

# РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ ПЕРЕДАЮЩЕЙ ЗОНТИЧНОЙ АНТЕННЫ ДИАПАЗОНА 140 - 200 МЕТРОВ

Комаров Сергей Николаевич,

Московский технический Университет связи и информатики, старший преподаватель, радиоинженер,  
Москва, Россия [komarov@radiostation.ru](mailto:komarov@radiostation.ru)

Опубликовано:

Журнал REDS: Телекоммуникационные устройства и системы № 2-2020 <http://media-publisher.ru/wp-content/uploads/REDS-2-2020.pdf>

## Аннотация

В статье представлены результаты разработки, конструирования, изготовления, установки и испытания в полевых условиях мобильной передающей антенны зонтичного типа для маломощного радиовещания и радиосвязи. Помимо конструкции антенны описаны приспособления и технология подъёма методом падающей стрелы и представлена сформированная антенная команда (боевой расчёт).

## Ключевые слова

Зонтичная антенна, верхняя емкостная нагрузка, диапазон 200 метров, индивидуальное радиовещание, радиопробег, радиокружок.

## Введение

С 2006 года в России активно развивается инфраструктурный радиотехнический проект Индивидуальное радиовещание по созданию системы технических радиокружков, профориентации подростков и молодежи к выбору своих профессий в инженерных областях радиотехники, радиосвязи и радиовещания.

Данная антенна разрабатывалась для проведения ежегодных летних полевых сезонов в рамках показательных акций «Радиопробег», ориентированных на привлечение подростков и молодежи в радиотехнические кружки, а также для инициирования создания таких кружков по стране. Антенна также может использоваться в стационарных условиях как на грунтовых площадках в сельской местности, так и на крышах городских зданий. Благодаря наличию в конструкции антенны собственной системы искусственной «земли», она может быть установлена на вечной мерзлоте, на льдине, а также на скальном грунте.

Предлагаемая конструкция антенны может быть рекомендована для самостоятельного изготовления в радиокружках при технических колледжах (техникумах), ВУЗах, центрах НТТМ, имеющих хорошую техническую базу и ориентированных на отечественные инженерные разработки и собственные научные исследования.

## Техническое задание.

Разработать мобильную разборную конструкцию передающей антенны для маломощного радиовещания и связи.

Диапазон частот 1400 – 2200 кГц.

Подводимая мощность в мобильном варианте не более 200 Вт, в стационарном варианте, не менее 500 Вт.

Поляризация – вертикальная.

Диаграмма направленности – круговая.

Сопротивление излучения  $\geq 16 \Omega$  (при  $f \geq 1449$  кГц).

Реактивная часть входного сопротивления  $< 150 \Omega$ .

Полоса по уровню минус 1 дБ  $\geq 36$  кГц.

КПД антенного контура не хуже 95%  
КПД антенны с учётом реального заземления не хуже 50%.

Искусственная мобильная система заземления и противовесов.

Встроенные приспособления для подъёма и установки.

Возможность изготовления единичных экземпляров антенны в мастерских, имеющих парк токарных, фрезерных и сверлильных станков.

Использование отечественных материалов и покупных деталей.

Условия эксплуатации, ветровые нагрузки, климат – преимущественно, средняя полоса России.

Время развёртывания на грунтовой площадке командой из 4-х человек не более 6 часов.

Время свёртывания не более 3 часов.

Рабочая команда (боевой расчёт) 4 человека.

Транспортировка антенны в разобранном виде на верхнем багажнике УАЗ 39625.

## Инженерные соображения разработчика

Антенна вертикальная, мачтовая, трубчатая, телескопическая. Длина секций мачты не более 4,5 м. Материал Д16Т. Мачта антенны - на изоляторе. Питание – в основании мачты. Геометрическая высота не менее  $\lambda/8$  (26 метров). Для увеличения электрической длины до  $\lambda/4$ , на конце антенны – емкостная нагрузка в виде звёздочки.

Заземление в точке питания антенны в виде стальных колец, вбиваемых в землю. Под антенной – искусственная земля – «юбочка заземления» из 12 радиальных проводников, соединённых на концах по кругу.

Предварительно антенна была отмоделирована в программе MMANA-GAL в таком виде (рис. 1).

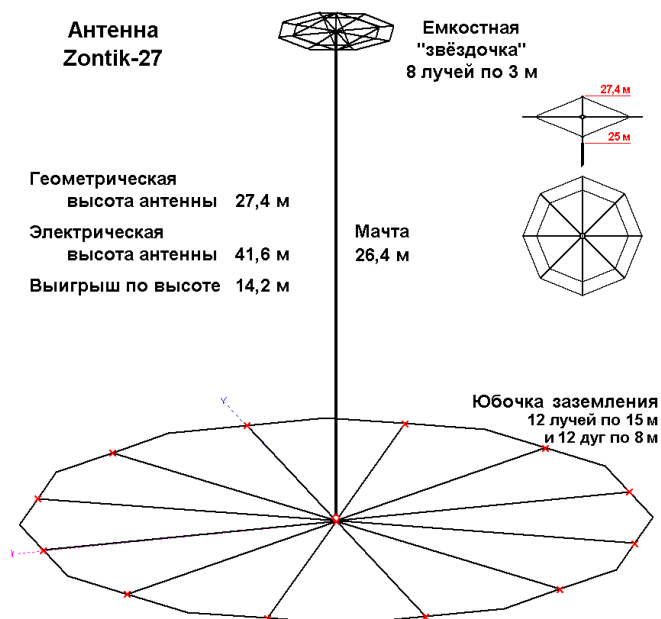


Рис. 1. Схематическое изображение антенны.

Число ярусов оттяжек не более 4-х. Оттяжки - на три стороны. Оттяжки – трос из нержавеющей стали, разбитый изоляторами через каждые 3 метра.

Подъём антенны методом падающей стрелы. Падающая стрела – составная из двух приставных алюминиевых лестниц по 4 метра длиной. Подъёмная лебёдка – ручная с длиной троса 10 метров или передняя автомобильная (УАЗ 39625), с электроприводом.

### Компенсация реактивности.

Резонансную частоту антенны выбираем посередине диапазона (1800 кГц), варьируя высотой мачты. По результатам моделирования, при выбранных размерах и конструкции ёмкостной нагрузки она получается 27,4 м. Компенсировать реактивную составляющую входного сопротивления антенны в нижней части диапазона (1400 – 1800 кГц) можно будет индуктивностью, а в верхней (1800 – 2200 кГц) – ёмкостью. На эквивалентных схемах антенны (рис. 2) искусственная земля из 12-и радиальных медных проводников условно показана горизонтальными проводами, подключёнными между сопротивлением излучения и сопротивлением заземления.

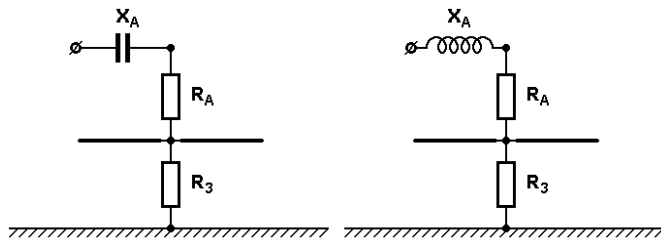


Рис. 2. Эквивалентные схемы антенны.

Компенсацию реактивной составляющей входного сопротивления антенны [1] проведём с помощью удлинительной катушки и включённой последовательно переключаемой гирлянды конденсаторов (рис. 3). В этом случае в верхней части диапазона можно будет использовать ту же самую ёмкостную гирлянду без удлинительной катушки. При использовании конденсаторов КСО-8, допустимый ток через гирлянду 2 А. При токе до 3,5 А следует применить конденсаторы КСО-13. При параллельном соединении трёх конденсаторов КСО-13 ёмкостью 2700 пФ в каждой позиции, ток через такую гирлянду может достигать значения 6А. В этом случае потребуется двухплатный переключатель ПЩ 15П2Н1 с запараллеленными одноимёнными контактами.

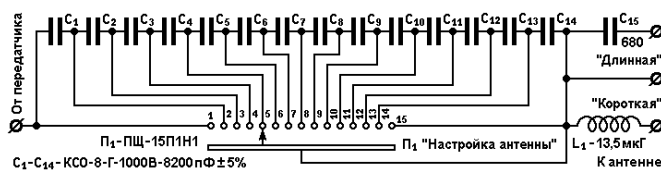


Рис. 3. Устройство компенсации реактивности.

Удлинительная катушка L1: 13,5 мкГ (15 мкГ для нижней частоты 1400 кГц), 15 (16) витков. Литцендрат-7хМС-0,22, виток к витку на самодельном ребристом каркасе КР65х77 [4]. Добротность 165 на частоте 1584 кГц (собственные потери в катушке 0,8 Ома). Допустимый ток через катушку 6А.

В случае использования этого согласующего устройства для других более длинных антенн, в него можно установить дополнительный укорачивающий конденсатор С15 типа: К15У-2-2кВ-2,5кВАр-М1500-680пФ±10% или КТК-5кВ-1,2кВАр-680мккФ±10%

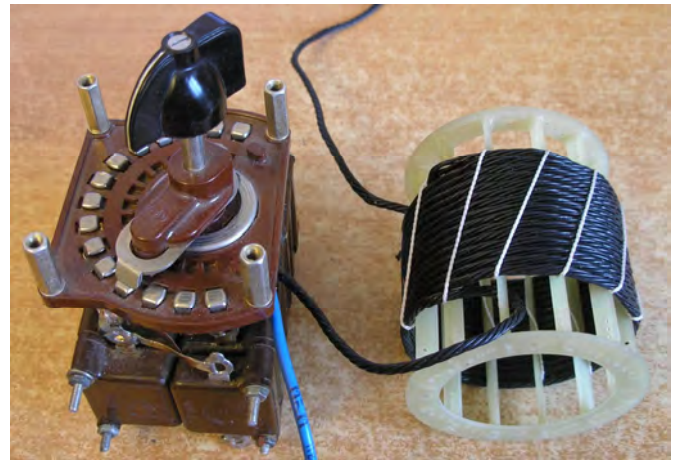


Рис. 4. Переключаемая гирлянда конденсаторов КСО-8 на 600 / 8200 пФ и удлинительная катушка.

### Антенна-мачта высотой 27,4 м

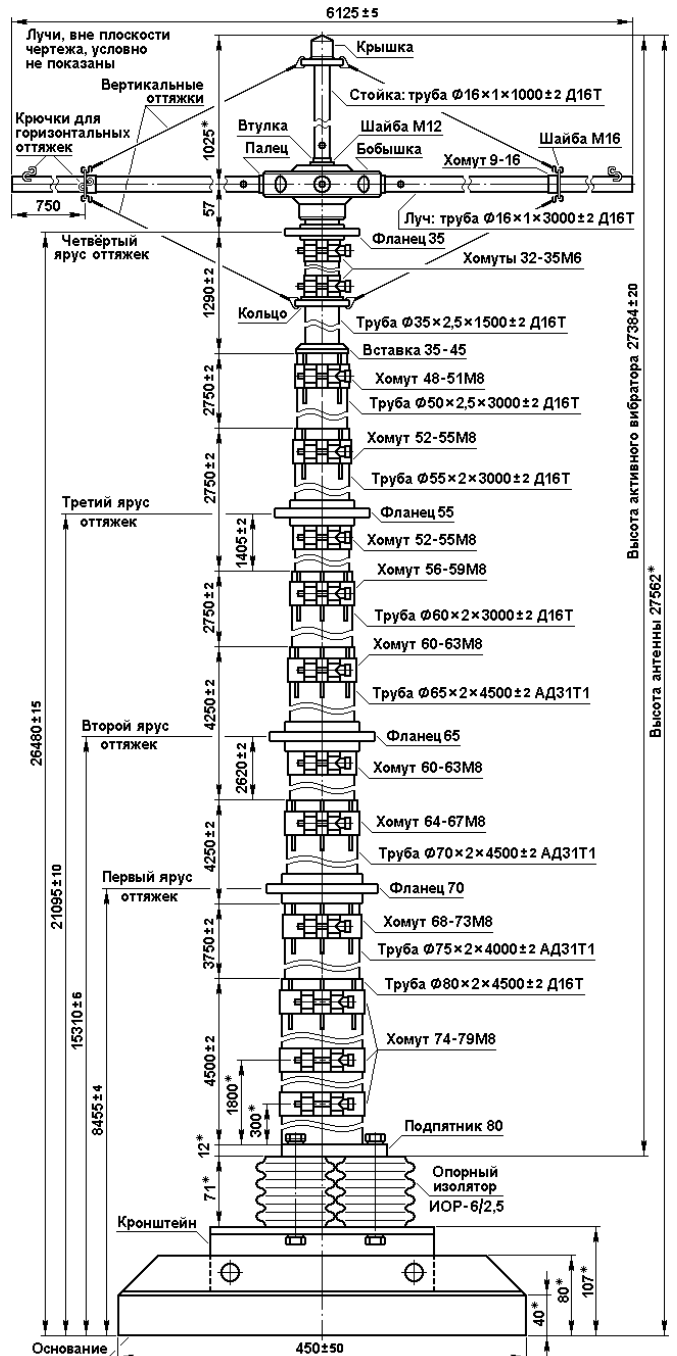


Рис. 5. Сборочный чертеж мачты.

В статье не приводятся чертежи всех деталей антенны, поскольку нет цели публиковать комплект конструк-

торской документации, необходимый для её изготовления, эксплуатации и возможного ремонта. Целью статьи является ознакомление с имеющейся инженерной разработкой. Более подробное описание антенны со всеми чертежами будет приведено в отдельной книге из серии «Индивидуальное радиовещание», анонсируемой на сайте проекта ИРВ [www.cqf.su](http://www.cqf.su)

В состав антенны входят следующие основные узлы:

Верхняя емкостная нагрузка в виде Звёздочки: 8 лучей по 3 метра Ø 16 мм (рис. 6). Они растянуты в двух плоскостях тросом Ø 2 мм из нержавеющей стали. Основание Звёздочки – дюралева труба Ø 35 мм.

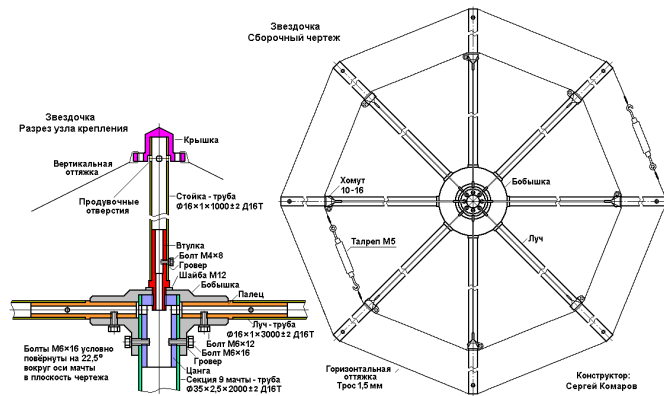


Рис. 6. Звёздочка. Сборочный чертёж.

Собственно мачта антенны, состоит из семи секций:

7 секция - Ø 50 мм, длина 3 м.

6 секция - Ø 55 мм, длина 3 м.

5 секция - Ø 60 мм, длина 3 м.

4 секция - Ø 65 мм, длина 4,5 м.

3 секция - Ø 70 мм, длина 4,5 м.

2 секция - Ø 75 мм, длина 4 м.

1 секция - Ø 80 мм, длина 4,5 м.

Верхний конец каждой секции имеет цанговые прорези, которыми с помощью силового хомута зажимается нижний конец следующей секции мачты. Перехлест составляет 250 мм, чего вполне достаточно для прочности конструкции. Таким образом, выдвинутая длина каждой секции, кроме первой, на 250 мм меньше, чем длина трубы. На 3, 4, 6 секциях и в основании звёздочки установлены 4 фланца для крепления оттяжек. Высота мачты от опорного изолятора до узла крепления основания звёздочки к мачте - 25 м. Высота звёздочки – 2,4 м.

Внизу мачты расположены опорные изоляторы, поворотный кронштейн для подъёма и квадратное сварное основание 500 x 500 мм из стальных уголков 40x40x4 мм.

Устройство и расположение оттяжек на мачте показано на рис. 7 (повернуто). В верхнем левом углу рисунка

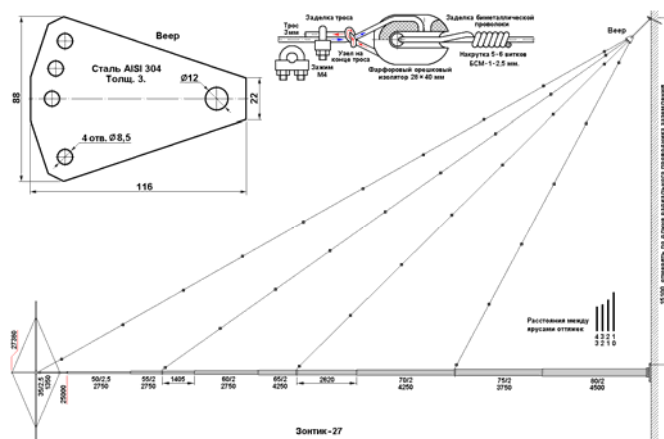


Рис. 7. Оттяжки и их крепление к мачте.

показан узел крепления оттяжек к опорному колу. То есть, сначала оттяжки всех четырёх ярусов крепятся к стальному вееру, и лишь затем веер с помощью цепи крепится к рым-гайке стального кола, вбитого в землю. Такое групповое крепление оттяжек удобно при установке антенны, когда после подъёма надо перенести оттяжки с подъёмных на штатные колья, расположенные под углом 120 градусов.

Выбранная для установки площадка размечается в соответствии с чертежом (рис. 8), и затем на ней собирается антенна. Собранная антенна укладывается на три технологических подставки (козлы) высотой 1; 2 и 3 метра.

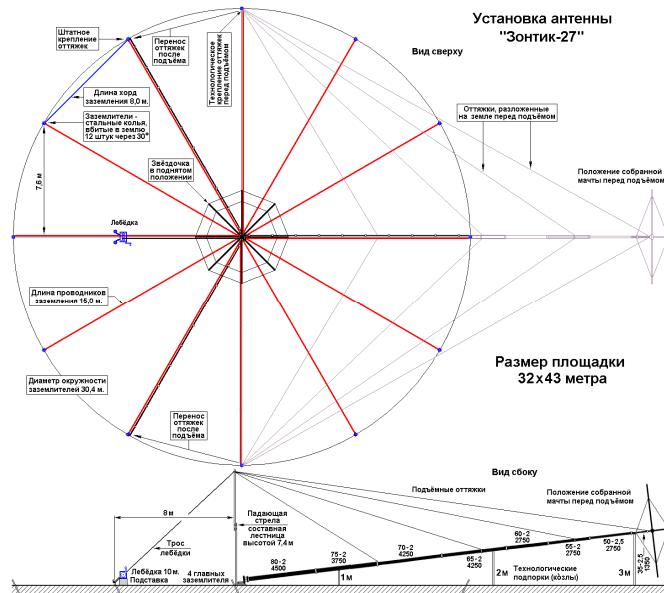


Рис. 8. Разметка площадки и сборка антенны.

По окружности, диаметром 30,3 м. забиваются 12 кольев-заземлителей (рис. 9).

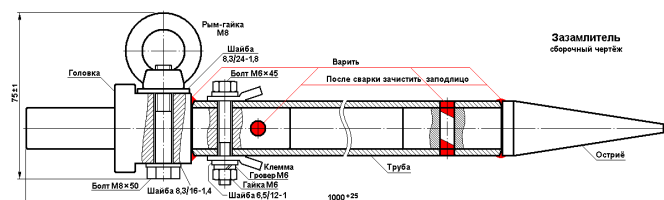


Рис. 9. Кол-заземлитель. Сборочный чертёж.

Он же опорный кол для крепления оттяжек.

Поскольку лишь пять кольев несут опорную функцию (три штатно и два во время подъёма антенны), то их число должно быть не более 10-и. Ещё четыре кола забиваются в центре по углам основания антенны для обеспечения надёжного заземления, и один кол запасной. Остальные колья не несут ни силовой, ни контактной функции, нужны лишь для растяжки радиальных проводников «юбочки заземления» и могут быть отрезками стальной арматуры, диаметром 12 – 14 и длиной по 600 мм.



Рис. 10. Колья – заземлители.

Для забивания кольев существует замечательный инструмент – кувалда. Оптимальная масса кувалды 10 кг. Однако, чтобы не расклепать верхнюю часть кола, на него перед монтажом одевается стальной «сапог», принимающий на себя удары кувалды. Работа кувалдой увлекательное занятие! (рис. 11 и 12).



**Рис. 11 и 12.** Забивание кольев-заземлителей.

#### **Технология монтажа заземлителя:**

1. Снимаем с заземлителя (рис. 9) резьбовые изделия.
2. Чистой тряпкой хорошо смоченной в водке или в спирте протираем цилиндрическую поверхность кола. На поверхности кола не должно быть масла.
3. Одеваем на головку стальной «сапог» и по разметке забиваем кол в землю на половину длины.
4. Слегка покачивая, вынимаем кол из земли.
5. Заливаем в отверстие в земле раствор медного купороса  $\text{CuSO}_4$  из расчёта 500 г на ведро воды.
6. Ждём, пока раствор полностью впитается в землю.
7. Вставляем кол в мокрую лунку, одеваем на головку стальной «сапог» и забиваем кол в землю до конца.
8. Вворачиваем в кол резьбовые изделия и соединяем проводники.

#### **Формирование антенной команды.**

Это весьма сложная задача, включающая в себя как технические, так и социально психологические аспекты. Далеко не все компетентные люди способны эффективно работать в команде. Поэтому на первую встречу на поляне я пригласил 18 человек, так или иначе потенциально заинтересованных принять участие в этой работе. Более, чем в 4 раза больше, чем требуется. После общего инструктажа люди разбрелись пообщаться. Поначалу, я даже растерялся. Но постепенно они вспомнили, зачем сюда пришли и стали заниматься делом (рис. 13).



**Рис. 13.** Толпа на поляне сборки антенны.

К вечеру антенну удалось собрать и уложить на козлы. Для толпы относительно случайного народа, где лишь один человек хорошо знает, что надо делать, это большое достижение!



**Рис. 14.** Антенна собрана, заземлители забиты, «юбочка заземления» развёрнута, падающая стрела установлена, оттяжки растянуты и закреплены к подъёмным кольям. Можно поднимать. Но уже темнеет.

Потом было много приключений, антенна трижды падала, дюралевые трубы сворачивались буквально в бараний рог или переламывались как сигареты между пальцев. Поменялась конструкция мачты и падающей стрелы. Добавилась снизу более толстая секция и заново был изготовлен подпятник... Через две недели, впятером (при содействии главного инженера радицентра - хозяина площадки, где устанавливалась антенна) мы её подняли.



**Рис. 16.** Процесс подъёма антенны.

В процессе подъёма останавливались, чтобы сфотографировать (ведь это интересно не только нам). Ну, а как подняли, перенесли на штатное место оттяжки и выровняли мачту, радости было много (рис. 15 и 16).



Рис. 16. Антенна уходит в высь! 27,4 метра стоят!



Рис. 17. Боевой расчёт антенной команды. Команда сформирована и обучена.

Открытая площадка визуально «съедает» размеры антенны. Поэтому заранее, во время контрольной сборки и проверки подгонки всех деталей, я сфотографировал емкостную нагрузку антенны (рис. 18) в большой лекционной аудитории лаборатории радиопередающих устройств МТУСИ. И вот такая звёздочка, лучи которой растянуты 2 мм стальным тросом в двух плоскостях каждый, поднята на высоту девятиэтажного дома.



Рис. 18. Звёздочка антенны в аудитории П-207 МТУСИ.

## Полученные результаты

1. Отработана, проверена в реальных условиях и скорректирована конструкция антенны.
2. При изготовлении антенны использованы только отечественные материалы и комплектующие изделия.
3. Поскольку при подъёме антенны все участники работ находятся на земле и не требуются разрешения на высотные работы, в сборке и установке антенны могут принимать участие члены радиокружков, не достигшие совершеннолетия (разумеется, при условии нахождения на площадке их родителей в качестве членов антенной команды - посторонних на площадке быть не должно).
4. Скорректированный комплект чертежей позволяет начать производство наборов деталей этой антенны для радиокружков при финансовой поддержке и продвижении проекта ИПВ на федеральном уровне.
5. Полученные результаты и опыт позволяют написать методические рекомендации по сборке и установке антенны, как в полевых, так и в стационарных условиях.

## Наработки сверх Технического задания

В процессе разработки антенны приходили новые идеи. После зимы 2009/2010 г., в конструкцию была заложена продуваемость всех деталей и узлов антенны для прогрева и оттаивания её во время ледяного дождя, при эксплуатации в стационарных условиях.

Разработана конструкция антенны высотой 22 метра с 7-ю секциями длиной по 3 метра, с тремя ярусами оттяжек для монтажа на крышах городских зданий. Заземление антенны - на контур здания или на шахту лифта.

Наработки сверх ТЗ, а также чертежи всех деталей антенны и полная спецификация будут приведены в книге «Зонтичные передающие антенны диапазона 200 метров», которая уже готовится и выйдет в серии «Индивидуальное радиовещание» в дополнение к первой книге.

В процессе подготовки этой статьи в № 1 за 2020 год Минского журнала «Радиолобитель» был опубликован иллюстрированный анонс этой статьи, как приглашение заинтересованным специалистам, радиоинженерам и радиолюбителям посетить Отраслевую конференцию, где этот доклад будет представлен в полном объёме.

Результаты моделирования, проверка работы (пробное радиовещание) и измерение параметров антенны «Зонтик-27» изложены в статье: «Исследование передающей зонтичной антенны диапазона 200 метров».

## Литература.

1. Комаров С.Н. Индивидуальное радиовещание. 1. Самодельные передающие антенны диапазона 200 метров. Практическое руководство для руководителей и членов конструкторских радиокружков и радиостанций Индивидуального радиовещания. М.: ООО «ИД Медиа Пабlisher», 2017.
2. Комаров С.Н. Индивидуальное радиовещание. 2. Самодельные радиопередатчики и многофазные синтезаторы частот диапазона 200 метров. М.: ИД Медиа Пабlisher, 2018.
3. Комаров С.Н. Индивидуальное радиовещание. 7. Цели, задачи и общая стратегия. Организация радиотехнических кружков. Вещательная концепция станций ИПВ. М.: ИД Медиа Пабlisher, 2020.
4. Сергей Комаров. Самодельные ребристые каркасы для катушек передатчика. «Радио» 2015 № 5, с. 32, 33.
5. Сергей Комаров. Передвижная разборная передающая антенна «Зонтик-27» (иллюстрированный анонс). «Радиолобитель» 2020 № 1.