

Всероссийский конкурс исследовательских и проектных работ школьников  
«Высший пилотаж»

**Электромагнитные волны – от Максвелла до 4G**

Проектная работа

Направление «Физика»

(в рамках конференции «Авангард»)

Автор: Камзалова Анастасия  
учащаяся 10 класса,  
Губернского лицея, г.Пенза

2024 г.

## Оглавление

Введение .....	2
I Глава. Теоретические аспекты радиосвязи .....	3
1.1 Электромагнитные волны и их применение в жизни .....	3
1.2 Свойства и диапазоны радиоволн .....	4
1.3 Антенна Константина Павловича Харченко .....	5
II Глава: Практическая часть: изготовление антенны Харченко .....	7
2.1 Антенна Харченко для приема DVB-T2 .....	7
2.2 Антенна Харченко для модемов 3G и 4G .....	8
Заключение .....	13
Список использованной литературы .....	14
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	15
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 .....	16

## **Введение**

### **Актуальность:**

Современная жизнь без телевидения и доступа к интернету уже немыслима. Сегодня уже не найти квартиры или частного дома, где нет телевизора. Но зачастую приём сигнала антенной оставляет желать лучшего. Этого можно избежать, приобретя хорошую антенну в магазине, однако такая покупка подразумевает финансовые затраты. Доступ к интернету бывает затруднен, так как провайдеры далеко не всегда способны предоставить качественную линию соединения своим клиентам, ведь надежная связь возможна лишь в области уверенного приема. А она, в свою очередь, ограничивается мощностью передатчика, расположением местности (в низинах сигнал неуверенный), а также дистанцией. Повысить качество сигнала и расширить дальность его приема можно благодаря подсоединению к антенне Харченко для приёма цифрового ТВ, и для 3G или 4G. В числе заводских моделей антенн-усилителей легко отыскать мощные приспособления с высокими характеристиками. Но достаточно часто можно обойтись несложной конструкцией, которую легко собрать из подручных средств собственноручно. Достаточно воспользоваться известной разработкой Харченко.

**Цель работы:** создание антенны Харченко для приёма цифрового ТВ, 3G и 4G сигналов

### **Задачи:**

- изучить научные статьи, учебную литературу по заданной теме;
- создать антенну - приемник для телевизионных сигналов и интернет сигналов.

**Гипотеза:** Антенна Харченко – простое и эффективное устройство для приема слабого сигнала как цифрового телевидения, так и мобильного интернета.

**Объект исследования:** антенна Харченко и ее эффективность.

**Предмет исследования:** антенны для приема радиоволн цифрового телевидения и интернета.

### **Методы работы:**

Научно-теоретический анализ литературы по данной теме,

Консультация с Киндаевым А.А, кандидатом физико-математических наук, доцентом кафедры «Общая физика и методика обучения физике» ПГУ, по теоретическим аспектам работы. Создание экспериментальных антенн, под руководством Овчинникова П.В.- инженера волоконно-оптических линий связи компании «Сибирский медведь».

## **I Глава. Теоретические аспекты радиосвязи**

### **1.1 Электромагнитные волны и их применение в жизни**

Радиоволна - электромагнитное излучение, которое распространяется в пространстве с особой частотой. Слово «радио» произошло от латинского - луч. Одна из характеристик радиоволн - частота колебаний, которая измеряется в Герцах. Так она названа в честь немецкого учёного, физика Генриха Герца. Он получил электромагнитные волны и исследовал их свойства. Колебания волны и её частота связаны друг с другом. Чем выше последняя, тем короче колебания. Радиоволны открыты в историческом масштабе времени совсем недавно, немногим более ста лет назад.

В первой половине XIX в. английский исследователь Майкл Фарадей, открывший и описавший многие законы электричества и магнетизма, высказал теорию, что электромагнитные взаимодействия распространяются на расстояние не мгновенно, а с некоторой, пусть и очень большой, скоростью. Отсюда следовал вывод, что эти взаимодействия, или поля, могут существовать независимо от источника, их породившего. Так было положено начало открытию электромагнитных волн.

Через 100 лет другой английский ученый Максвелл составил систему уравнений, которые обобщают известные опытные законы электричества. Эти уравнения до сих пор служат основой. Из уравнений Максвелла следовало, что могут существовать независимые от источников быстропеременные электромагнитные поля, переносящие энергию и распространяющиеся в вакууме со скоростью  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с. Эта скорость удивительно точно совпала со скоростью света, что позволило предположить, что свет - это тоже электромагнитные волны, хотя и очень малой длины.

Практически электромагнитные волны удалось получить только через 20 лет, в 1886 г., немецкому ученому и экспериментатору Генриху Герцу. Он осуществил их передачу и прием, а также исследовал отражение и преломление.

Знаменитый изобретатель в области электротехники Никола Тесла сконструировал в 1891 г. резонансный трансформатор, позволяющий получать очень высокие напряжения высокой частоты, и высказал мысль о возможности передачи электромагнитной энергии вдоль поверхности земли без проводов. Построенная им в 1893 г. установка для передачи высокочастотной энергии без проводов содержала передающий и приемный резонансные трансформаторы, оснащенные высоко поднятыми антеннами. Практического применения с целью передачи энергии эта установка не получила, вероятно, из-за очень низкого КПД. Но идея передачи сигналов с помощью электромагнитных колебаний уже носилась в воздухе.

Ряд исследователей стремились укоротить длину волны генерируемых колебаний, уменьшая размеры разрядника и совершенствовали приемник, ведь сначала электромагнитные волны регистрировались наблюдением микроскопических искр в зазоре приемного вибратора, а для их возникновения нужна была очень большая напряженность поля.

Позже Попову удалось создать значительно более чувствительный приемник электромагнитных колебаний на основе когерера. Несколько позже аналогичный приемник был изготовлен молодым итальянцем Маркони.

Благодаря работе многих изобретателей дальность радиосвязи возросла с сотен метров до сотен километров.

Применение радиоволн в телевидении имеет тот же принцип. Телевышки усиливают и передают сигнал в телевизоры, и они уже преобразуют их в изображение. Применение радиоволн в сотовой связи выглядит так же. Только требуется более плотная сеть

ретросерсоровных вышек. Эти вышки являются базовыми станциями, которые передают сигнал и принимают его от абонента.

Сейчас распространена технология Wi-Fi, которая была разработана в 1991 году. Ее работа стала возможной после изучения свойств радиоволн и применение их значительно расширилось.

## 1.2 Свойства и диапазоны радиоволн

История антенн насчитывает не многим более ста лет.

Радиоволна содержит два переменных во времени и в пространстве поля: электрическое и магнитное. Оба они перпендикулярны друг другу. Поля не могут существовать независимо: колебания электрического поля порождают магнитное поле, а колебания магнитного поля - электрическое поле, только так, поддерживая друг друга, они и распространяются в пространстве, «оторвавшись» от источника.

Волна распространяется вдоль оси X и путь, проходимый волной за один период колебаний T, называется длиной волны  $\lambda = cT$ .

Период обратно пропорционален частоте колебаний:  $T = 1/\nu$ .

Отсюда следует формула, связывающая частоту колебаний и длину волны:  $\lambda = c/\nu$ .

Кроме частоты колебаний радиоволна характеризуется поляризацией - направлением вектора электрического поля E в пространстве. Радиоволны в однородной среде распространяются прямолинейно.

Радиоволны обладают интересными особенностями:

- если радиоволна распространяется в среде, отличающаяся от воздуха, то она поглощает энергию;

- траектория волны искривляется, если она находится в неоднородной среде и называется рефракцией радиоволны;

- в однородной сфере радиоволны распространяются прямолинейно со скоростью, зависящей от параметров среды, и сопровождаются убыванием плотности потока энергии с увеличением расстояния;

- когда радиоволны переходят с одной среды в другую, они отражаются и преломляются; дифракцией называется свойство радиоволны огибать препятствие, которое встречается на их пути, но здесь есть одно необходимое условие - величина препятствия должна быть соизмерима с длиной волны.

Радиоволны делятся на три категории: короткие, средние и длинные. К первым относят волны с длиной от 10 до 100 м, что позволяет создавать направленные антенны. Они могут быть земными и ионосферными. Применение коротким радиоволнам нашлось в связи и вещании на большие расстояния.

Радиоволны, используемые в радиотехнике, занимают область, или более научно – спектр от 10 000 м (30 кГц) до 0.1 мм (3 000 ГГц). Это только часть обширного спектра электромагнитных волн. За радиоволнами (по убывающей длине) следуют тепловые или инфракрасные лучи. После них идет узкий участок волн видимого света, далее – спектр ультрафиолетовых, рентгеновских и гамма лучей – все это электромагнитные колебания одной природы, отличающиеся только длиной волны и, следовательно, частотой.

Хотя весь спектр разбит на области, границы между ними намечены условно. Области следуют непрерывно одна за другой, переходят одна в другую, а в некоторых случаях перекрываются

Применение средних радиоволн реализовано во многих каналах вещания России.

### 1.3 Антенна Константина Павловича Харченко

Харченко Константин Павлович, изобретатель, теоретик и практик, кандидат технических наук, автор многочисленных разработок в области антенн, автор многочисленных книг, публикаций и статей, полковник в отставке, почетный радист. Родился 11 августа 1931г. В 1950г. в Ленинграде окончил с медалью среднюю мужскую школу № 158 и поступил в Военную инженерную академию связи им.С.М.Буденного на радиофакультет.

В 1955г. зачислен в головной институт связи МО СССР. В декабре 1958г. изобрел свою первую антенну, которая надолго стала основой многих средств связи ВС СССР и стран Варшавского договора. Благодаря журналу «Радио» (№3 1961г.) она безраздельно «завоевала» крыши домов «по всей Руси великой» и далеко за ее пределами в качестве телевизионной (в народе «восьмерка», «зигзаг», «бубновочка»). Шесть дипломов I степени от журнала «Радио» и более 40 лет сотрудничества. Более семи лет преподавательского труда в ЛВВИУС им. Ленсовета.

В 2020 году инженера не стало, он умер в полном одиночестве, хотя всю свою жизнь отдал науке. Его известные слова «Россияне, вы имеете фору... Не теряйте времени. Физику надо делать заново!» (К.П. Харченко)

Антенна Харченко или биквадрат Харченко (радиоловительский жаргон) — конструкционный вариант проектирования антенн на основе двух ромбов, предложен в 1961 году инженером Константином Харченко на страницах журнала «Радио».

Антенна пользуется большой популярностью у радиоловителей благодаря простоте конструкции, хорошей повторяемости и широкополосности.

В пределах диапазона частот, на который рассчитана антенна, она имеет постоянные параметры и практически не требует настройки.

Антенна представляет собой синфазную антенную решетку из двух ромбовидных элементов, расположенных в одной плоскости, имеющих общую пару точек питания. Рабочая поляризация антенны определяется взаимным положением элементов: друг над другом - горизонтальная, сбоку друг от друга - вертикальная.

Антенна состоит из двух квадратов, соединённых в одной из их вершин разомкнутыми сторонами. Питание антенны осуществляется в точках соединения квадратов, где входное сопротивление антенны близко к 50 Ом, и хорошо согласуется как с 50, так и 75-омным коаксиальным кабелем. Стороны квадратов равны  $\lambda/4$ . Эта антенна имеет бóльшую широкополосность, чем составляющие её элементы — квадраты. Существует множество вариантов антенны Харченко, в которых вместо квадратов для сборки её полотна используют треугольники, круги или другие геометрические фигуры — плоские или объёмные. Обычно антенна Харченко используется для работы в ТВ диапазонах и в УКВ-диапазонах — служебных и любительских.

Конструкция антенны проекта биквадрат предложена в 1961 году инженером К. Харченко. Конструкция антенны представляет собой двойной квадрат из толстого медного провода. Квадраты соединяются между собой незамкнутыми углами. В месте их соединения к ним подключается коаксиальный кабель. Для улучшения направленности за полотном антенны устанавливается рефлектор.

Периметр каждого квадрата равен длине волны, на которую настроен приём. Диаметр проволоки для 1-5 телевизионных каналов должен быть около 12 см. Поэтому для радиосвязи и

телевидения метрового диапазона (1-12 каналы) она получается очень громоздкой. Для облегчения конструкции использовалась прокладка тремя проводами меньшего сечения, но всё равно она имела большой вес и габариты.

Антенна, спроектированная Харченко, получила первые модификации с появлением эфирного вещания в дециметровом диапазоне. Инженерами и экспериментаторами-любителями представлен целый ряд усовершенствованных вариантов антенны для работы в наиболее распространённом диапазоне частот. Конструкции имели форму ромба, круга, треугольника и других геометрических фигур и широко используется для приёма телевизионных и радиосигналов.

В 2001 году американский профессор Тревор Маршалл предложил использовать биквадратную конструкцию для улучшения приёма сигналов в сетях Bluetooth и Wi-Fi.

Сейчас на основе зигзага Харченко проектируются антенны для приёма сигналов различных частот, где неизменной остается её конструкционная форма, однако индивидуальным является размер полотна. Современным усовершенствованным вариантом является двойной биквадрат, который состоит из четырёх ромбов, подсоединение к которым осуществляется в незамкнутых углах на границе второго и третьего квадратов.

С распространением эфирного цифрового вещания стандарта DVB-T2, антенны на основе биквадрата приобретают популярность и имеют множество вариаций как в антеннах с рефлекторами, так и безрефлекторных конструкциях.

## II Глава: Практическая часть: изготовление антенны Харченко

### 2.1 Антенна Харченко для приема DVB-T2

Обязательным условием приема эфирного цифрового телевидения является антенна ДМВ-диапазона. Ее можно приобрести в магазине электронной техники или собрать своими руками. Существует более 10 эффективных схем самодельных конструкций, все они способны улавливать до 30 эфирных каналов.

Самодельная антенна собирается за 30-40 минут. К тому же элементы конструкции изготавливаются из самых обычных материалов, которые с большой долей вероятности уже есть у вас дома или в гараже.

#### Основные материалы:

- ✓ медный провод сечением 1,5–5 миллиметров, длиной около метра;
- ✓ обычный антенный провод (коаксиальный), 3–5 метров;
- ✓ паяльник, соответственно, припой и канифоль;
- ✓ штекер для телевизора;
- ✓ напильник или наждачная бумага для зачистки провода;
- ✓ рулетка или линейка;
- ✓ маркер либо фломастер.

#### Дополнительные материалы, которые могут понадобиться

- ✓ основа для антенны (например, деревянная рейка);
- ✓ клей;
- ✓ изоляционная лента.

#### Ручной расчет

Размеры антенны Харченко напрямую зависят от диапазона принимаемых частот.

Расчет под эфирное телевидение заключается в определении длины волны и переносе значений на собираемое устройство. Цифровые телеканалы транслируются в стандарте DVB-T2 на радиочастотах, которые варьируются от 400 до 800 МГц и отличаются в зависимости от региона.

Столица	Регион	1 мультиплекс	2 мультиплекс
Пенза	Пензенская область	ТВК 57 (762 МГц)	ТВК 44 (658 МГц)

Расчет для Пензенской области:

В Пензе вещание 1 мультиплекса идет частоте 762 МГц (ТВК 57), 2-ого — на 658 МГц (ТВК 44). Я хочу принимать оба пакета, поэтому беру среднее значение:

$$(762 + 658)/2 = 710 \text{ МГц.}$$

Вычисляем длину волны по формуле:

$$\lambda = c/v, \text{ где:}$$

$\lambda$  — длина волны;

$c$  — скорость света ( $3 \times 10^8$  м/с);

$v$  — частота.

Подставляем значения:

$$\lambda = \frac{300000000}{710000000} = 0,42253 \text{ м} \approx 42,25 \text{ см.}$$

Можно использовать полученную величину, но для практического применения она может оказаться слишком большой. Мы имеем право взять ровно половину или четверть длины волны:

$$\lambda/2 = 0,4225/2 \approx 0,211 \text{ м} = 21,1 \text{ см.}$$

$$\lambda/4 = 0,4225/4 \approx 0,106 \text{ м} = 10,6 \text{ см.}$$

Зная длину волны, производится расчет размеров рамки. На примере значения 423 мм получаем следующее:

длина внешней стороны ромба:  $423/4 = 105,75$  мм;

общая длина проволоки – 846 мм.

### **Сборка:**

Возьмите проволоку. Для антенны подойдет только медь (алюминий или другой металл надежно спаять не получится, а от качества соединения контактов будет зависеть чистота принимаемого сигнала).

С помощью линейки и маркера отмечаем 8 одинаковых отрезков, длину которых (L1) рассчитали на калькуляторе.

На чистом листе бумаги нарисуем шаблон будущей рамки телеантенны, соблюдая вычисленные размеры.

Согнем проволоку по отметкам, ориентируясь на шаблон. Должна получится ровная восьмерка с углами  $90^\circ$ .

Используя напильник или наждачную бумагу, зачистим края проволоки и место сгиба граней, а затем зафиксируем свободные концы тонкой медной проволокой.

Спаяем концы между собой.

Возьмем антенный провод, и припаяем к рамке антенны: центральная жила на один сгиб, экран — на второй. На другой конец кабеля установите RF-штекер.

Необходимо заизолировать все места пайки. Можно использовать силиконовый герметик или простую изоленту.

## **2.2 Антенна Харченко для модемов 3G и 4G**

Современная жизнь без доступа к интернету уже немыслима. Но провайдеры далеко не всегда способны предоставить качественную линию соединения своим клиентам, ведь надежная связь возможна лишь в области уверенного приема. А она, в свою очередь, ограничивается мощностью передатчика, расположением местности (в низинах сигнал неуверенный), а также дистанцией. Повысить качество сигнала и расширить дальность его приема можно благодаря подсоединению к антенне Харченко для 3G или 4G.

При соответствующих настройках эта антенна — одновременно и усилитель, и приемник.

В числе заводских моделей антенн-усилителей легко отыскать мощные приспособления с высокими характеристиками. Но достаточно часто можно обойтись несложной конструкцией, которую легко собрать из подручных средств собственноручно. Достаточно воспользоваться известной разработкой Харченко.

Согласно исследованиям создателя, по выходным параметрам антенна надежно усиливает работу цифровых устройств, работающих на мобильных платформах, формируя увеличение приема сигнала до 3–4 Дб, причем даже без использования рефлектора, а с его внедрением — вплоть до 8–9 Дб.

Чтобы создать антенну Харченко для 4G модема своими руками, а также для усиления сигнала 3G, можно обойтись наименьшим набором устройств и приспособлений

### Материалы для антенны:

- ✓ кусок медного кабеля (30 см),
- ✓ маленький кусок коаксиального телекабеля (1–2 м);
- ✓ основа для плат;
- ✓ текстолит покрытый медью;
- ✓ линейка, карандаши или маркеры для разметки;
- ✓ ножик или ножницы для отрезки кабеля;
- ✓ пассатижи или маленькие тиски для излома провода;
- ✓ паяльник для присоединения кабелей к контактам;

Антенну изготавливаем конкретно под ближайшую вышку расположенную в с.Серман, Никольского района, Пензенской области. С помощью приложения «Вышки сотовой связи, локаторы» определяем частоту, она составляет 2500 МГц. Используя на сайте «3G-Aerial» <https://3g-aerial.biz/onlajn-raschety/raschety-antenn/raschet-antenny-kharchenko-zigzagooobraznoj> онлайн калькулятор получаем данные представленные на рисунке 1.

ВВЕСТИ ДАННЫЕ:

Частота: 2500 МГц Частота вручную

Входное сопротивление антенны: 50 Ом

Рассчитать

РЕЗУЛЬТАТ:

JavaScript Version 2022-06-09 by Valery Kustarev  
Антенна Харченко (зигзагообразная)

-----  
Центральная частота f: 2500 МГц  
Входной импеданс антенны Zo: 50 Ω  
Длина волны λ: 120 мм  
-----  
Размер W (общая длина рамок): 93.9 мм  
Размер H (ширина рамок): 38.9 мм  
Общая длина проволоки (периметр 2-х рамок): 249 мм  
Расстояние от рефлектора до плоскости вибратора D: 17.3 мм  
-----  
Размер B (ширина рефлектора): 123 мм  
Размер A (длина рефлектора): 123 мм  
Диаметр проволоки вибратора: 1.13 мм (17 AWG#)  
Приблизительная длина стороны рамки qs1: 33.4 мм  
Приблизительная длина стороны рамки qs2: 28.9 мм  
Приблизительный радиус изгиба проволоки R: 7.2 мм  
Приблизительный промежуток в месте подключения gap: 1.07 мм  
-----  
Расстояние между направляющими G0: 16.6 мм  
Расстояние между направляющими G1: 24.5 мм  
Расстояние между направляющими G2: 54.3 мм  
Расстояние между направляющими G3: 79.5 мм  
Диаметр направляющей GD: 13.3 мм

### 1. Расчет основных параметров антенны Харченко.

Важно обратить внимание на вид используемого металла. Для усилителя, как правило, применяют медь или алюминий. В домашних ситуациях, принимая во внимание небольшие параметры вибратора, легче подключать кабель пайкой. По этой причине сразу нужно остановиться на меди, даже не оценивая ряд прочих ее положительных сторон.

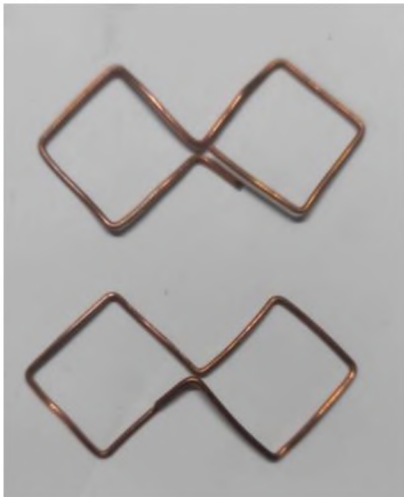
Антенна очень эффективна — она выступает в роли и приёмника, и усилителя. Она широкополосная, способна увеличить мощность сигнала до 3 – 4 дБ при отсутствии рефлектора и до 8 – 9 дБ с рефлектором (металлической панелью, которая отражает сигнал). При этом не важно, 3G это или 4G.



## 2.Выбор платы

Вся конструкция будет крепится на плату, производим замеры и вырезаем нужный размер.

Следующий этап, изготовление «восьмёрки» из монолитной проволоки сечением **4 мм<sup>2</sup>**. Квадраты должны быть максимально одинаковыми. Должна быть чёткая симметрия. Чтобы её добиться, перед сгибанием проведите разметку проволоки маркером. Поставьте затем пассатижи на разметку провода. Теперь нужно выгнуть провод под углом 90°. Используйте угольник, чтобы добиться точного угла. Сделайте симметричную «восьмёрку» из медной проволоки



## 3.Изготавливаем «восьмерку»

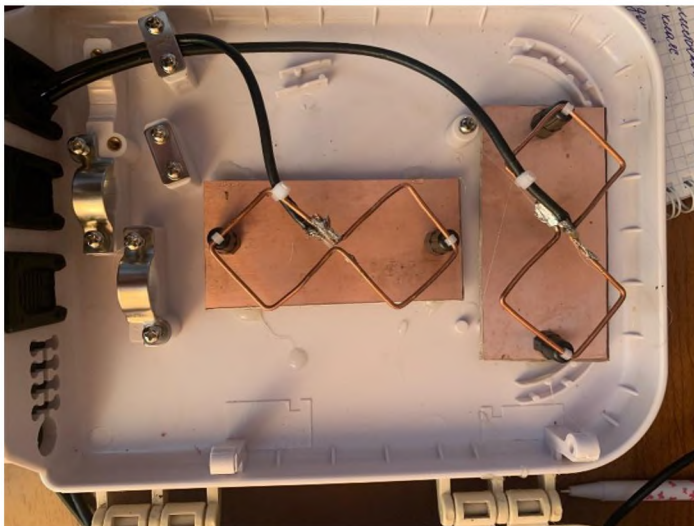
Возьмите алюминиевую пластину, мы использовали текстолит покрытый медью — толщина 22 мм. Общая площадь — 90 x 45 мм. Пластина будет отражателем (рефлектором). Сделайте отверстие в центре пластины (просверлите).

Закрепите «восьмёрку» прямо по центру рефлектора на расстоянии 3,6 см. Панель и проволока не должны соприкасаться.



#### 4. Закрепление антенны

Просверлите в рефлекторе отверстия под хомуты, наденьте конструкцию на кронштейн. В нашем случае антенна размещена в оптическом боксе уличном, который защищает антенну от погодных явлений.



#### 5. Установка антенны в уличном боксе

От антенны проведите кабель к модему. Если у модема есть разъём для антенны, подключите кабель к нему через переходник.

Если разъёма нет, возьмите немного медной фольги. Сделайте колпак в соответствии с размерами модема. Закрепите кабель на колпаке (нужно припаять) и наденьте его на устройство.

После изготовления антенны она была соединена с модемом, который находится в доме. В приложении показана установка приемной антенны. **Приложение 1.**

После подключения антенны настройте сигнал — поворачивайте её, пока не получите максимальный результат в виде нескольких делений. Они отображаются в фирменной программе устройства или вашего провайдера, которая скачивается и устанавливается на компьютере для настройки подключения. Попробуйте разместить антенну под разными углами, например, под 45° или 70°. Для сокращения утрат мощности надежнее применять провод с меньшим сопротивлением. Он больше годится по электронным показателям, сильнее

согласовывается, гарантирует наименьшие потери сигнала. Впрочем, употребляя один из этих видов проводов, лучше точнее подобрать под него механические габариты вибратора. В таком случае утечки мощности сигнала станут наименьшими.

Эффективность создание собственной усилительно антенны очень велика.

Стандартные усилительные антенны доступные для покупки, на сигнал 4G сделаны на среднюю длину волны, то есть производитель антенны не знает какой вышкой будет пользоваться покупатель. При создании собственной антенны производится расчет конкретно под определенную частоту, это повышает КПД антенны, что дает устойчивый прием сигнала.

Использование атенны Харченко выгодно и с точки зрения экономии. Стоимость фабричных усилителей варьируется в интернет-магазинах от 25 тыс до 3500 рублей. Создание антенны обошлось в 400 рублей, все покупки совершались через сайт «Авито»: медная проволока - 90 р -100гр, медный текстолит – 200р, коаксиальный кабель – 110 р(1 метр). **Приложение 2** показаны ценовые диапазоны на усилительные приставки.

## **Заключение**

Биквадрат Харченко, обладает несколькими преимуществами, которые делают ее привлекательной для определенных приложений в радиосвязи и радиолюбительстве: антенна Харченко представляет собой относительно простую конструкцию из двух квадратных ромбов, соединенных в углах. Это делает ее легкой для изготовления и монтажа. Радиолюбители и технически подкованные люди могут создать ее самостоятельно без больших трудностей. Антенна Харченко обладает компактными размерами, что позволяет ее установку даже в ограниченных пространствах. Это делает ее подходящей для установки на крыше дома, во дворе или даже внутри помещения. Одним из ключевых преимуществ антенны Харченко является ее способность сосредотачивать радиосигналы в желаемом направлении. Это означает, что она может быть настроена так, чтобы максимально усиливать сигналы из определенного источника и уменьшать внешние помехи. Благодаря своей конструкции и диаграмме направленности, антенна Харченко может обеспечивать эффективную передачу и прием радиосигналов на значительные расстояния. Это делает ее привлекательной для радиолюбителей и операторов связи, которые нуждаются в дальних связях. Антенна Харченко может быть адаптирована для работы в различных частотных диапазонах путем изменения ее размеров и параметров. Это делает ее универсальной и способной работать с разными видами радиосигналов. Из-за своих преимуществ и доступности для самостоятельного изготовления, антенна Харченко стала популярной среди радиолюбителей и любителей радиотехники. Многие радиолюбители используют ее в своих экспериментах и проектах.

### Список использованной литературы

1. Абдулкеримов С.А., Ермолаев М.Ю., Родионов Б.Н. «Продольные электромагнитные волны»: теория, эксперименты, перспективы применения. – М.: 2003г.
2. Будущее открывается квантовым ключом (Сборник статей академика Авраменко Р. Ф.) М. Химия, 2000.
3. Будущее открывается квантовым ключом. Сборник статей Авраменко Р.Ф. –М.: «Химия», 2005г.
4. Дягилев Ф. М. Из истории Физики и Жизни её творцов. М. Просвещение. 1986.
5. Лесков Л. В. Пять шагов за горизонт. М. Экономика, 2003.
6. Ратынский, М.В. Основы сотовой сети / М.В. Ранынский - М.: Радио и связь, 1998. - 248 с.
7. Сомов, А.М. Распространение радиоволн / А.М. Сомов, В.В. Старостин. - М.: Гелиос АРВ, 2010. - 264 с.
8. Сухарев В. Н. Реальный фотон — основа реальной радио волны. (Аналитическое рассмотрение публикации К. П. Харченко «Фотон — реальность фундамента природы». Информост № 1 (37) 2005 с. 5256
9. Харченко К. П. КВ антенны рупоры без видимых стенок. РадиоСофт. М. 2003.
10. Харченко К. П. Анатомия реальной радиоволны. Информост № 3 (33) 2004 с. 4656
11. Харченко К. П. За истиной по лучистой энергии — по «радио волне» (Для всех антенщиков и не только). Информост № 1 (49) 2007 с. 62
12. Харченко К. П. Радиоволна это сброс энергии за пределы проводника, отраженной от его конца Информост № 6 (30) 2003 с. 4145
13. Харченко К. П. Радиоволны это что? Информост № 4 (28) 2003 с. 2429
14. Харченко К. П. Сухарев В. Н. «Электромагнитная волна», лучистая энергия — поток реальных фотонов М. УРСС 2005 (КомКнига, 2005)
15. Харченко К. П. Фотон — реальность фундамента природы. Информост № 6 (36) 2004 с. 5260
16. Черепкова, Е.Л. Распространение радиоволн /Е.Л. Черепкова, О. . Чернышев. - М.: Радио и связь, 1984. - 272 с.
17. Шипов Г. И. Теория физического вакуума М. 2002
18. Юндин, М.А. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие / М.А. Юндин, А.М. Королев. - СПб.: Лань, 2014. - 448 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Предложения магазинов



15 990 Р\*

Усилитель сигнала  
мобильного интернет...  
[shop.tricolor.ru](http://shop.tricolor.ru) \*\*\*



10 600 Р\*

Усилители сигнала  
РЭМО BAS-2353...  
[chipdip.ru](http://chipdip.ru) \*\*\*



6 200 Р\*

Усилитель сигнала  
сотовой связи...  
[gimart.ru](http://gimart.ru) \*\*\*

### Антенны и усилители сигнала

По популярности

Фильтры

Цена

Проверенные скидки

Бренд

Б/у

Тип

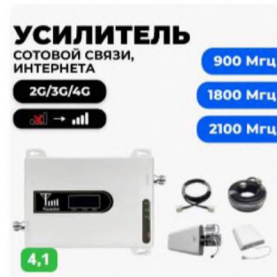
Стандарты связи



Усилитель сотовой связи Репитер  
2G-3G-4G 900-1800-2100МГц до 400  
кв. м. (комплект трех-диапазонны...  
**от 7 506 Р**  
2 предложения



Усилитель интернет сигнала 3G/4G  
YS System Street II  
**от 26 500 Р**  
2 предложения



Усилитель сотовой связи Репитер  
2G-3G-4G 900-1800-2100МГц до 300  
кв. м. (комплект трех-диапазонны...  
**от 5 167 Р**  
5 предложений



Усилитель сотой связи / сигнала  
(комплект) для дома / дачи /  
телефона VIXION V4Gk (синий)  
**от 6 065 Р**  
5 предложений

Рецензия на проектную работу ученицы 10 класса  
Губернского лицея г. Пенза  
Камзаловой Анастасии  
по теме: «Электромагнитные волны – от Максвелла до 4G»

Проектная работа Камзаловой Анастасии «Электромагнитные волны – от Максвелла до 4G» посвящена изучению и созданию антенны Харченко для приёма цифрового ТВ, и для 3G или 4G, которая позволяет повысить качество сигнала и расширить дальность его приема. Антенна имеет большую практическую значимость так как рассчитана на работу конкретной вышки связи для 4G сигнала. При создании антенны ученица проявила заинтересованность в конечном продукте, который используется в повседневной жизни.

Выполненная работа имеет четкую структуру: введение, основная часть, заключение, список литературы, приложение.

Работа написана грамотным научным языком. В введении Камзалова Анастасия объяснила актуальность работы, четко сформулировала цель, задачи, выдвинула гипотезу о том, что антенна Харченко – простое и эффективное устройство для приема слабого сигнала как цифрового телевидения, так и мобильного интернета.

В первой части приведены теоретические сведения, во второй части доступным и понятным языком изложен процесс создания антенны. Представлены расчеты параметров антенны.

Автор работы - Камзалова Анастасия - создала работающую антенну по приему интернет сигналов.

Считаю, что работа может быть представлена на научно-практической конференции школьников.

Учитель физики  
Губернского лицея г.Пенза

 /Артамасова Т.Б./