.98	---	Своб.

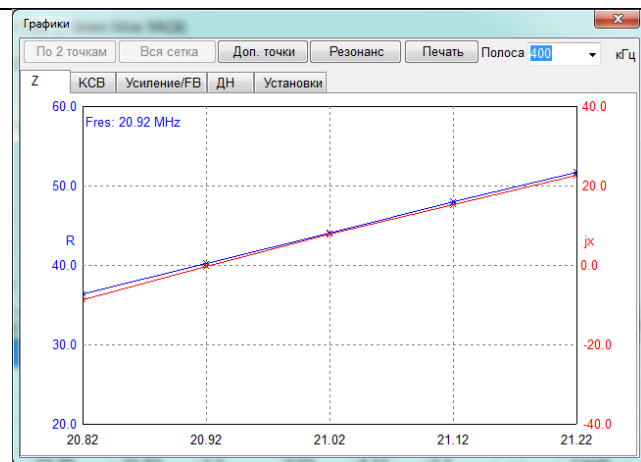
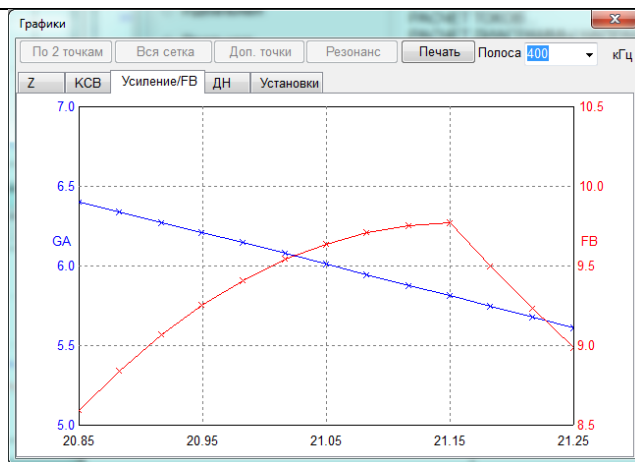
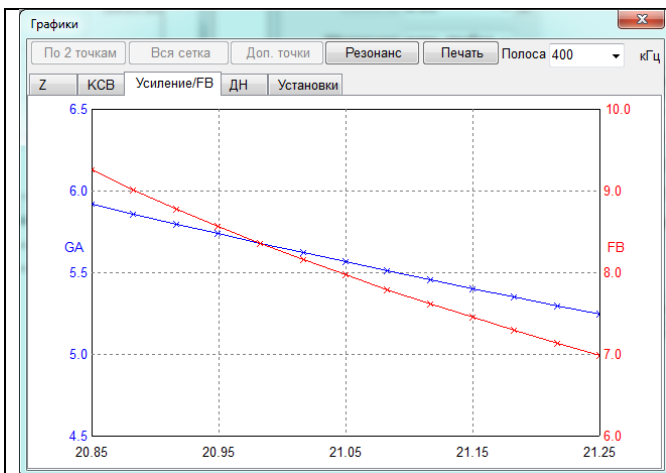


No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	KCB 5	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(гр)	Земля
1	21.05	38.35	-1.225	1.31	3.87	6.02	9.64	---	Своб.



No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	KCB 5	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(гр)	Земля
1	21.05	43.02	12.57	1.36	3.8	5.95	10.62	2.2	Своб.



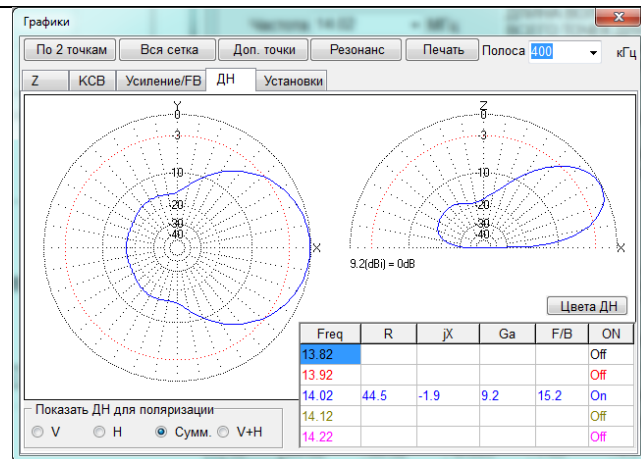
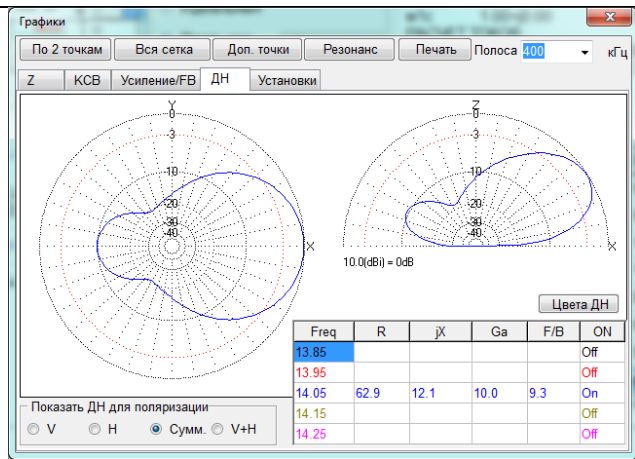
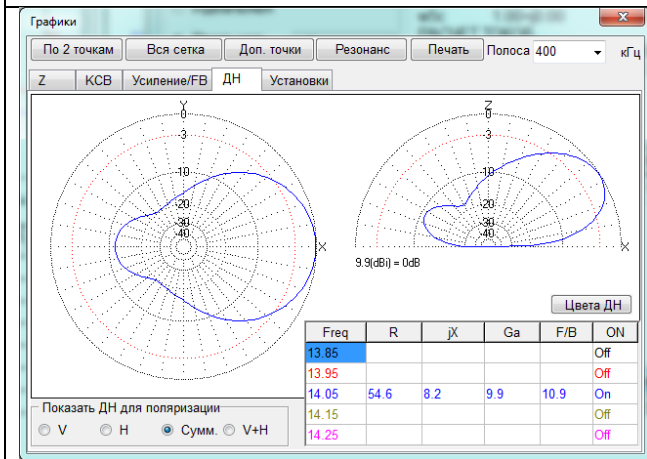


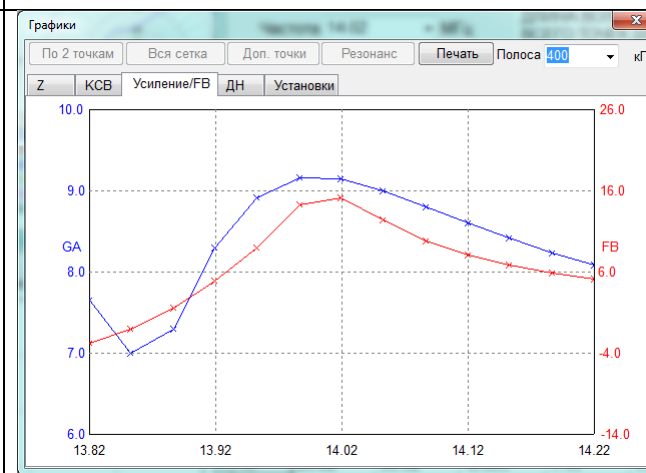
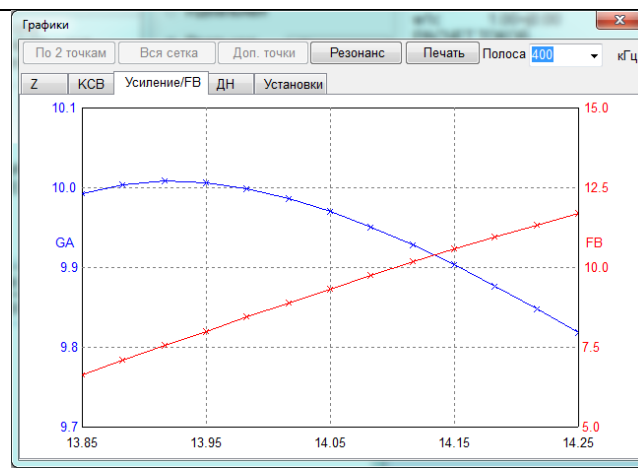
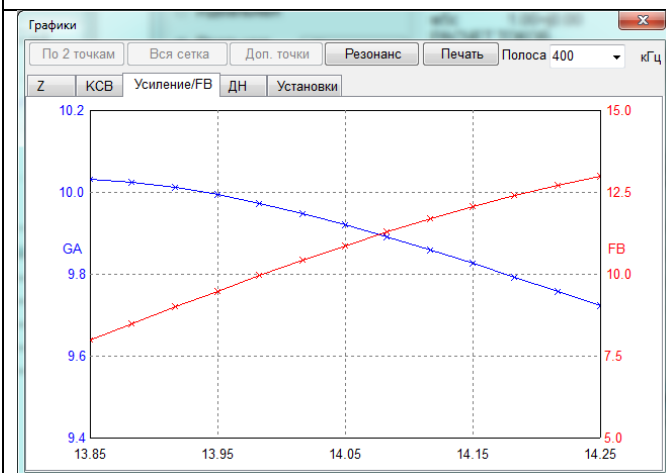
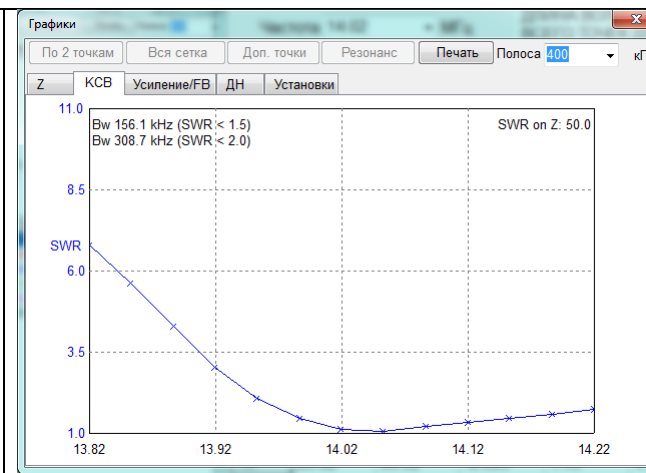
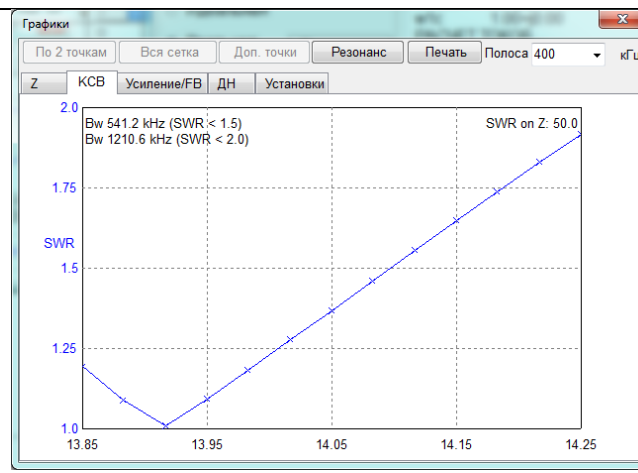
Реальная земля. Высота подвеса = 10 метров

No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	KCB 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(гр)	Земля	Высота
1	14.05	54.57	8.151	1.2	---	9.92	10.88	33.1	Real.	8.0

No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	KCB 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(гр)	Земля
1	14.05	62.93	12.14	1.37	---	9.97	9.35	33.0	Real.

No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	KCB 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(гр)	Земля	Высота	Полар.
21	14.02	44.46	-1.891	1.13	---	9.15	15.18	28.0	Real.	10.0	гориз.



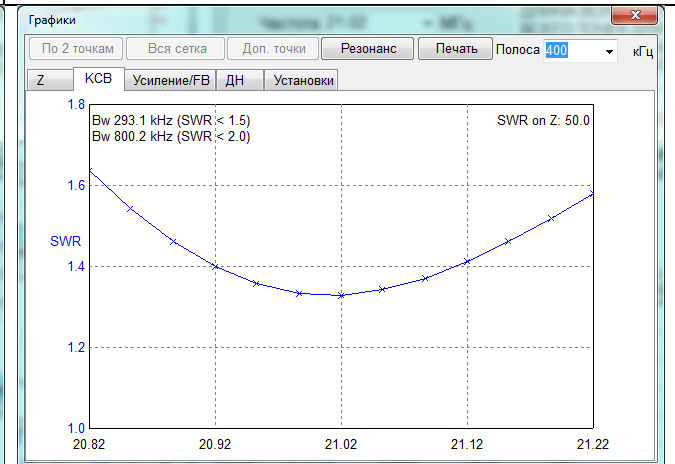
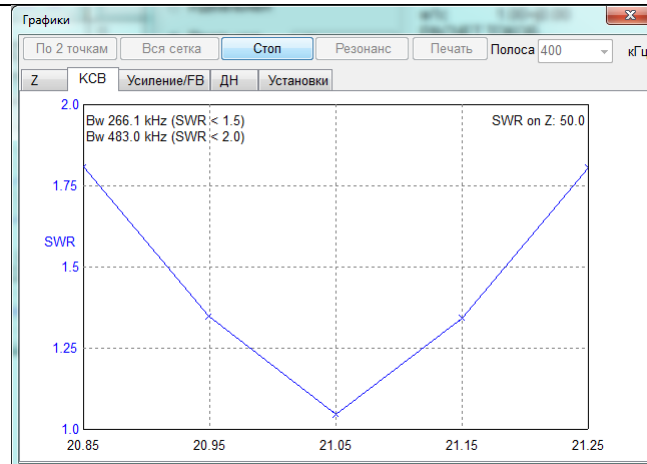
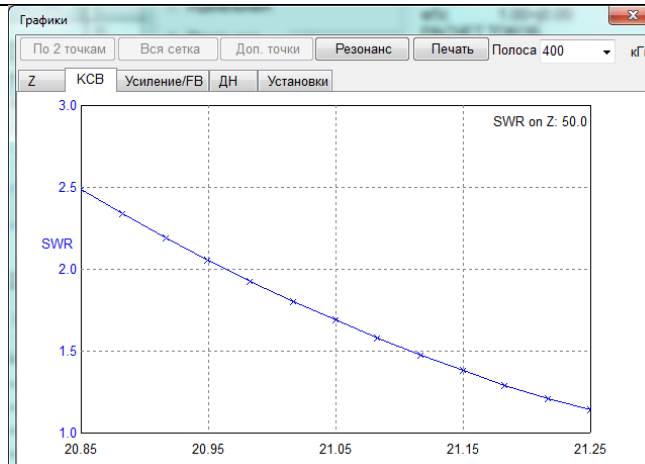
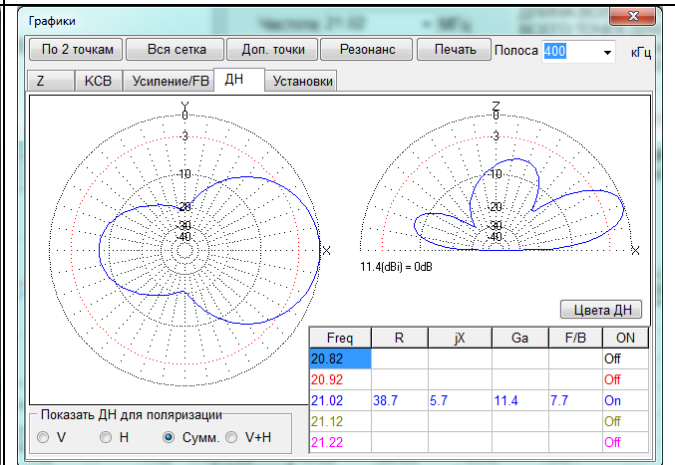
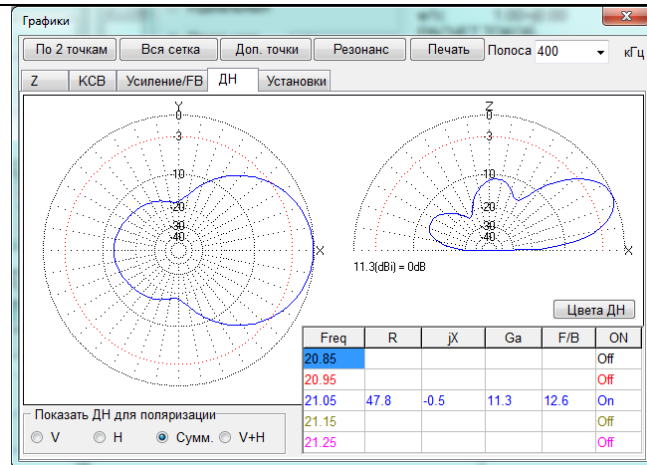
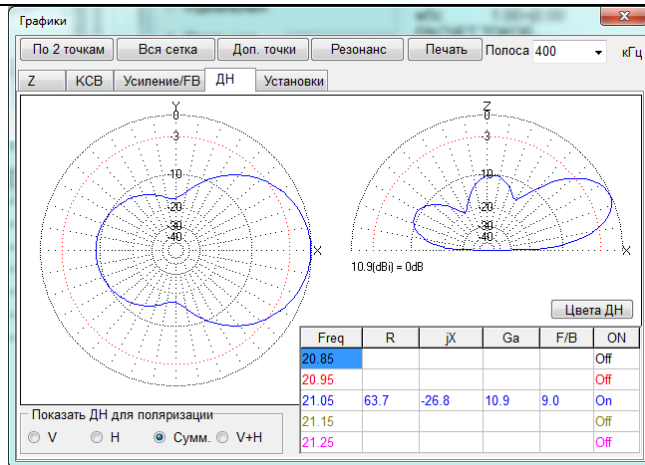


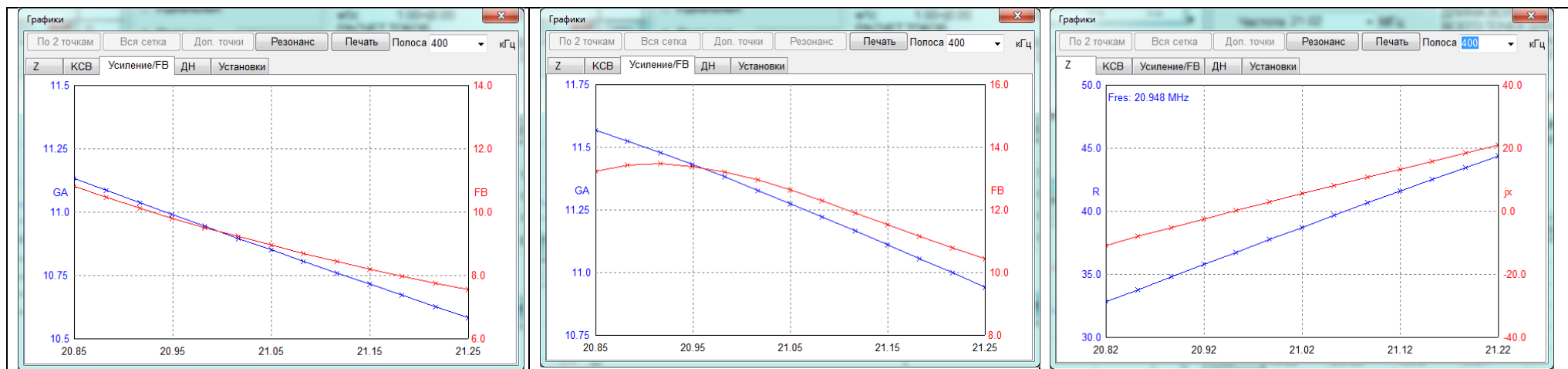
21 МГц

No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	KCB 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(rp)	Земля	Высота
1	21.05	63.66	-26.77	1.69	---	10.85	8.96	24.4	Реал.	8.0

No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	KCB 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(rp)	Земля	Высота
1	21.05	47.79	-0.48	1.05	---	11.28	12.65	24.2	Реал.	8.0

No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	KCB 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(rp)	Земля	Высота
27	21.02	38.75	5.713	1.33	---	11.38	7.75	20.2	Реал.	10.0





Вывод: предлагаемая антенна вполне подходит по параметрам для повседневной работы и в соревнования. Но надо учесть, что антенна рассчитана на телеграфный и цифровой участки диапазонов. Однако, будет работать в телефонных участках, но при повышенном КСВ. При желании антенну можно пересчитать на другие участки диапазонов. Вес антенны небольшой, не более 5 кг. Вес одной удочки 370 грамм ($4 \times 370 = 1480$ г). Все остальное: бум, провода, крепежные элементы. Получилась вполне конкурентная конструкция.

Ниже приведены данные антенн от производителей, размещенные на их сайтах. Данные XL-222 очень близки к расчетным, сделанные мною из имеющегося в интернете файла. AD-223 имеет несколько завышенные параметры (мое мнение).

	Антенна XL-222	Антенна AD-223	Антенна ML-22
Диапазоны	20 – 15 -10	20 – 15 -10	20 – 15
Полоса частот, МГц		14.000-14.350 21.000-21.450 28.000-29.000	14.000 – 14.100 21.000 – 21.200
КСВ в полосах частот	1.75 – 1.25 – 1.3 1.6 – 1.5 – 2.5 3.0 – 1.6 – 2.0	1.3 - 1.05 - 1.4 1.4 - 1.05 - 1.4 1.5 - 1.0 - 1.7	1.1 – 1.2 1.3 – 1.5
Полоса по КСВ<1.5, кГц	478 - 76		90 – 203
Полоса по КСВ<2, кГц	1213 – 409 - 400		433 - 859
Количество элементов	6	7	2 (4 удочки по 3.8 м)

	Антенна XL-222	Антенна AD-223	Антенна ML-22
Тип питания	Переизлучение (open sleeve)	Запитка одним кабелем	Запитка одним кабелем
Импеданс (Ом)	50	50	50
Усиление dBi	6.2 – 5.6 – 5.6	12.6 – 12.8 – 12.5	4.7 – 5.9
Net Gain vs dipole@22m dBd	4.6-4.8-4.4		2.5 – 3.8
Отношение F/B dB	Не хуже 11	14-13-17	10 - 11
Длина бум, м	3.5	5.6	3.0
Диаметр бум мм	45		25x25
Макс. Радиус поворота м	5.85	6.04	4.0
Макс. Длина элемента м	11.2	11.0	7.6
Диаметр элемента у основания мм	30		Удочки 30 мм
Вес кг	21	19	3-5
Ветровая нагрузка м/сек	30	40	
Цена	10120 руб.	26500 руб.	3650 руб. (материалы)
			

Ссылки:

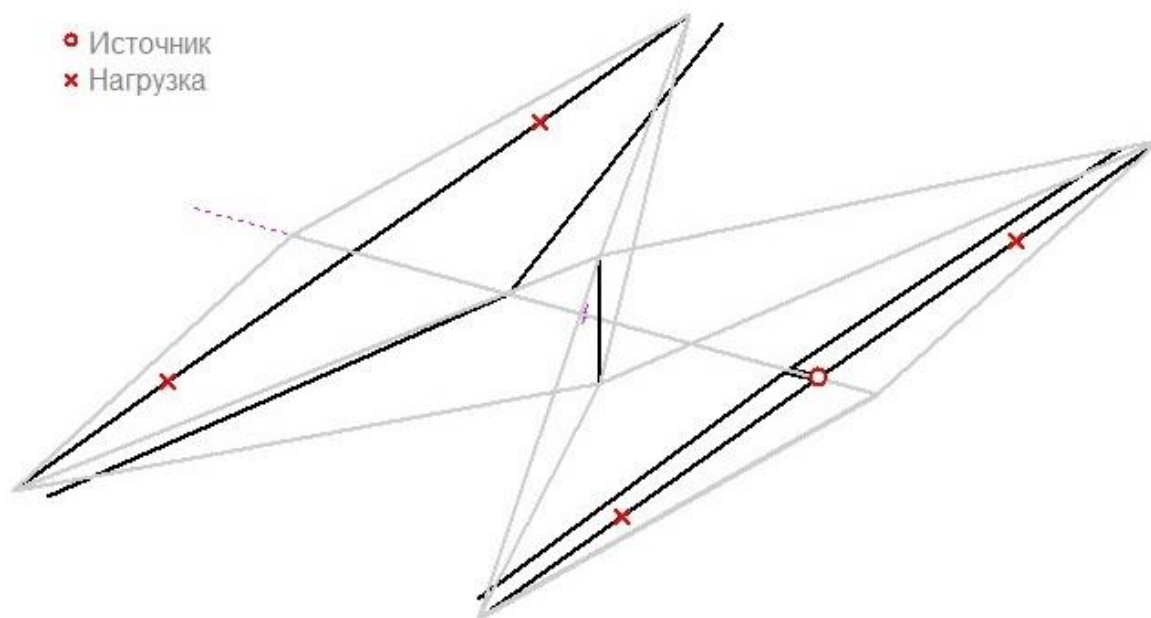
1. Антенна XL-222 <http://www.russian-yagi.ru/antenny/mnogodiapazonnye/xl222>
2. Антенна AD-223 <http://ant-depot.ru/component/virtuemart/details/2/5/antenny-kv/mnogodiapazonnye-antenny/ad-223.html>
3. Антенна RB-223 <http://rusbeam.ru/index.php?dn=article&to=art&id=1>

10. Модификация антенны

С учетом недостатков, выявленных при эксплуатации, проведен пересчет антенны. В новом варианте элементы антенны не будут принудительно изгибаться оттяжками. Кроме того, предусмотрена растяжка элементов для придания большей прочности при ветровых нагрузках. Для этого пришлось чуть увеличить длину бум. А сам бум крепить на трубостойку поворотного устройства, которая выше бум приблизительно на 400 мм. Такая растяжка в виде конверта придаст дополнительную прочность. При этом желательно для оттяжек использовать кевларовые оттяжки, как это делается при сборке антенны типа «Спайдер». Но поиск этих элементов остается за пользователем.

Все размеры приведены для случая исполнения антенны либо из медного канатика, либо из биметаллического провода диаметром 1.6 мм. Из биметалла выполнять целесообразнее, т.к. он не вытягивается со временем. Кроме того он и дешевле медного.

Параметры же антенны остаются практически неизменными.



Размеры

Вибратор 20 метров до индуктивности	1983 мм
Вибратор 20 метров от индуктивности	1557 мм
Рефлектор 20 метров до индуктивности	2103 мм
Рефлектор 20 метров от индуктивности	1450 мм
Вибратор 15 метров	3305 мм
Рефлектор 15 метров	3590 мм
Расстояние от точки запитки вибратора 20 метров до вибратора 15 метров	200 мм
Расстояние от рефлектора 20 метров до точки крепления рефлектора 15 метров	1000 мм

Приложение:

Файл для моделирования в программе MMANA. Необходимо скопировать текст в текстовый редактор, сохранить его с расширением MAA.

Укороченная 20+15 м (провод 1.6-1.8. мм)

*

14.05

Wires

29

1.6,	0.0,	0.0,	1.6,	1.98333,	0.0,	8.000e-04,	-1	
1.6,	0.0,	0.0,	1.6,	-1.98333,	0.0,	8.000e-04,	-1	
1.6,	1.98333,		0.0,	1.6,	3.5,	0.0,	8.000e-04,	-1
1.6,	-1.98333,		0.0,	1.6,	-3.54,	0.0,	8.000e-04,	-1
4.62,	0.03,	0.0,	4.6222,		2.1,	0.0,	8.000e-04,	-1
4.62,	-0.03,	0.0,	4.6222,		-2.1025,	0.0,	8.000e-04,	-1
4.6222,		2.1,	0.0,	4.6222,		3.53,	0.0,	8.000e-04,
4.6222,		-2.1025,		0.0,	4.6222,		-3.5525,	0.0,
								8.000e-04,
								-1
4.62,	0.03,	0.0,	4.62,	-0.03,	0.0,	8.000e-04,	-1	
4.42,	-0.03,	0.0,	4.62,	-0.03,	0.0,	8.000e-04,	-1	
4.42,	0.03,	0.0,	4.62,	0.03,	0.0,	8.000e-04,	-1	
2.6,	0.0,	0.0,	1.81075,		3.50217,	0.0,	8.000e-04,	-1
4.42,	0.03,	0.0,	4.48749,		3.33431,	0.0,	8.000e-04,	-1
2.6,	0.0,	0.0,	1.80403,		-3.50065,	0.0,	8.000e-04,	-1
4.42,	-0.03,	0.0,	4.49037,		-3.33425,	0.0,	8.000e-04,	-1
1.2,	0.0,	0.0,	5.0,	0.0,	0.0,	0.0,	-1	
3.2,	0.0,	0.4,	3.2,	0.0,	-0.4,	8.000e-04,	-1	
3.2,	0.0,	0.4,	4.6222,		3.53,	0.0,	0.0,	-1
3.2,	0.0,	0.4,	1.6,	3.5,	0.0,	0.0,	-1	
3.2,	0.0,	0.4,	1.6,	-3.54,	0.0,	0.0,	-1	
3.2,	0.0,	0.4,	4.6222,		-3.5525,	0.0,	0.0,	-1
3.2,	0.0,	-0.4,	4.6222,		3.53,	0.0,	0.0,	-1
3.2,	0.0,	-0.4,	4.6222,		-3.5525,	0.0,	0.0,	-1
3.2,	0.0,	-0.4,	1.6,	3.5,	0.0,	0.0,	-1	
3.2,	0.0,	-0.4,	1.6,	-3.54,	0.0,	0.0,	-1	
5.0,	0.0,	0.0,	4.6222,		3.53,	0.0,	0.0,	-1
5.0,	0.0,	0.0,	4.6222,		-3.5525,	0.0,	0.0,	-1
1.2,	0.0,	0.0,	1.6,	3.5,	0.0,	0.0,	-1	
1.2,	0.0,	0.0,	1.6,	-3.54,	0.0,	0.0,	-1	

Source

1, 0

w9c, 0.0, 1.0

Load

4, 1

w1e, 0, 6.0, 0.0, 200.0

w2e, 0, 6.0, 0.0, 200.0

w5e, 0, 6.0, 0.0, 200.0

w6e, 0, 6.0, 0.0, 200.0

Segmentation

400, 40, 2.0, 2

G/H/M/R/AzEI/X

2, 10.0, 1, 50.0, 120, 60, 0.0

###Comment###

Укороченная 20 + 15 метров (ML-22U)

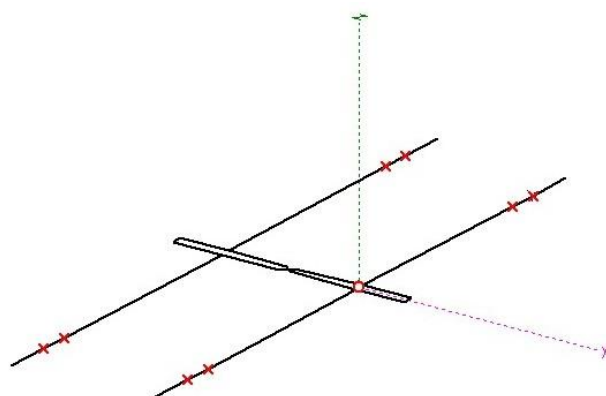
Провод биметалл (медь) 1.6--1.8 мм

11. Технологические решения

После изготовления 2-х элементной 2-х диапазонной антенны ЯГИ я загорелся идеей сделать 2-х элементную 2-х диапазонную антенну с активным питанием элементов по мотивам японской антенны HB9CX и сделанной на ее основе российской разработки SAYT 3-2 CV 14-21-28. Антенна имеет очень неплохие характеристики, превосходит 2-х элементные ЯГИ. Сразу оговорюсь, что с 1919 года у меня работает эта антенна. Но все эксперименты с ее аналогом и подвинули приобрести именно ее. Причина приобретения готовой очень проста: состояние здоровья не позволило мне заниматься крышевыми работами. И, кроме того, работы по настройке требовали постоянно наличие помощника.

Но я ничуть не сожалею о затраченном времени на конструирование укороченной антенны, а затем облегченного варианта HB9CX (SAYT 3-2 CV 14-21-28). В случае невозможности приобретения готовой антенны я вернулся бы к своей разработке ML-22U.

Конструкция антенны имеет вот такой вид



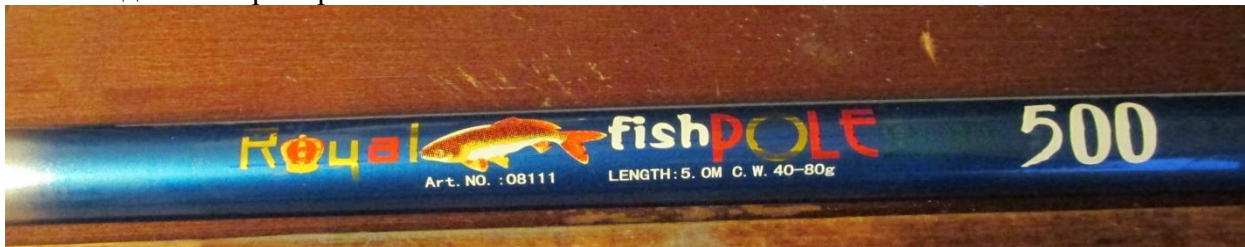
Т.е. трубчатые элементы с трапами.

Так как у меня нет возможности найти необходимые легкие дюралевые трубки, чтобы общий вес конструкции был не более 5 кг, а трубчатая конструкция обязательна из-за широкополосности, было принято решение применить в качестве труб рыболовные удочки. И далее я опишу способ металлизации удочек. Возможно, кому-то и пригодится такой способ.

Оговорюсь, вариант «удочной» конструкции HB9CX (SAYT 3-2 CV 14-21-28) получился вполне приемлемый и работоспособный. Но чуть не до настроенный и с небольшими конструкторскими недоработками. Причина, которой антенна не прижилась у меня, изложена выше.

Металлизировать удочки было решено с помощью фольги толщиной 50-100 микрон и клейкой алюминиевой ленты. Была приобретена фольга 50 микрон, т.к. более толстой в наших магазинах не нашел (стоит около 850 руб. за рулон 10 метров). 100 микрон лучше, но я ее увидел в магазине слишком поздно. Этой толщины достаточно для нормального излучения. Лента была приобретена за 120 рублей 25 метров шириной 50 мм. Толщина общего слоя 60 микрон. Антенна выдерживала подводимую мощность в 400 Вт. Больше не испытывалось из-за отсутствия соответствующего усилителя.

Удочки я приобрел вот такие:



Предварительная обработка удочек:

1. Удалить с концов элементов направляющие для лески и зачистить заусенцы



2. Удалить у комля удочки утолщение для крепления катушки спиннинга и зачистить от клея напильником.



3. Удалить бортик у конца удочки, т.к. он будет мешать креплению удочки.



4. Максимально выдвинуть элементы и пометить место выхода элемента из предыдущего. Это необходимо для того, чтобы начинать приклейку алюминиевой ленты именно от этого места. Если же начать клеить от начала элемента, то потом алюминиевый слой повредится при закреплении.

Металлизация трубок

Металлизация трубок выполнялась с помощью алюминиевой фольги толщиной 50-100 мкм. Фольга продается рулоном шириной 1.2х10м (для бань в строительных магазинах).



Измерьте диаметр у комля, как на рисунке. Рассчитайте ширину алюминиевого листа: $3.14xD + 5 \text{ мм}$.

Отрежьте полосу необходимой длины, но так чтобы длина не заходила на утолщение комля и на колечко с противоположной стороны. В противном случае неизбежны будут морщины на трубке, которые исправить невозможно.

Обезжирьте трубку и фольгу.

Нанесите на трубку клей «Момент» (можно какой-то другой) и распределите его равномерно. Клея много не надо.

Тут же нанесите и распределите клей по поверхности листика алюминия. Все делать надо быстро, чтобы клей не успел затвердеть.

Аккуратно накручивайте фольгу на трубку, разравнивая ветошью. Особое внимание уделите креплению шва витка. Возможно, необходимо будет еще нанести клей. Для надежности можно стык закрыть клеящей алюминиевой лентой, которая обладает очень хорошей адгезией.



Очень неудобно металлизировать комель удочки. Чтобы этого избежать можно комель не металлизировать, но не отрезать, т.к. он утолщен для придания прочности. Просто в этом случае общая длина элемента уменьшится приблизительно на 4 см.

Второй вариант металлизации

По моему мнению, второй способ более предпочтителен.

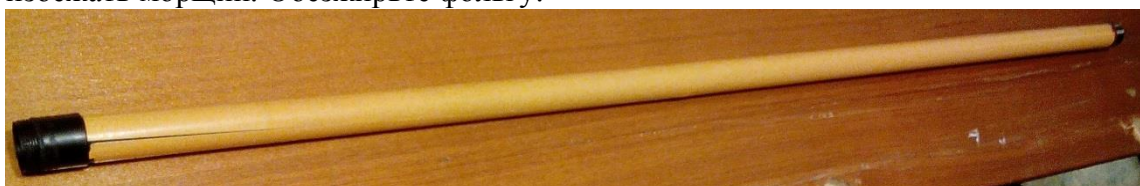
Для этого понадобится двухсторонняя клейкая лента. Применение ее уменьшает расход клея и трудоемкость. Кроме того, получается более ровный металлизированный слой.



Предварительно обезжирьте пластиковую трубку. Аккуратно наклейте ленту на трубку. Старайтесь наклеить без морщин. Если не получается, то сделайте наклейку из нескольких более коротких кусков. Стык старайтесь делать минимальным.

Если получается, что лента клеится внахлест, то не обращайте на это внимание. После наклейки острым ножом уберите этот нахлест и у вас получится соединение встык. Несколько раз прижмите ленту ветошью и разравняйте.

Отмерьте и отрежьте необходимый кусок фольги так, как это было описано выше, чтобы избежать морщин. Обезжирьте фольгу!



Фольга должна лежать на ровной поверхности так, чтобы на нее можно было положить пластиковую трубку с наклеенной лентой.



Аккуратно приложите к фольге трубку с лентой, придавите трубку к фольге и начинайте закреплять фольгу к ленте. Старайтесь делать это с небольшим натягом.

Наверняка получится, что работа будет завершаться с небольшим нахлестом. Лучше всего это место промазать клеем и приклеить. Придавливайте место склейки ветошью, чтобы не было отслоения. Для надежности желательно стык закрыть клеящей алюминиевой лентой, которая обладает очень хорошей адгезией. Можно закрывать не всей лентой шириной 50 мм, а разрезать вдоль ленту шириной 15-20 мм. Получается ровная и красивая алюминиевая трубка.

Третий вариант металлизации

Этот вариант можно использовать, если два первых элемента закрывать термоусадочной трубкой. В этом случае не нужно ни клея, ни двухсторонней клеящей ленты.

Необходимо плотно обмотать трубку фольгой заранее отмеренной длины и ширины. Возможно в 2-3 слоя. Чтобы фольга не разматывалась закрепить в нескольких местах изолентой. Еще лучше клеящей алюминиевой лентой. После чего закрыть термоусадочной трубкой. Скорость изготовления элементов возрастет в разы.

Сборка металлизированных элементов.

1-й и 2-й элементы стыкуются при помощи 2-х хомутиков и небольших полосок фольги, закрывающих 1-й и 2-й элементы. Чтобы избежать неровностей при переходе на полосках делается несколько зубчиков.



После некоторых раздумий было принято решение первые наиболее толстые по диаметру секции сделать неразборными и закрыть их термоусаживающейся трубкой. Дальнейшие сравнения измерений просто трубки и трубки с термоусадкой показали, что каких-то изменений в электрических параметрах нет. Зато трубка защищена от птиц, которые любят садиться на все высокое. А некоторые особи еще и на блестящее зарятся.

В ходе сборки элементов выяснилось, что собирать 3-й элемент очень неудобно. Слишком много элементов и операций, которые придется выполнять не в комнатных условиях. Поэтому целесообразно выполнить вставку 3-го элемента не с конца 1-го элемента, а вставить непосредственно во 2-й элемент уже собранный 3-й элемент. А механизм стыковки выполнить аналогично концевому элементу.

Для этого необходимо будет на несколько сантиметров укоротить 3-й элемент, на конце 2-го элемента убрать кольцо и сделать разрезы. Выполнить подгонку элементов. Для прочности внутрь 3-го элемента вставить небольшой отрезок трубки диаметром 14 мм с навивкой изоленты до нужного диаметра.

Крепление одним хомутом. Скорость сборки возрастет в разы.

Ниже на рисунке 3-й элемент с установленными на нем трапами (но их может и не быть).



Для крепления концевой элемента в конце 3-го элемента делается 4 пропила ножовкой (крестообразно). Длина пропила около 15 мм. Затем накладывается полоска фольги и загибается внутрь трубки. После чего внутрь 3-го элемента вставляется алюминиевая трубка диаметром 14 мм и зажимается хомутиком. Длина трубки может быть около 300 мм (с большим запасом). Концевой элемент предназначен для регулировки в ходе настройки.



Таким образом, получается легкая и прочная трубка длиной около 4 метров. Длину элемента можно увеличить, если удлинить концевой элемент. Трубка диаметром 14 мм очень легкая и не несет никакой нагрузки. Главное закрепить ее так с применением намотки изолянта на конец крепления к 3-му элементу, чтобы трубка не имела люфта (не болталась).

По поводу прочности «удочных элементов» могу сказать следующее. У меня уже почти 8 лет установлена ГР длиной 5 метров из удочки. 4-х метровая удочка надета на буковую палку от штор. Палка прикручена к стене дома (балкону). Сама пластиковая часть полностью выступает над крышей 9-ти этажного дома. Каких-то дополнительных креплений-растяжек нет. В сильный ветер мотается сильно. Но стоит, работает.

Заключение

Буду безмерно рад, если мои изыскания в антенностроительстве помогут кому-либо в радиолюбительской деятельности.