

Прокачиваем Meshtastic на большую дальность



**Простые и сложные антенны для домашнего
повторения в приложении к теме.**

«NanoVHF» (R1CAU)

г.Санкт-Петербург, Октябрь 2025г

Приветствую, друзья! Настало время антенн!

Статья написана как подробный гайд для сообщества и рассчитана на творческую публику, возможно, далёкую от радио и антенн, в частности. Если вам лень что-то делать руками, то на Ali и OZON вы найдёте готовые конструкции. Покупайте, экспериментируйте, делитесь опытом в сообществе.

Сегодня на AliExpress и OZON полно дешёвых антенн для ISM-диапазона 868МГц, но, в большинстве случаев они или не настроены или настроены очень плохо или сделаны некачественно. Предложений для покупки развелось такое огромное количество, что никаких денег и времени не хватит все их протестировать и дать рекомендации по использованию. Хотя, некоторые варианты представлены в тематических чатах разных городов.

Я смоделировал и изготовил несколько практичных конструкций, от самых простых антенн с круговой диаграммой направленности до сложных многоэлементных направленных антенн, которые легко будет изготовить и настроить дома своими руками. Более того, в большинстве случаев такие антенны будут обладать характеристиками в разы лучше штатных и большинства купленных дешёвых «хвостов». Это значит, что дальность связи между вашими Meshtastick-устройствами или вашим ISM-устройством теоретически может увеличиться от 5 до 100 раз(!), не применяя усилителей мощности и оставаясь в пределах допустимых мощностей. Ну, а, с мощными модулями должна получиться «пушка»!

Примечание: к сожалению, у автора нет 3D-принтера и навыков изготовления сложных механических изделий, но он умеет моделировать и создавать прототипы антенн. Поэтому, все описанные конструкции выглядят как собранные на скорую руку и местами колхозно. Не судите строго. Автор приглашает всех, кто умеет создавать механические конструкции, обсудить представленный ниже материал и дополнить его своими практическими реализациями и механической практикой. Это можно сделать как в отзывах, так и в нескольких профильных сообществах в телеграмм-чатах.

Сначала будут описаны простые конструкции, потом перейдём к более сложным, направленным антеннам.

Давайте начнем...

Часть 1. Простые антенны.

Конструкция 1. Классическая 1/4GP

Эта конструкция одна из самых простых антенн - каноническая антенна GP 1/4. Вы легко найдёте в интернете множество подобных конструкций, но здесь автор покажет свой вариант её исполнения. Конструкция на самом деле простая. На детальном фото вы увидите все элементы.



Конструкция основана на правильном (желательно фирменном и цельном) микроволновом разъёме. Это фланцевый СВЧ-разъём N-типа. Он легко монтируется и подходит для различных конструкций, о которых будет рассказано чуть позже.



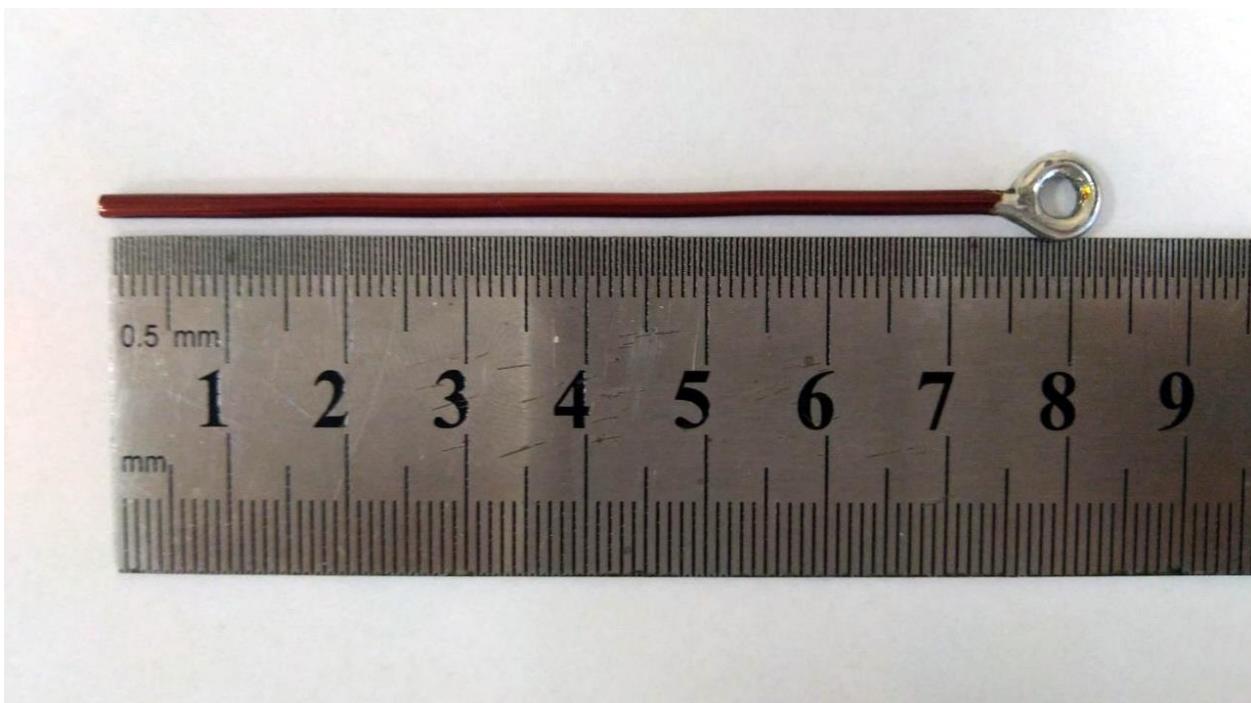
Для чистой антенны GP, как показано на фото выше, важным элементом является отсутствие металлического монтажного стакана. Если вы планируете устанавливать антенну на мачте, то он должен быть диэлектрическим или длина стакана не должна превышать 50 мм.

Возможно использовании крепёжного стакана, но из-за его влияния длина излучающего элемента будет другой и антенну надо будет подстроить.

Излучающий элемент изготовлен из латунной трубки диаметром 4 мм. Длина излучающего элемента составляет 82 мм. Трубка аккуратно запаяна на центральный контакт разъёма.



Противовес используется из мягкой медной проволоки диаметром 2 мм. Длина противовесов, прикреплённых к разъёму, составляет 75 мм.

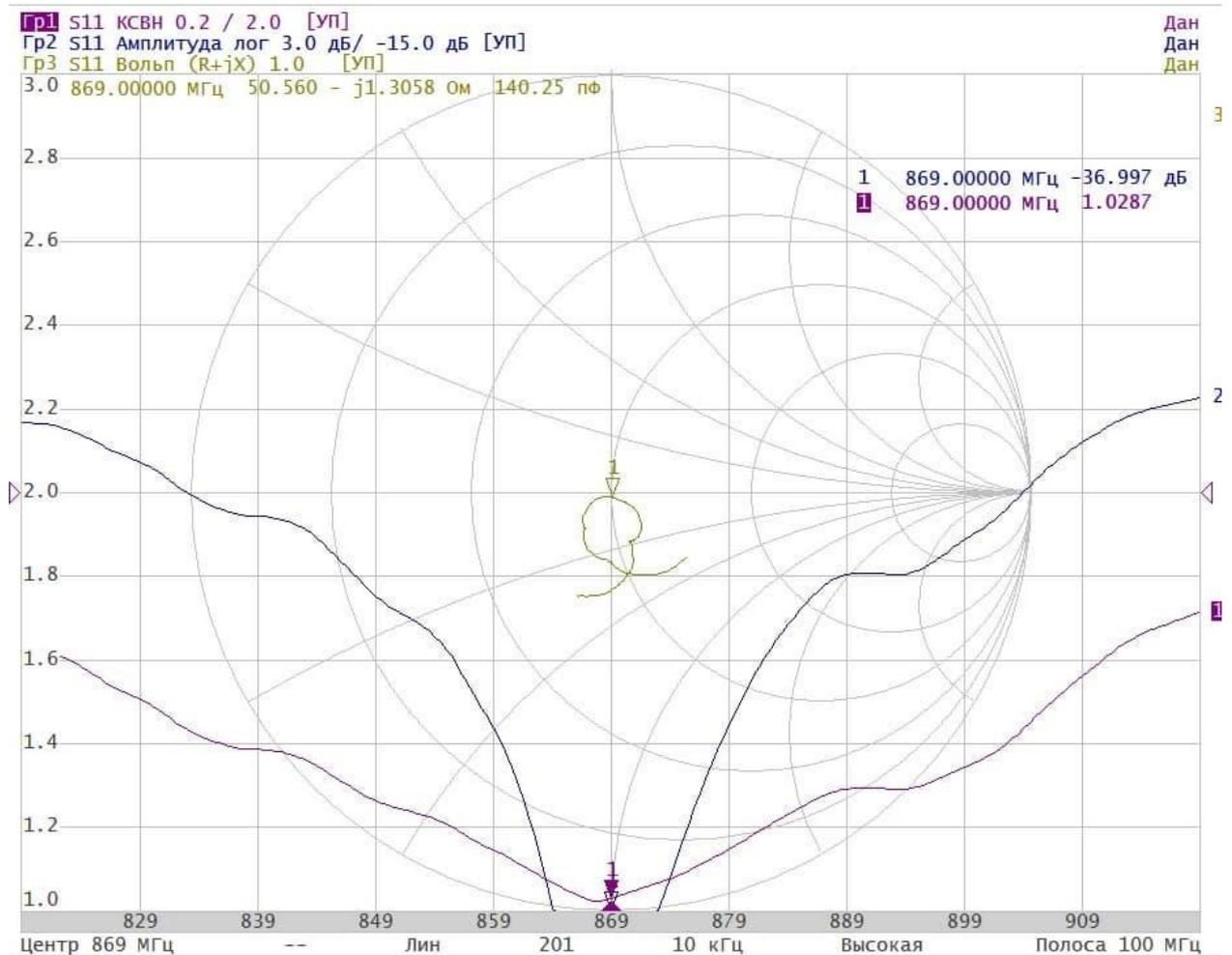


При изготовлении противовесов общая длина элементов должна быть 100...120 мм. Крепления противовесов можно сделать из того же куска проволоки или его можно припаять к специальным монтажным лепесткам.

Для минимизации влияния кабеля питания ниже разъема на расстоянии 7...10 см делается небольшая петля диаметром 2...3 см.



Замеренные параметры живой антенны: SWR, LogMag, Смит



Если вы будете крепить антенну на металлический стакан, а стакан, в свою очередь планируете крепить к мачте, то длину излучающего элемента придётся немного увеличить. Для этого используется обычный шуруп М3.



Настройку производим с помощью прибора NanoVNA V2. Минимальный КСВ достигается вращением винта и изменением угла противовесов (около 45 градусов).

Конструкция 2. Классическая J-антенна

В интернете легко найти несколько подобных конструкций для других диапазонов и множество калькуляторов, но здесь автор покажет свою конструкцию конкретно для частоты 868 МГц. Автор применил несколько простых, но неочевидных решений для достижения максимального усиления и стабильного КСВ. Перед изготовлением антенна была оптимизирована в электромагнитном симуляторе на максимум усиления.

Интересным решением является собственно антенный стержень. Он также является неотъемлемой частью излучающей системы и системы крепления. К нему можно прикрепить диэлектрическую мачту.

Примечание 1: при относительно простой механике, автор, всё же, не рекомендует антенну для повторения начинающими радиолюбителями в силу сложности её настройки.

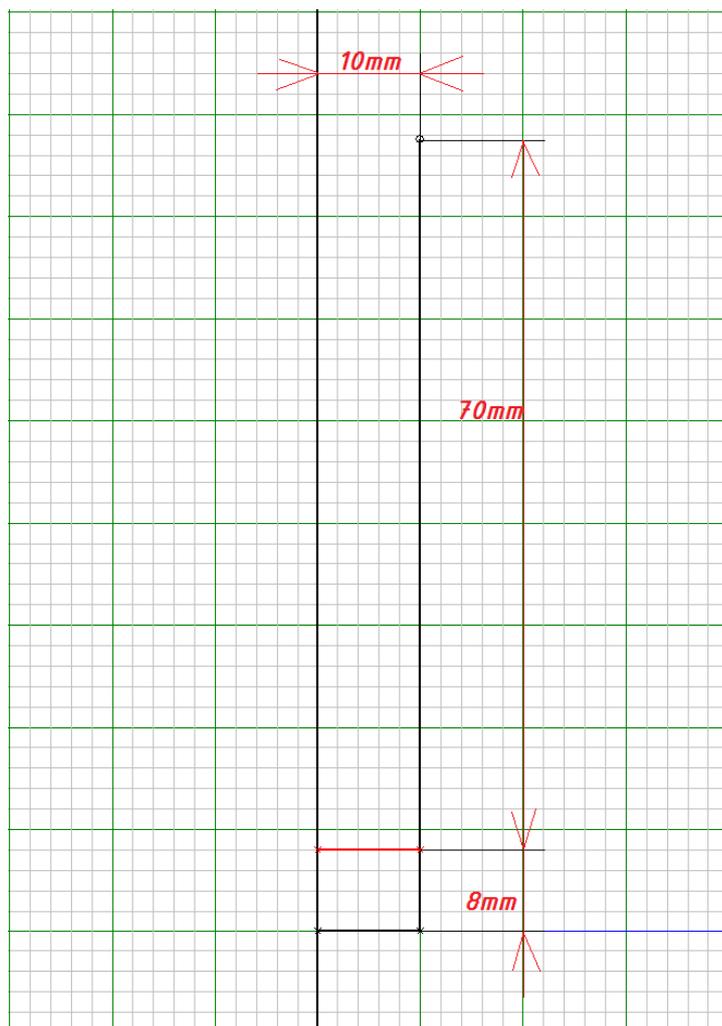
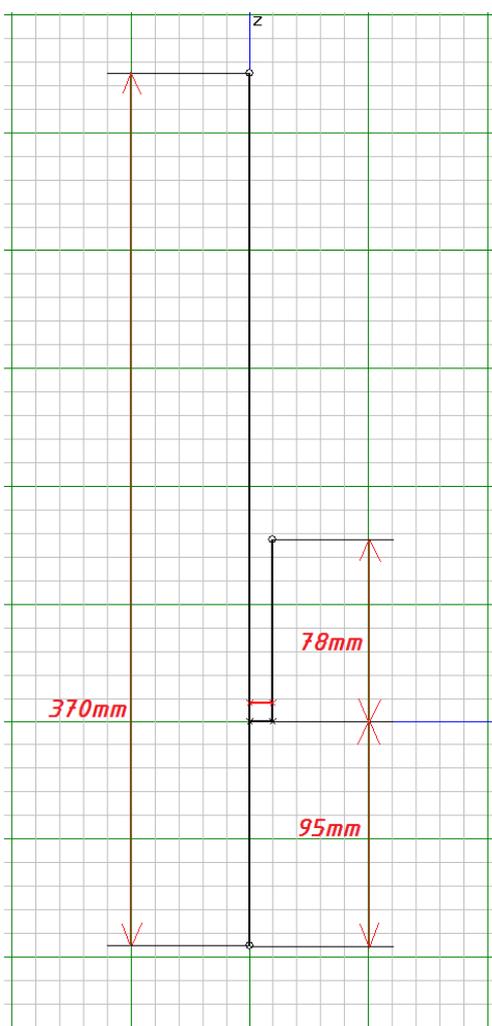
Примечание 2: при настройке антенны настоятельно рекомендуется использовать измеритель NanoVNA V2 или аналогичный панорамный КСВ-метр.

Вся антенна на самом деле очень проста! На подробных фотографиях всё отлично видно.

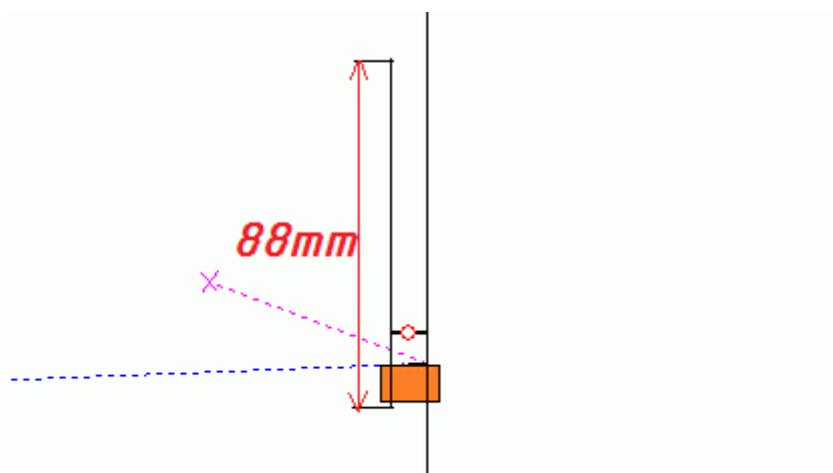
Антенна сделана из цельного куска латунной трубки диаметром 4 мм и длиной 500 мм и печатной платы из материала FR-4 размером 10x15x1,5 мм.



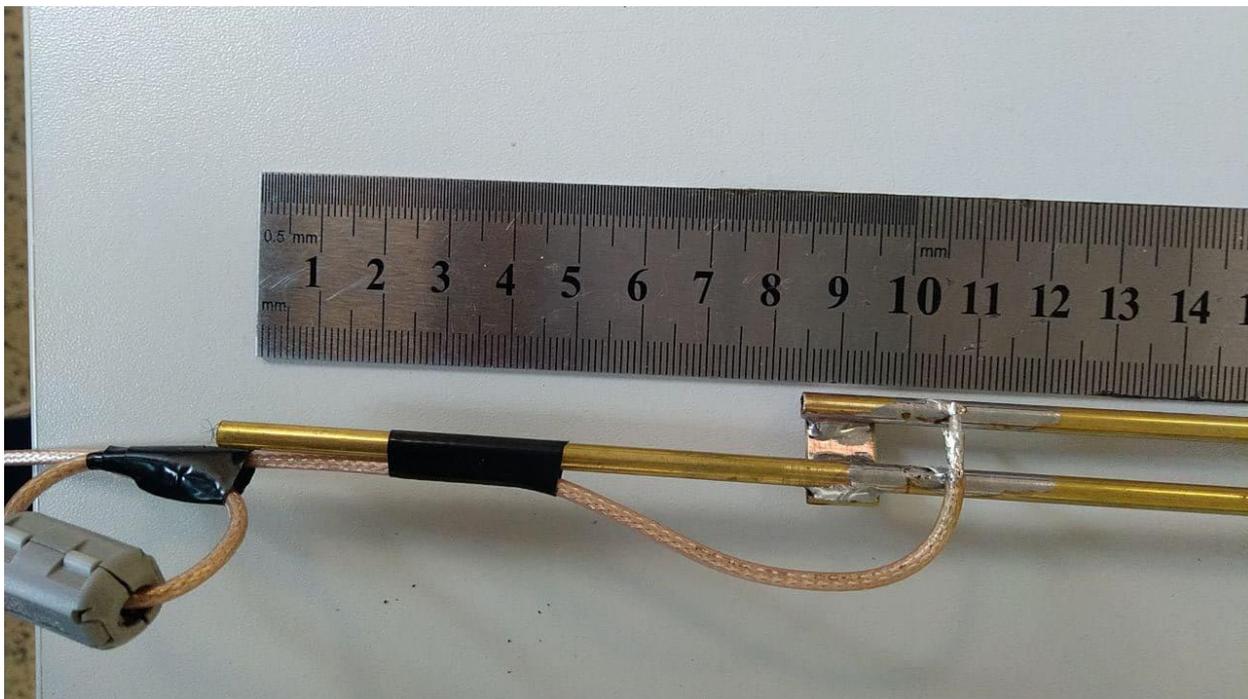
Трубку необходимо аккуратно разрезать согласно чертежу. Понадобится 2
куса трубки длиной 370 мм и 88 мм.



Примечание: обратите внимание, что короткую часть необходимо отрезать на
10 мм длиннее для точки крепления.



Примечание: коаксиальный кабель Radiolab RG-316/U запаян точно так, как показано на фотографии. Это результат экспериментов по получению стабильного КСВ антенны.



Попытка просто опустить кабель вниз, как это часто показано в различных интернет-проектах, приводит к сильному ухудшению параметра КСВ. Создаётся впечатление, что многие интернет-авторы не согласовывали свои конструкции и не проверяли их параметры на измерительном приборе. При выборе точки подключения центральной жилы кабеля необходимо добиться минимального КСВ. Этот процесс может быть весьма кропотливым и сложным. Добиться идеального КСВ достаточно сложно.

Для минимизации влияния кабеля на параметры антенны рекомендуется изготовить кольцо из кабеля на основе диаметра 2...3 см. Использование ферритовой защелки дополнительно снижает влияние кабеля под антенной.

Замеренные параметры живой антенны: SWR, LogMag, Смит

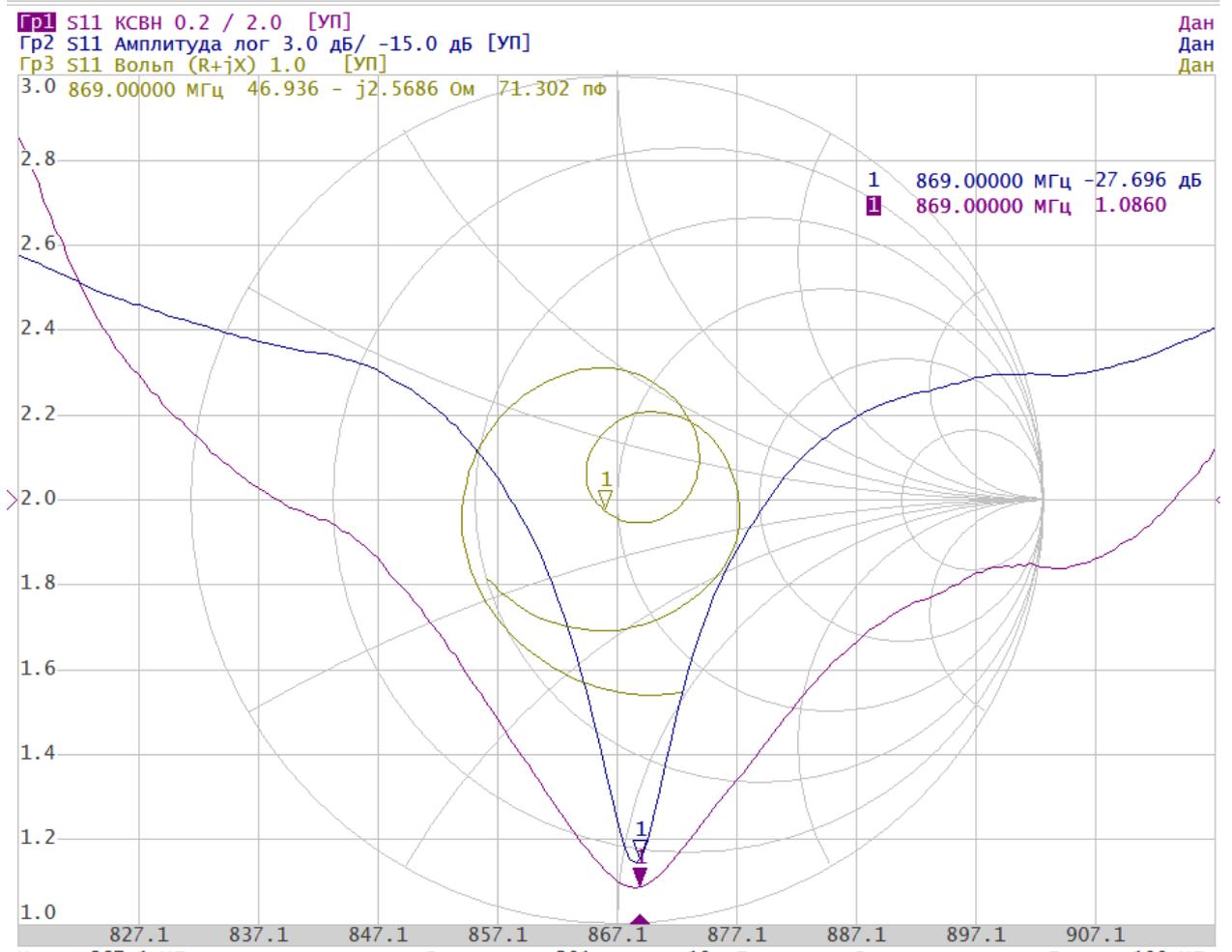
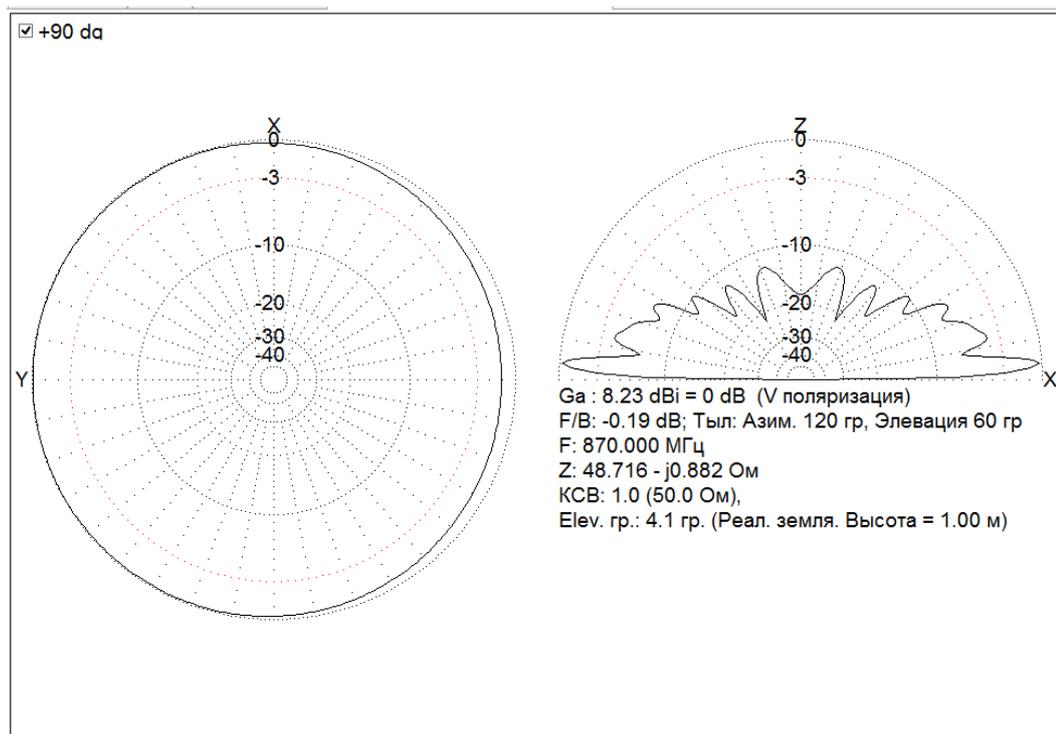


Диаграмма направленности и коэффициент усиления антенны (смоделировано).



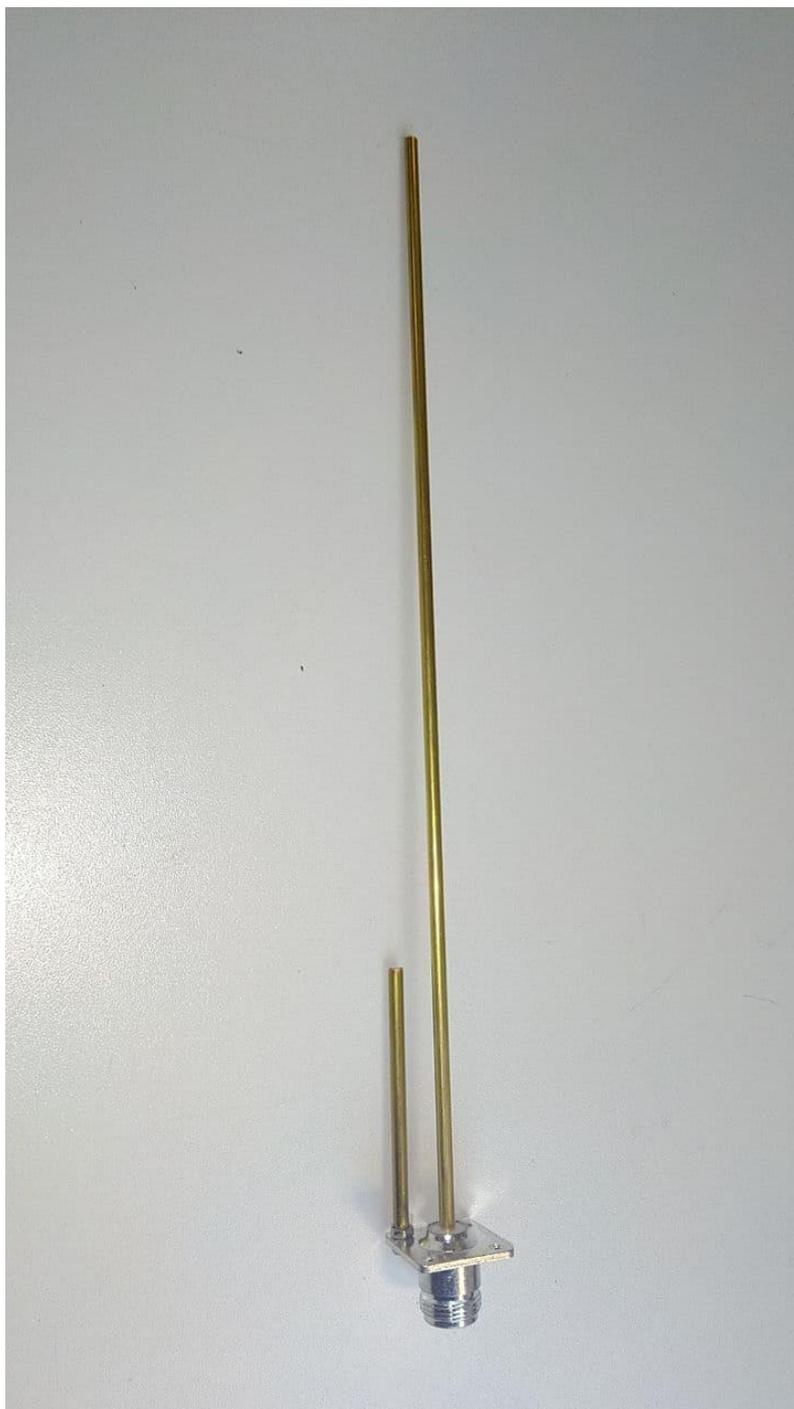
Еще несколько фотографий для понимания как антенна выглядит.



Конструкция 3. Модифицированная упрощённая J-антенна

Эта конструкция, пожалуй, самой-самой простой антенны из возможных, но с хорошим усилением — это не каноническая J-образная антенна. Аналогичную конструкцию можно сделать и для диапазона 433 МГц. Она будет чуть больше.

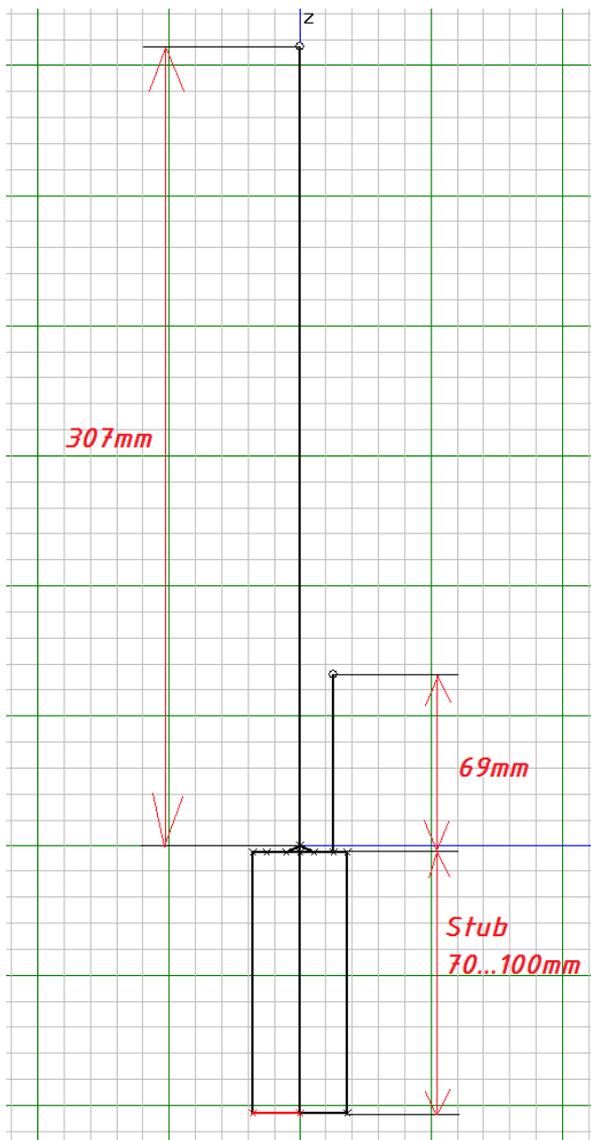
Идея этой конструкции родилась из экспериментов и моделирования канонической J-образной антенны. Автор задался вопросом: «Зачем делать сложную конструкцию? Можно ли сделать простую?» Единственное, что сложно в этой антенне - найти качественный СВЧ-разъём N-типа.



Вся антенна на самом деле очень проста! На подробных фотографиях всё отлично видно.

Антенна сделана из цельного куска латунной трубки диаметром 4 мм и длиной 500 мм.

Трубку необходимо аккуратно разрезать согласно чертежу. Понадобиться 2 куска трубки длиной 307 мм и 69 мм.



Примечание: для данной конструкции очень важно использовать металлическую гильзу на диэлектрической мачте. Длина стекла не критична — 70...100 мм.

Замеренные параметры живой антенны: SWR, LogMag, Смит

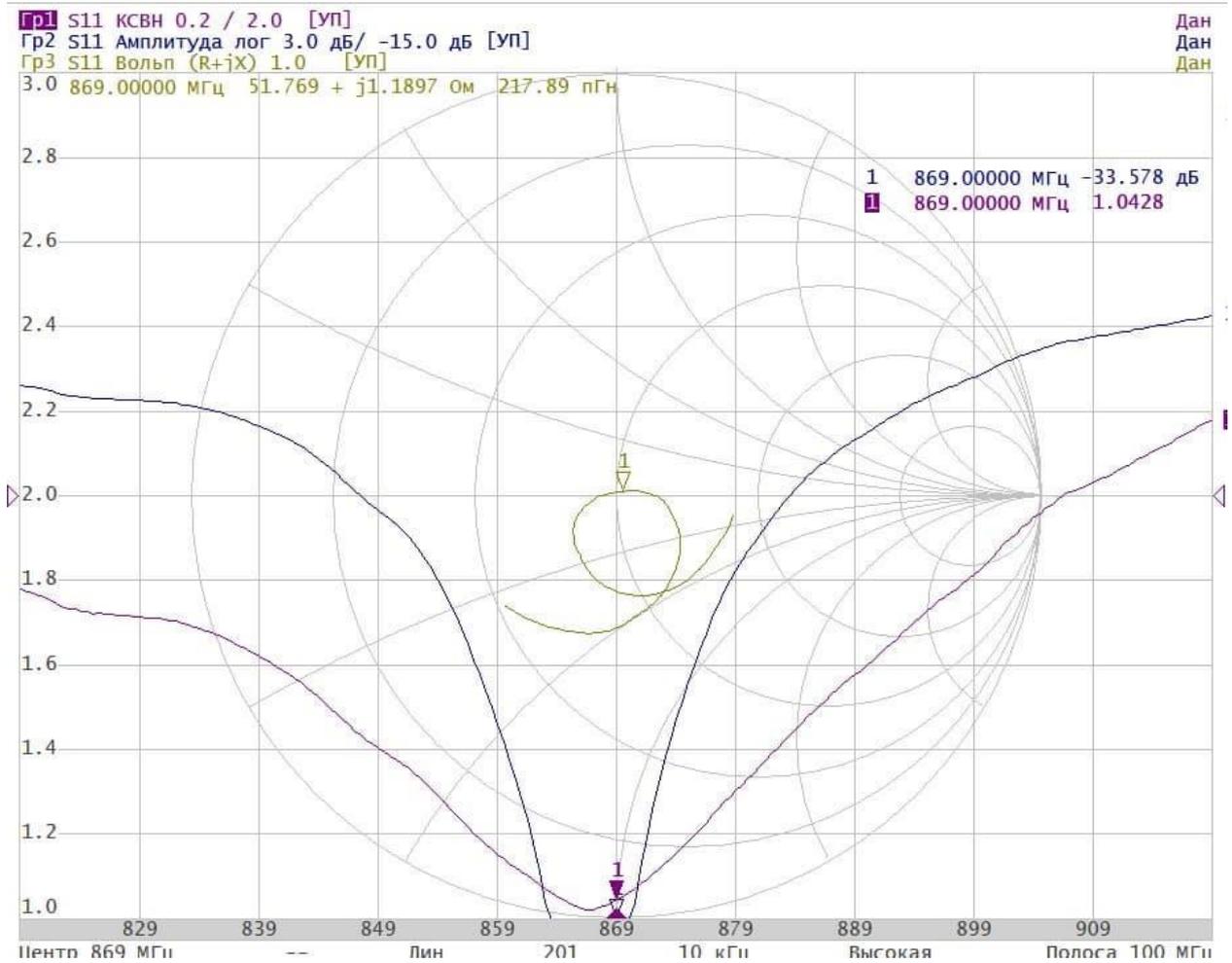
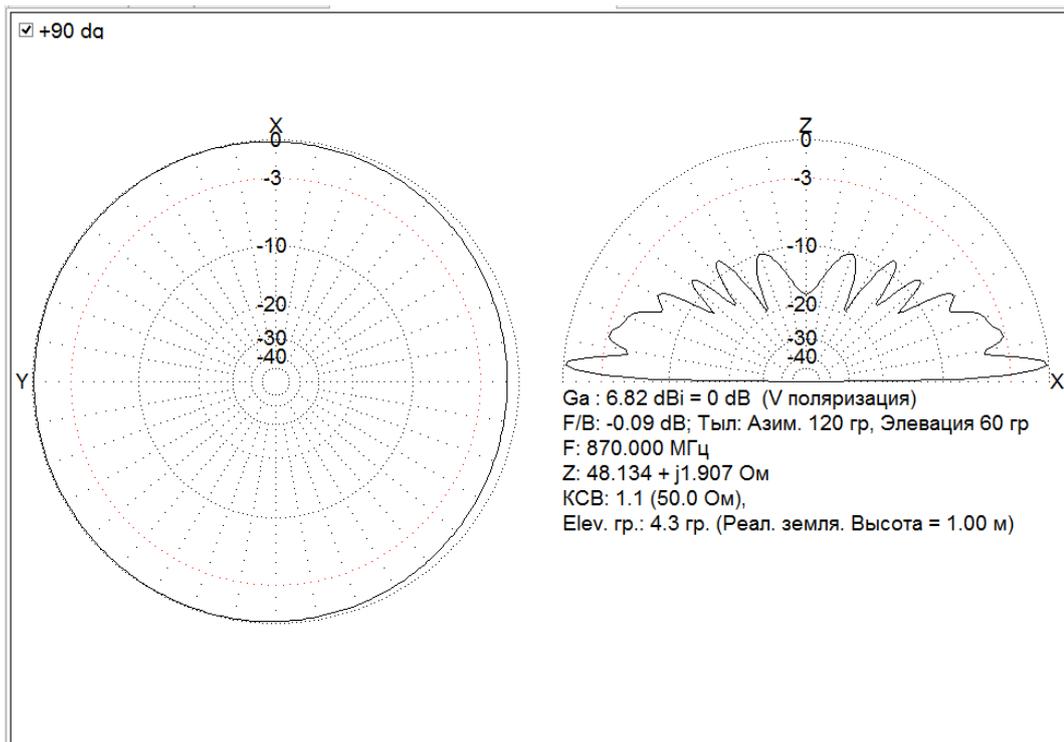
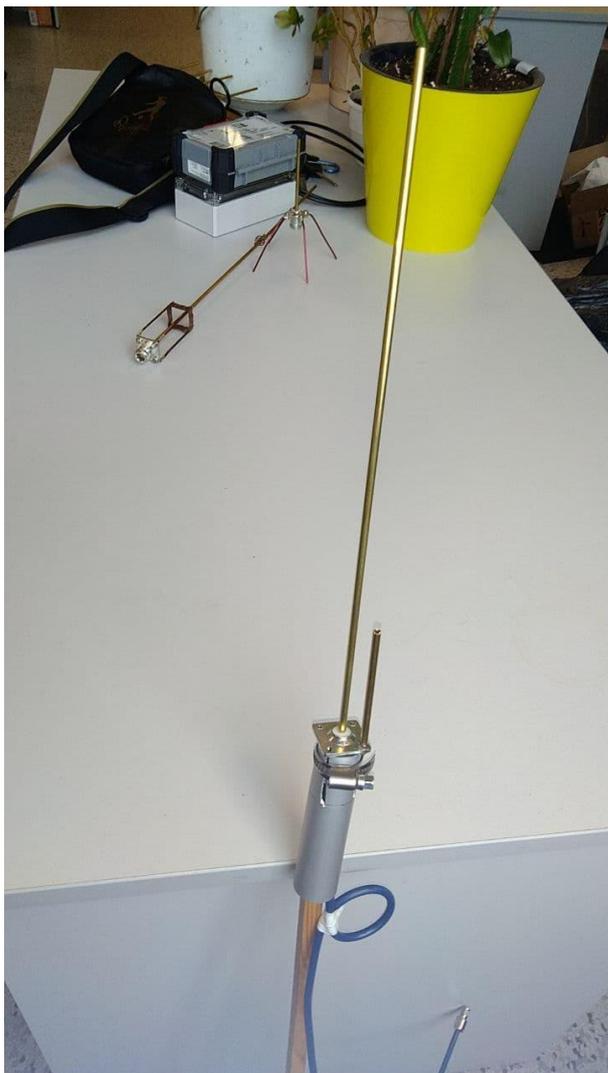


Диаграмма направленности и коэффициент усиления антенны (смоделировано).



Еще пару фотографий для понимания.



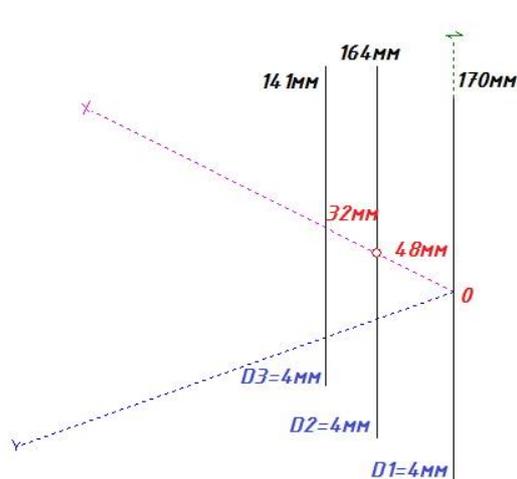
Для точной настройки антенны автор установил в качестве крепления второго элемента винт М3 длиной 20 мм. Необходимо слегка сжать основание трубки плоскогубцами (осторожно!), чтобы она плотно накрутилась на винт.

Конструкция 4. Простая 3-элементная антенна типа «Яги» (она же «Волновой канал»).

У неё честный коэффициент усиления 7 дБи (4,8 дБд). Антенна спроектирована таким образом, чтобы обеспечить максимально возможную диаграмму направленности для трёх элементов — около 120...130 градусов. Это позволяет добиться минимально возможной длины траверсы. Технологически это удобно!

Практическое применение такой конструкции - размещение антенны на окне или балконе дома. Задний лепесток диаграммы направленности антенны максимально подавляется, и энергия маломощного Meshtastic-устройства не тратится на поглощение энергии вашим домом. Желательно, чтобы перед фасадом дома было свободное пространство. Тогда дом создаёт дополнительно небольшое усиление антенны.

Возможное дальнейшее развитие конструкции — это размещение платы LoRa и ESP32 на одной плате с траверсой. В результате получилась конструкция с большим радиусом действия. Если усиления 7 дБи в вашем случае недостаточно, плата может предусматривать расширение до 5...9 элементов. 9 элементов получаются длиной около 50...80 см (в зависимости от желаемого усиления). Всего в одном корпусе 3 элемента уместятся в размер 190 x 120 мм (с запасом, при желании можно уменьшить).



Ky=7dBi

F/B=14dB

Directional pattern: 130deg

Size: 170mm(H) x 80mm(L)

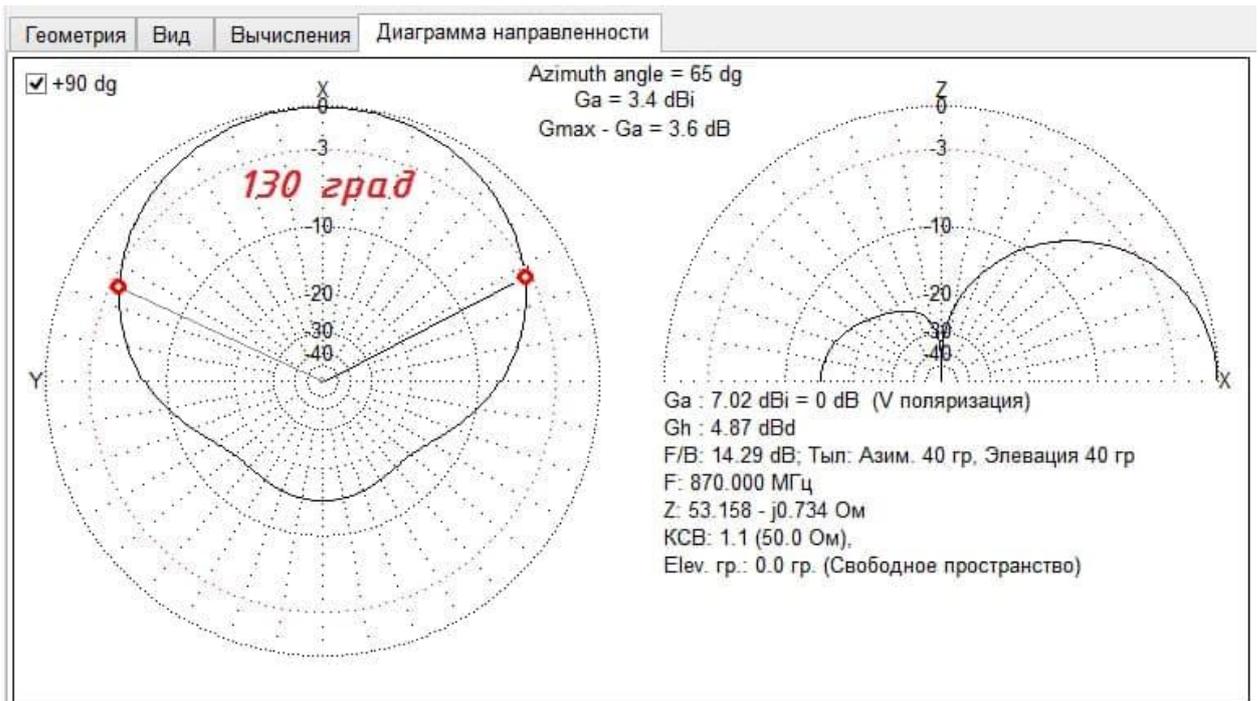
Tubes material - brass

Autor: @NanoVHF

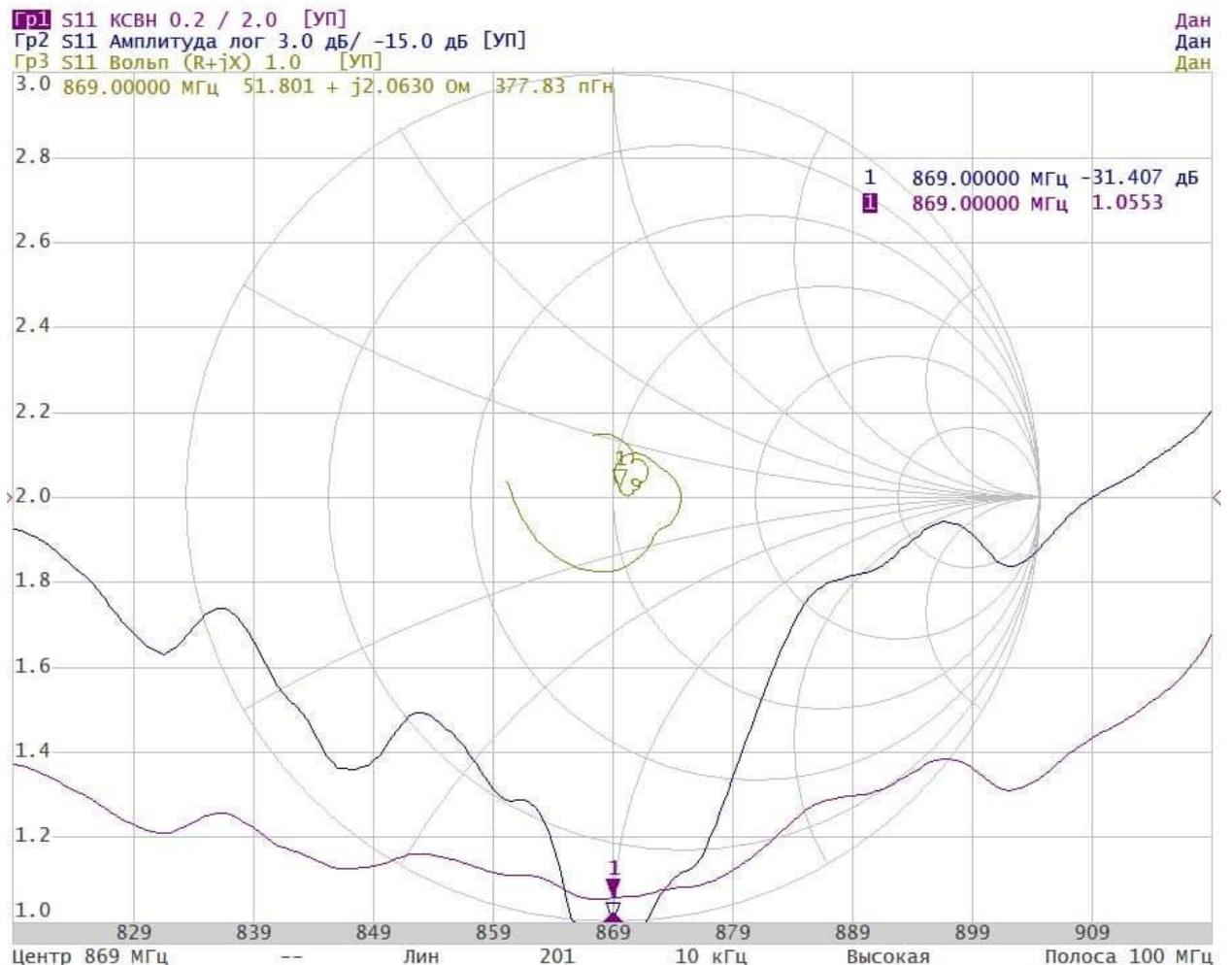
TLGR: @Meshtastic_SPB

PRJ:Meshtastic_Diy_Ant

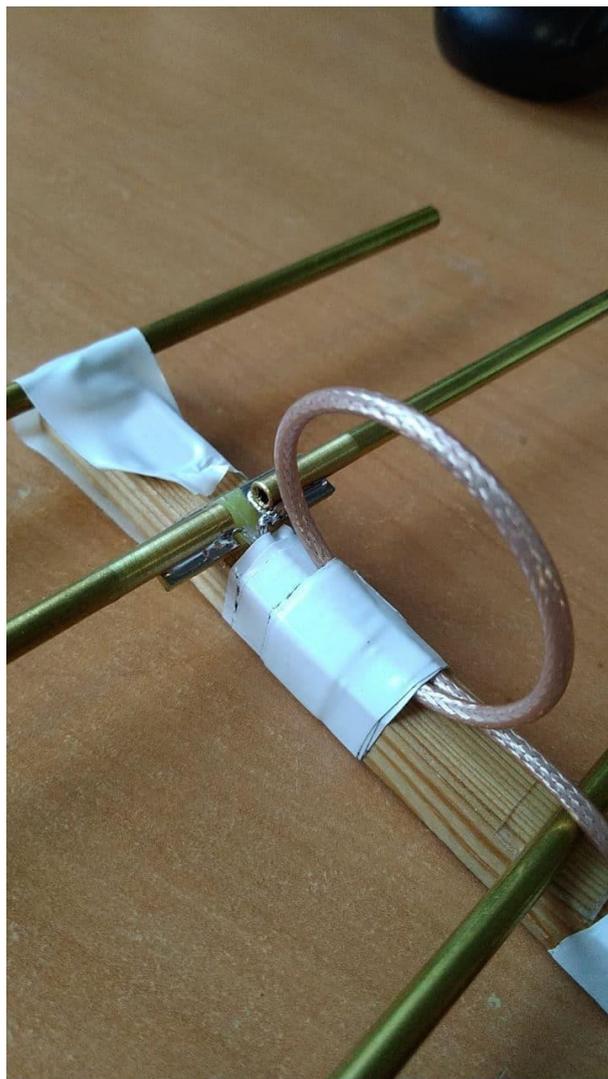
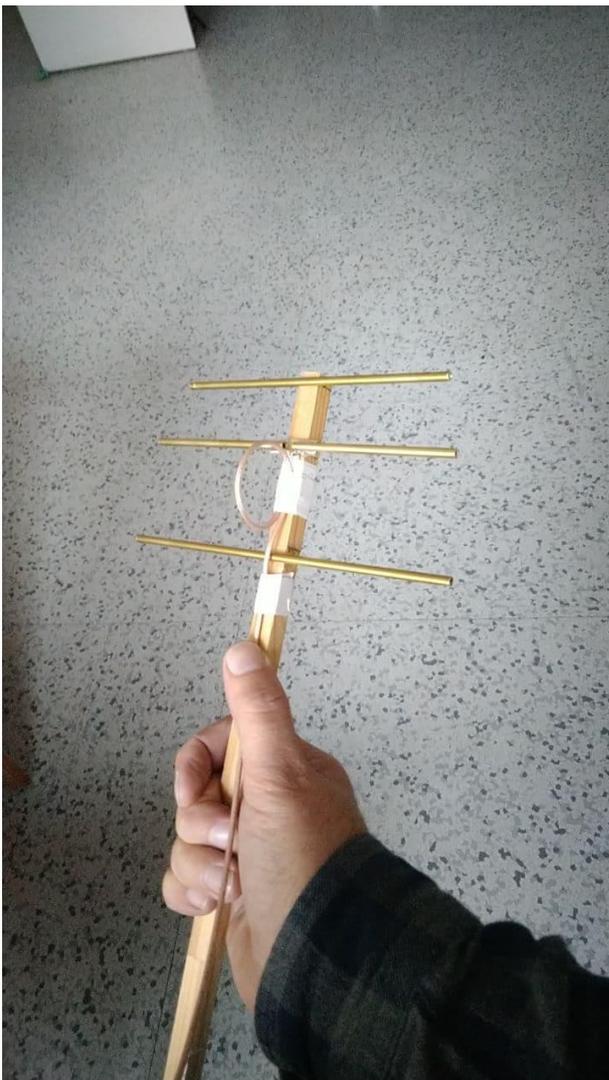
Диаграмма направленности и коэффициент усиления антенны (смоделировано).



Замеренные параметры живой антенны: SWR, LogMag, Смит

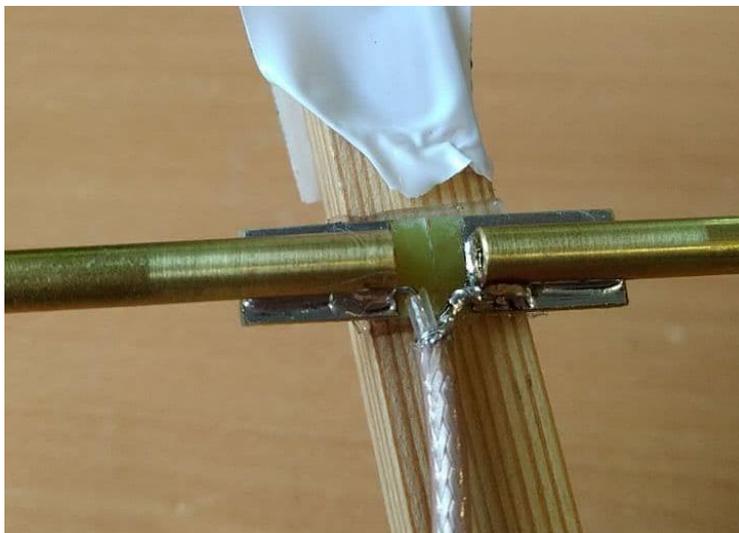


Первый прототип

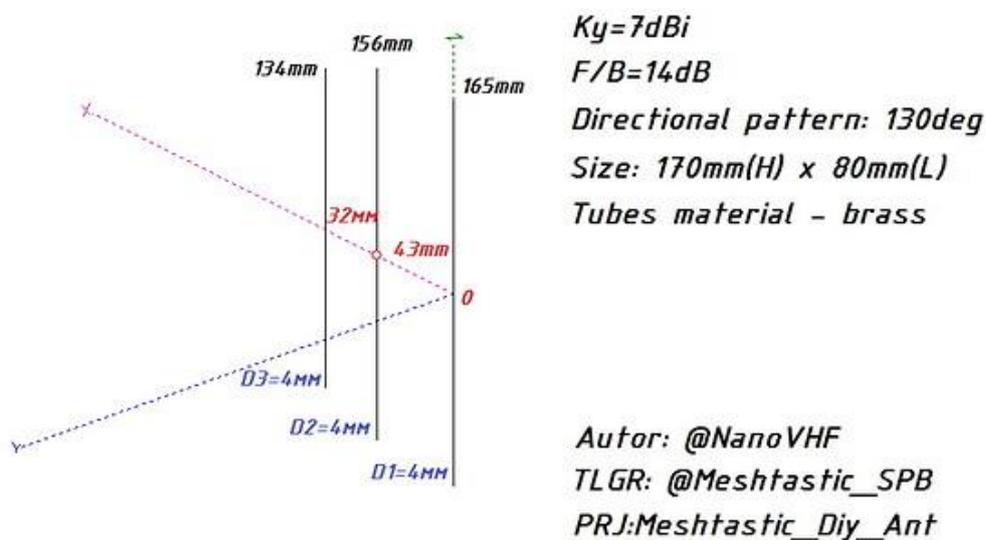


Для уменьшения влияния кабеля делаем кольцо диаметром 2...3см.

Печатная плата из ламината FR-4 размером 25x5x1(1,5) мм со снятием меди 5 мм по центру заготовки. Зазор включен в общую длину активного элемента 164 мм. Коаксиальный кабель: Radiolab RG-316U или аналогичный.



Для американской аудитории (или других стран) вариант модели на частоту 915 МГц. В живую автор этот вариант модели не проверял, но теоретически модель должна работать. (У автора модель на 868 МГц, описанная выше, совпала с механическим конструктивом на 100%).



Примечание 1: при повторении конструкции главным условием качественной настройки и работы антенны должно быть отсутствие металлических компонентов между её элементами! Если вы собираетесь изготавливать 3D-конструкцию для печати на принтере, то убедитесь, что ваш материал не содержит графита или металлического порошка!

Примечание 2: конструктивные элементы должны быть изготовлены строго из труб диаметром 4 мм. Они должны располагаться строго в одной плоскости (допуск +/- 1 мм). Если использовать трубы другого диаметра, то параметры могут сильно ухудшиться.

Примечание 3: вы можете смело повторить конструкцию антенны, и она скорее всего будет работать без настройки. Если у вас есть измерительный прибор, такой как NanoVNA V2 или аналогичный, то вы можете выполнить идеальную настройку. Для этого может потребоваться лишь сместить активный элемент ближе/дальше на пару мм от расчётного значения.

В зависимости от технологии изготовления активного элемента, может потребоваться небольшая корректировка его длины. Всё это имеет смысл только при наличии панорамного измерителя КСВ.

Важно: при использовании электро- и механического инструмента и паяльного оборудования обязательно соблюдайте правила техники безопасности!!!

Пара фото от коллеги Владислава



Часть 2. Универсальная базовая направленная антенна с возможностью нарастить количество элементов и усиление.

По прошествии пары лет после написания первой части, была проделана работа по моделированию и оптимизации нескольких конструкций антенн в приложении темы Meshtastic. Автор старался учесть множество мнений в профильных телеграмм-чатах, моих возможностей и разных нюансов. Результатом этой работы стало появление базовой конструкции из 3 элементов типа «Яги». Питание антенн выполнено по канонам радиотехники через балун на печатной плате. Т.е. питание антенны должно было сделано правильно и исключить влияние кабеля и др. механических нюансов разных пользователей! Для данной конструкции была разработана печатная плата с основанием для крепления удлинителя. Этот удлинитель, в зависимости от ваших задач, позволяют нарастить от 4 до 8 элементов типа «Яги». Автор свёл параметры всех представленных конструкций в таблицу. Там же указаны и размеры всех элементов. Вам будет легко подобрать необходимое количество элементов для вашей задачи если вы не будете лениться и сделаете хотя бы простейший просчёт трассы.

Представленные модели и конструкции не являются «абсолютно конечными». Это попытка найти оптимум между удобством изготовления, параметрами антенн и вашей возможной квалификацией слесаря-механика. Так же, 8 элементов не является конечным возможным количеством. Это количество было выбрано из удобства выполнения траверсы крепления. Элементов может быть и 9 и 12 и 15. Как пример, во время экспериментов с товарищами на 9 элементную антенну длиной почти 2 метра удалось установить связь между Санкт-Петербургом и Гатчиной. И это на голые Meshtastic-модули с мощностью 50...60мВт.

Также, немного поразмышляем немного теоретически, почему стоит делать антенны типа «волновой канал». Это рассуждение касается городского применения узла.

Среди нас есть радиолюбители и, вероятно, даже профессиональные связисты или технические специалисты сотовых операторов. Вопросы использования разных антенн поднимаются постоянно, и часто звучат классические клише из радиосвязи.

Согласно канону классической радиосвязи, если антенна находится на крыше и видит всех вокруг, то вертикальная коллинеарная антенна или многоэтажные диполи - лучшее решение для обеспечения дальности связи. С этим здесь никто не спорит! Классика! Но, в применении к теме мешастика есть

несколько характерных особенностей, где это правило применимо ограниченно.

Рассмотрим эти особенности:

- Мощность большинства устройств составляет всего 50...60 мВт.
- Всего 3...5 прыжков.
- Большинство жителей города ведут трансляцию из окна или балкона.

Это значит, что модулю желательно «кричать» не всем вокруг, а хотя бы докричаться до мощной базы ретранслятора/ключевого узла. В применении к тому, что большинство городских абонентов вещают в основном из окна, очень желательно сосредоточить излучение в направлении «из дома» или, по крайней мере, минимизировать поглощение излучения домом. Была смоделирована 3-эл Яги так, чтобы максимальное излучение приходилось на максимально возможный сектор в ограничении окна или балкона, т.е. 180 градусов. Но, полностью 180 градусов 3 элемента не умеют, а вот в 130...140 градусов создать удалось, не потеряв при этом в усилении. С такой антенной эффективность излучения (вероятность связи с ближайшим абонентом) оказывается на порядок лучше, чем у штатной антенны устройства. Это работает за счет лучшего усиления и хорошего формирования диаграммы направленности антенны. Далее мы рассмотрим случай, когда узел расположен среди большого количества железобетонных зданий. При использовании трёх элементов Яги МОЖЕТ возникнуть непредсказуемое многолучевое распространение сигнала, и эффективность излучения (вероятность связи) может существенно снизиться (тут требуется опыт для понимания куда и как направлять антенну). Чтобы хоть как-то компенсировать потери сигнала от многолучевого распространения, мы ещё больше сжимаем диаграмму направленности антенны и увеличиваем коэффициент усиления, то есть делаем многоэлементную антенну и выбираем направление, куда сигнал будет отражаться, чтобы достичь ближайшего мощного узла.

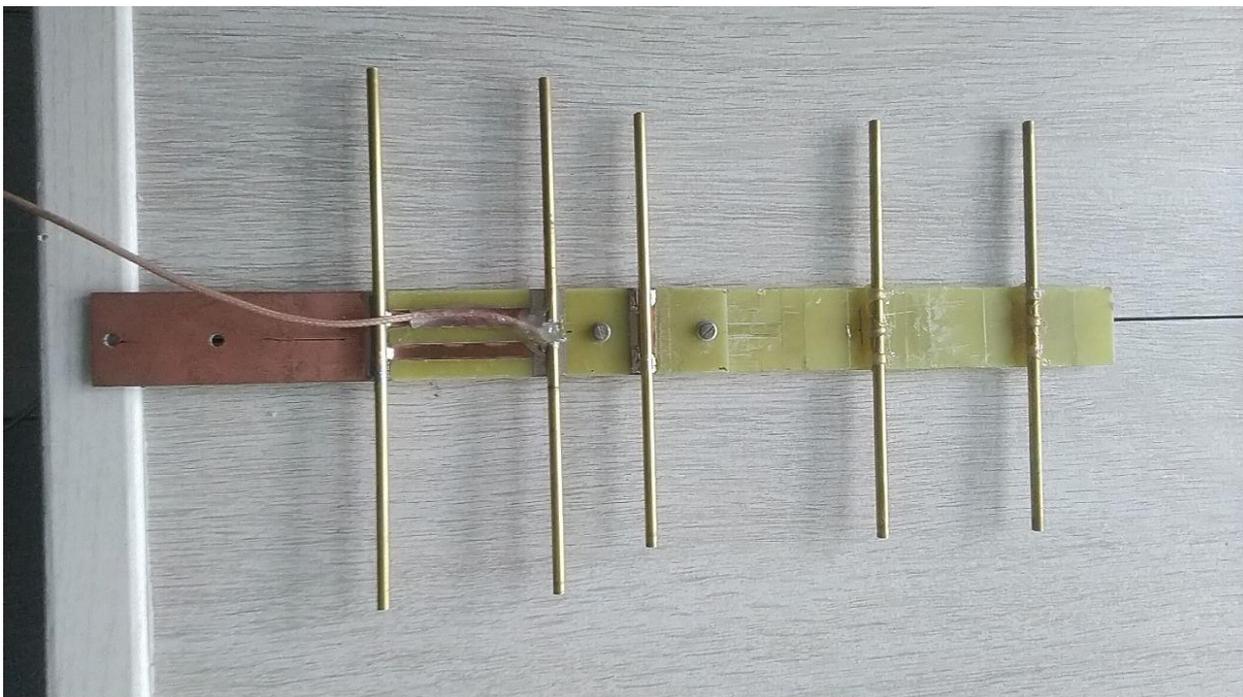
Для построения правильной сетевой инфраструктуры нужен классический канонический подход - здесь автор на 100% ЗА: хорошая коллинеарная антенна, мощный узел как можно ближе к антенне и как можно более высокая точка установки. Это идеальный случай. На практике ситуация несколько иная. Люди, имеющие возможность поставить мощные узлы, живут на окраинах города, а значит, круговая диаграмма пока не имеет смысла. На мой взгляд, имеет смысл поставить 2...3 антенны типа «яги» в 4 этажа и перекрыть город секторами по 120 градусов.

Ещё раз хочу подчеркнуть — мои рассуждения не являются истиной в последней инстанции, это «мысли вслух».

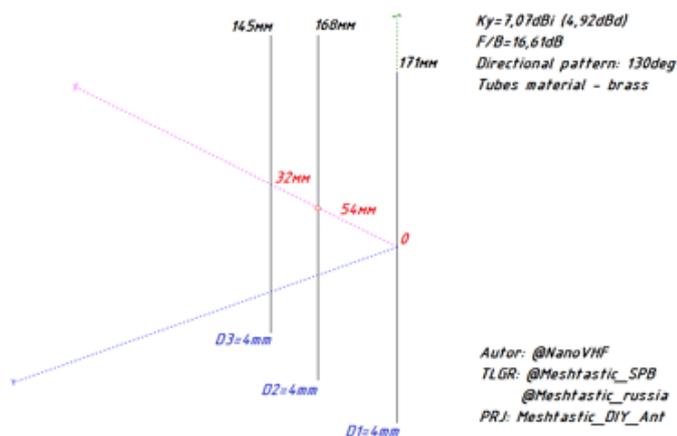
Конструкция

5.

Это снова трехэлементная Яги, но выполненная на печатной плате с каноническим ВЧ-питанием и расширением до 4...8 элементов.



Примечание: у автора нет 3D-принтера и навыков работы с механикой. Поэтому, возможно, фото выглядит как жалкая колхозная самоделка. Обладатели высоких современных технологий могут усовершенствовать конструкцию и призываются к сотрудничеству в профильных телеграмм-сообществах!



На печатной плате предусмотрены отверстия для крепления на балконе или другом механическом основании (мачте, перилах и т.п.). Дополнительные отверстия предназначены для крепления планки удлинителя траверсы и количества элементов. Как это сделать дома? Автор предлагает вам проявить

фантазию. Но, в целом, минимальный набор для базового применения вы получаете «из коробки» проекта.

Печатная плата выполнена в программе Sprint-Layout 6 (вы легко найдёте программу в интернете). Плата доступна для общего пользования. Если наши китайские друзья решат скопировать плату антенного основания для применения в диапазонах 868/915 МГц, то автор не против – этот шаг будет способствовать развитию проекта.

Фактический прототип антенны.



Фотография печатной платы из программы:

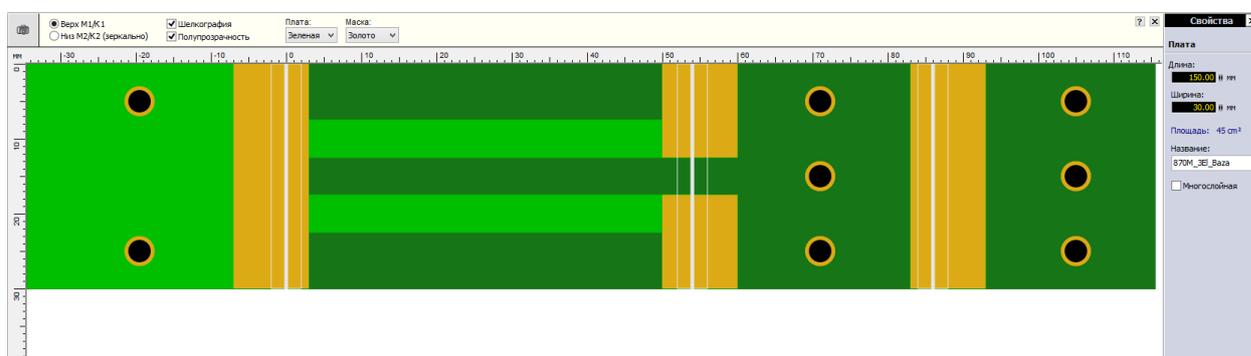
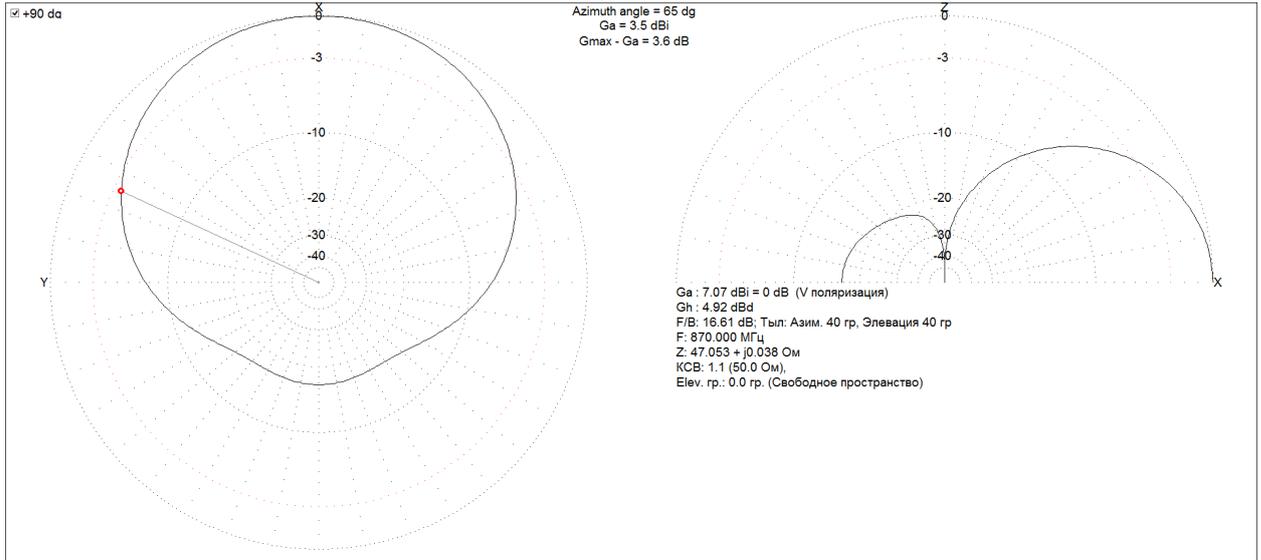
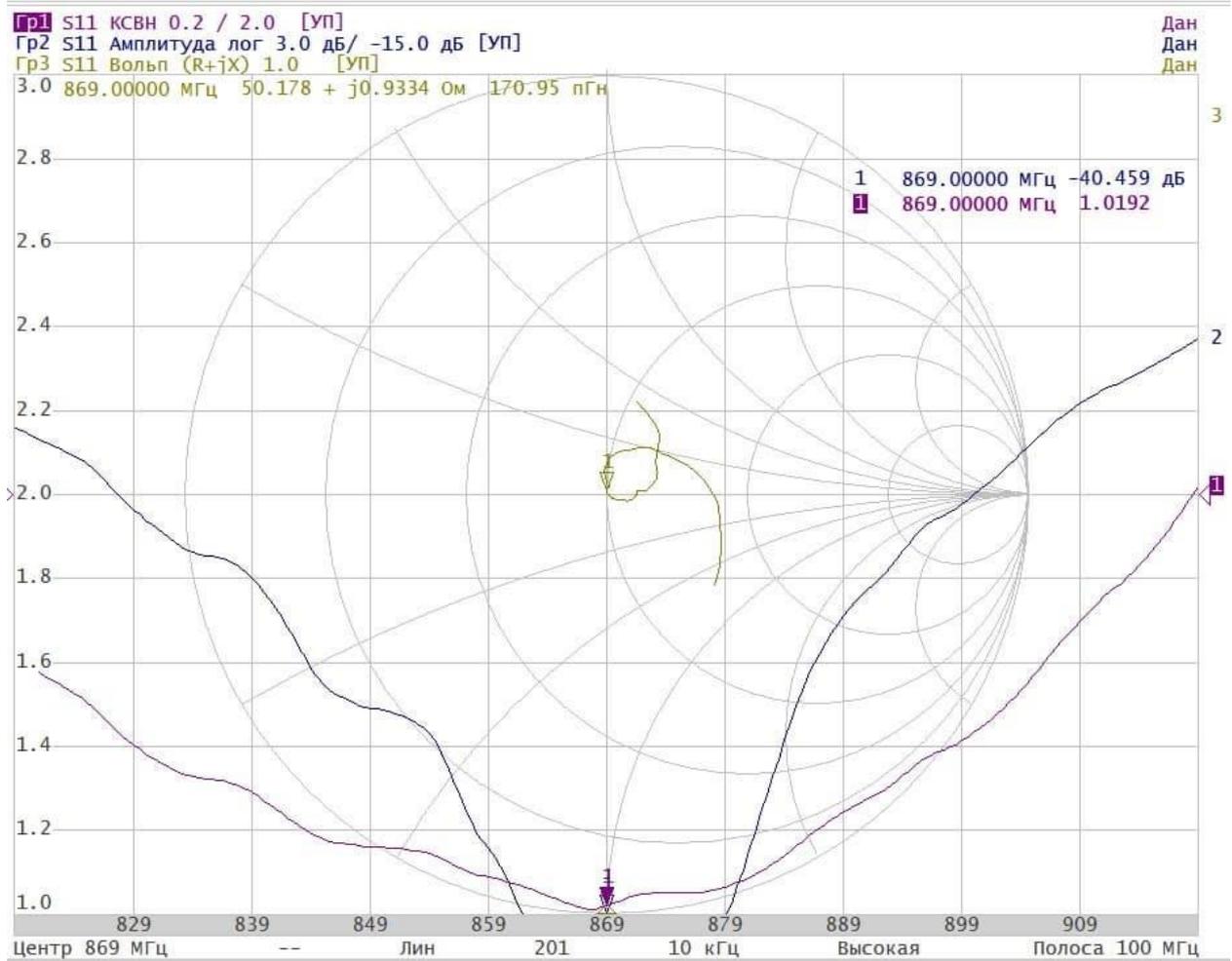


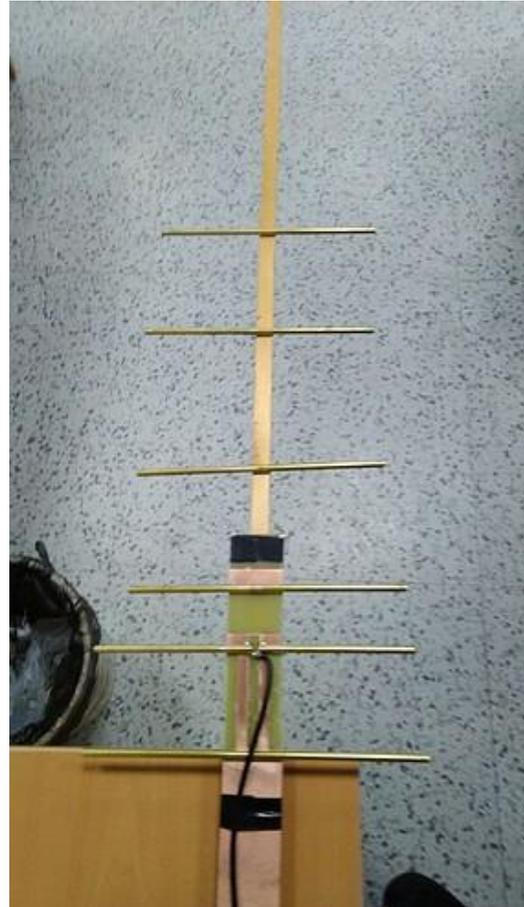
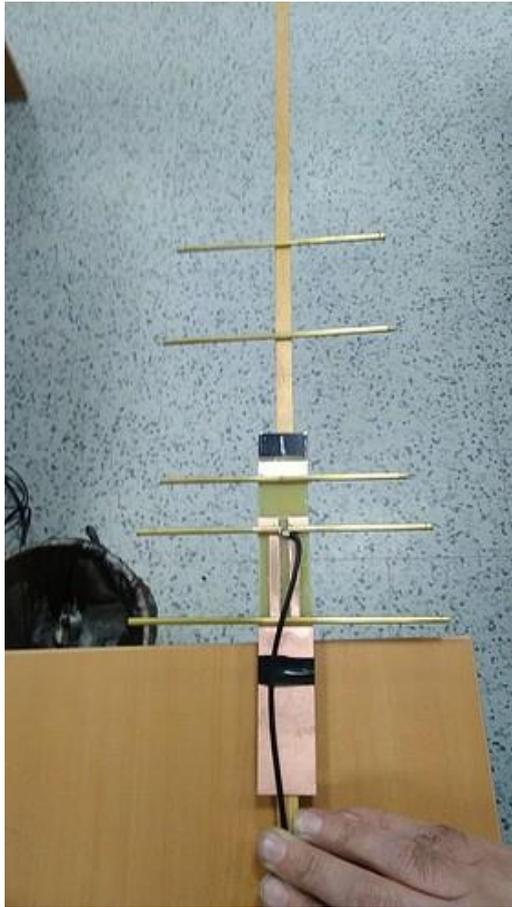
Диаграмма направленности и коэффициент усиления антенны.



Замеренные параметры живой антенны: SWR, LogMag, Смит



Фотографии протестированных мной удлинителей из 5 и 6 элементов:



Для того чтобы антенна имела высокий коэффициент усиления, необходимо увеличить количество элементов.

Сравнительная таблица параметров антенн из разного количества элементов:

A	B	C	D	E	F
<i>Elements</i>	<i>Ky (dBi)</i>	<i>Ky (dBd)</i>	<i>F/B (dB)</i>	<i>Direct (grad)</i>	<i>Length (mm)</i>
3	7,07	4,92	16,62	130	86
4	9,28	7,13	14,11	84	172
5	10,53	8,38	23,72	60	260
6	11,35	9,2	13,61	56	330
7	12,1	9,95	20,55	46	438
8	13,28	11,13	17	40	637

Таблица длин и расстояний между элементами:

№ elements	3		4		5		6		7		8	
	Distance (mm)	Length (mm)										
1	0	171	0	171	0	171	0	171	0	171	0	171
2	54	168	54	168	54	168	54	168	54	168	54	168
3	32	145	35	151	32	150	32	150	32	150	32	150
4			83	142	98	150	68	145	94	145	99	145
5					76	145	93	145	77	145	105	145
6							82	145	101	145	136	145
7									80	145	111	145
8											100	145

Примечание 1: представленные конструкции являются «средними оптимальными и альтернативными», собранными с учетом удобства слесарных работ (почти все элементы направляющих имеют размер 145/150 мм).

Примечание 2: при сборке и настройке антенн крайне желательно использовать векторный анализатор характеристик антенн. Например, NanoVNA V2 (версия V2 измеряет гораздо лучше, чем V1 на частоте 900 МГц).

Существует вероятность, что после сборки вашей антенны некоторые параметры могут измениться по частоте. Это может быть связано, например, с другими параметрами печатной платы на частоте 900 МГц, чем те, что есть у меня. Если у вас такой случай, то можно немного сместить элементы на 1...3 мм по бокам. Я сделал для этого специальный запас. Также есть вероятность, что длину активного элемента антенны придётся немного укоротить или, наоборот, увеличить. СВЧ-антенны очень капризны и таят в себе множество непредсказуемых сюрпризов, порой неприятных. Именно поэтому я настоятельно рекомендую изготавливать антенны с помощью измерительного прибора! Если вы хотите действительно качественную антенну, это важно!

Примечание 3: при повторении конструкции главным условием качественной настройки и работы антенны должно быть отсутствие металлических компонентов между её элементами! Если вы собираетесь изготавливать 3D-конструкцию для печати на принтере, то убедитесь, что ваш материал не содержит графита или металлического порошка!

Примечание 4: конструктивные элементы должны быть изготовлены строго из труб диаметром 4 мм. Они должны располагаться строго в одной плоскости (допуск +/- 1 мм). Если использовать трубы другого диаметра, то параметры могут сильно ухудшиться. Модели нужно будет пересчитывать.

ВАЖНОЕ ПРИМЕЧАНИЕ : При использовании электро- и механического инструмента и паяльного оборудования обязательно соблюдайте правила техники безопасности!!!

В заключении, автор ещё раз приглашает всех, кто заинтересовался и умеет создавать механические конструкции, обсудить представленный выше материал и дополнить его своими практическими реализациями и механической практикой. Это можно сделать в нескольких профильных сообществах в телеграмм-чатах.

Все модели антенна для программы MMANA и модель платы вы найдёте по адресу:

<https://github.com/NanoVHF/Meshtastic-DIY/tree/main/Antennas>

Адреса сообществ:

- Официальный сайт проекта: meshtastic.letstalkthis.com
- Русскоязычный сайт: meshtastic.ru/meshtastic
- Общероссийская телеграмм-группа: t.me/meshtastic_russia
- Телеграмм-группа г.Москва: t.me/meshtastic_moscow
- Телеграмм-группа г.Санкт-Петербург: t.me/meshtastic_spb
- Телеграмм-группа г.Краснодар: t.me/meshtastic_krd
- Телеграмм-группа г. Екатеринбург: t.me/Meshtastic_EKB
- Телеграмм-группа г. Новосибирск: t.me/meshtastic_nsk