

## ВВЕДЕНИЕ В ЕН АНТЕННЫ

By Ted Hart CEO  
www.eh-antenna.com



ЕН антенна АМ радиовещания  
1200 to 1700 KHz



AM Broadcast antenna  
АМ радиовещательная ЕН антенна



ЕН антенна на автомобиле службы спасения



Радиолобительская ЕН антенна  
на диапазон 20 метров

**Автор** - Тэд Харт получил позывной (W5QJR) в 1948 году и с тех пор непрерывно активен. Из-за раннего интереса к радиолюбительству, Тэд имел очень длинную и хорошую карьеру как Инженер Электроники до увольнения в 1996 году. Кстати, есть и другие конструкции, которые Тэд придумал и изготовил для радиолюбителей, это и шумовой антенный мост, и маленькая антенна Loop, и много других, которые были опубликованы в профессиональных и радиолюбительских журналах.

## ВВЕДЕНИЕ

Эта книга вводит читателя в основную концепцию ЕН Антенны и далее ведет через расчеты и вычисления, к конструированию работающей антенны, обеспечивая необходимым материалом, для расчета любых ЕН Антенн, на любые диапазоны.

ЕН Антенна обеспечивает уникальную комбинацию эффективности и стабильной конструкции, чтобы она стала привлекательной для старых радиолюбителей и новичков. Эта антенна единственная альтернатива для радиолюбителей, проживающих в стесненных городских условиях, где установка полноразмерных антенн, большая трудность. ЕН Антенны неоднократно показывали хорошие результаты, когда они были правильно изготовлены и настроены. Поскольку антенна является очень маленькой и недорогой, ее можно сделать из широко распространенных материалов – я очень рекомендую такую антенну для радиолюбителей, имеющих ограниченное пространство для установки полноразмерных антенн и для использования в развивающихся странах. Дополнительная особенность ЕН Антенны в том, что она может быть легко скрыта, в

отличие от диполя или вертикальной антенны. У меня есть несколько самодельных ЕН Антенн, на чердаке, и я не имею никаких жалоб от моих соседей.

Хотя ЕН Антенна была задумана несколько лет назад (1996), она не получила широкого распространения. Новые идеи иногда требуют времени, чтобы быть восприняты обществом, но было большое замешательство в результате обнародования тех принципов, на которых построена ЕН Антенна. Цель этой книги состоит в том, чтобы разъяснить теорию ЕН Антенн и обеспечить информацией, которая позволит любому радиолюбителю построить ЕН Антенну, чтобы удовлетворить его собственные запросы (частота, полоса пропускания, и т.д.) и правильно использовать ее. Именно через это знание и использование антенны, радиолюбитель может обнаружить для себя много особенностей, которые ЕН Антенна имеет по сравнению с обычными антеннами.

На концепцию ЕН Антенны выдано три (3) патента. Поскольку она не согласуется с классической теорией, описанной в учебниках, научное общество также не спешит знакомиться с материалом. Противоречие - не всегда плохая вещь, особенно если это ведет к зрелым и ответственным дебатам. Кроме того, эта книга обеспечит технические и прикладные данные, чтобы рассеять все отрицательные суждения. Эта книга - моя надежда, что люди, особенно критики, найдут время, чтобы сделать ЕН Антенну и лично убедиться, что иногда новые идеи работают!!!

Эта концепция реализована в различных практических приложениях, таких как Радиовещание АМ, радиолюбительская связь, коммерческие системы. Две компании, одна в Европе и одна в Японии, производят и продают ЕН Антенны для радиолюбителей, по лицензиям. До настоящего времени, нет компании в США, производящей ЕН Антенны для радиолюбителей. Одна из компаний в Италии использует ЕН Антенны для миниатюрных приемо-передатчиков, использующихся для чтения штриховых кодов на расстоянии, по технологии, известной как Идентификация RF (RFID). ЕН Антенна имеет большие преимущества над другими типами антенн в этом применении.

Потенциальные читатели этой книги – радиолюбители, но книга будет полезна и радиоинженерам, для того чтобы взглянуть по-новому на антенны. Чтобы гарантировать понимание концепции, теория представлена в чрезмерно упрощенной форме так, чтобы было просто ее понять. Менее опытные радиолюбители все равно получают техническую информацию по ЕН Антенне в объеме, необходимом для того, чтобы сделать такую антенну, настроить ее и использовать дальше. Для тех, кто хочет получить более детальную техническую информацию, она доступна на сайте, включая документы и ссылки на другие сайты. В интернете есть также форум по обсуждению ЕН Антенны.

Так как книга написана для радиолюбителей, я думаю, что она должна быть бесплатна. Пошлите копию другу, и расскажите друзьям в вашем радиоклубе о ней. Она может также стать темой для обсуждения в эфире. Такая антенна будет хорошим подарком любому радиолюбителю, особенно тем из них, которые по разным причинам не могут установить полноразмерные антенны. Для тех, кто желает сделать доклад по этой антенне в своем клубе, на сайте есть материал, который включает в себя видео и текстовый материал в полной мере. Эту книгу нужно рассматривать как последнюю информацию для конструкций всех версий ЕН Антенн.

## **ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ**

ЕН Антенна, когда она излучает, создает очень сильное ВЧ поле, часто сильнее, чем обычные антенны. Кроме того, когда Вы в последний раз использовали полноразмерный диполь для 80 метрового диапазона в своей комнате? Я хочу напомнить Вам, о мерах безопасности при работе с ВЧ излучением. Конечно Вы когда-то учились и сдавали экзамен, прежде чем получили возможность работать в эфире как радиолюбитель! Обычно в комнате излучается небольшая мощность, когда Вы проводите испытания с Вашими

антеннами, установленными на крыше. Всегда помните признаки чрезмерного ВЧ излучения!!!! Это очень похоже на солнечный удар и опасно для жизни! **Не косайтесь никаких частей антенны при передаче!!!** Любое воздействие на нервную систему происходит не сразу, чтобы появились видимые признаки, и эти воздействия **не** обратимы!

Самая обычная причина несчастных случаев, произошедших от ВЧ излучения, настройка радиолюбительской аппаратуры в комнате. Если Вы не знаете о влиянии ВЧ излучения на человеческий организм, найдите время, чтобы освежить Ваши знания и прочитайте специальную литературу.

Большинство несчастных случаев от ВЧ излучения вне помещений, связаны с падением. Никогда не работайте в одиночку, особенно, если Вы не используете ремень безопасности, страхующий Вас от падения. Произошло много несчастных случаев от падения, даже там, где использовался ремень безопасности, но помощь не была оказана в течении 8-15 минут после падения. Повторим еще раз: никогда не работайте в одиночку. **Все несчастные случаи от ВЧ излучения могут быть предотвращены заранее, соблюдением техники безопасности!**

Введение и техника безопасности, были написаны Дэном Андерсоном из Англии.



***Моей Самой дорогой Элен  
Вы - мое вдохновение и мой рок. Без Вашего терпения и поддержки, я не смог бы  
завершить эту книгу  
Тэд***

**ПРЕДИСЛОВИЕ:** Это - необычная книга, которая раскрывает некоторые характеристики необычного, нового понятия в теории антенн. Следовательно, я свободен от стандартной книжной формы и хочу предварительно представить некоторые безумные отличия этой теории. Следующий список – это главные различия в характеристиках между стандартными антеннами Герца и ЕН Антеннами. Название этой новой антенны и самой теории, а также эмблемы, подразумевает, что Е и Н поля находятся в фазе и эффективно интегрированы в антенне, таким образом, перенося дальнюю область поля в саму антенну. В этой книге суммированы и выделены 16 уникальных параметров, связанных с ЕН Антенной. Это сделано для того, чтобы читатель понял, что является уникальными характеристиками для этой антенны. Поэтому, если читатель хочет понять, как работает ЕН Антенна, он не должен отвергать новое понятие на основе ранее известных теорий антенн. Далее приведены новые параметры упомянутые ниже. Соответствующие параметры для антенны Герца включены для сравнения.

## **ПАРАМЕТРЫ ЕН АНТЕННЫ**

Максимум излучения – функция правильного фазирования, а не резонанса антенны.

Поля Е и Н в антенне находятся в фазе.

Типовой размер ЕН Антенны менее 2% от длины волны.

Типичная ЕН антенна имеет вид вертикального диполя и не требует земли из «радиальных» проводов.

Отношение длины цилиндра к диаметру устанавливает угол излучения антенны.

Полоса пропускания – есть функция от емкости между цилиндрами.

Сопrotивление Излучения – постоянно и равно 120 Ом.

Эффективность ЕН Антенны приближается к 100%

При приеме, сигнал сравним с сигналом от полноразмерной антенны Герца.

Отношение сигнал/шум значительно лучше, чем в антенне Герца.

Электромагнитные наводки (ЕМI) фактически отсутствуют.

Излучение на гармониках фактически отсутствует.

Би-конусные и диско-конусные формы можно использовать для увеличения излучения.

Излучение маленькой ЕН-loop антенны меняется на 90 градусов.

На антенну меньше влияют близкорасположенные предметы.

ЕН Антенна излучает обычное э/м и Ког поля.

## **ПАРАМЕТРЫ АНТЕННЫ ГЕРЦА**

Сопrotивление излучения, почти константа в широком диапазоне.

Излучение происходит на расстоянии нескольких длин волн от антенны.

Для резонанса, размер равен 50% длины волны или больше.

АМ вещательные антенны требуют до 120 «радиальных» проводов, длиной в ¼ длины волны.

Используются многоэлементные конструкции для управления углом излучения.

Полоса пропускания фиксирована и зависит от конструкции антенны.

Сопrotивление Излучения – есть функция от размера антенны.

Эффективность является функцией от размера антенны.

Уровень принимаемого сигнала – является функцией от размера антенны.

Антенна Герца принимает независимо Е и Н поля.

Большие области Е и Н полей создают ЕМI.

Антенны Герца являются резонансными и поэтому присутствует излучение на резонансных частотах.

Отдельные проводники антенны имеют фиксированное излучение.

Излучение происходит в плоскости loop антенны.

Близкорасположенные предметы доставляют трудности в согласовании.

Антенна излучает обычное э/м поле.

***Концепция ЕН Антенны - самое существенное изменение в теории антенн более чем за 120 лет.***

# ГЛАВА 1 – ОСНОВНАЯ КОНЦЕПЦИЯ

## ТЕОРИЯ

Как и с любой новой концепцией, фундаментальное понимание ЕН Антенны необходимо начать с того, чтобы оценить, чем это является, и как это работает. Прежде всего, надо сказать, что теория ЕН Антенны (и основной патент) основан на простой концепции, в которой предлагается поворот фазы на 90 градусов, между двумя половинками антенны, а это, в свою очередь, заставит электрическое (Е) и магнитное(Н) поля быть в фазе, в антенне. Такое обстоятельство позволяет создавать электромагнитное поле в самой антенне, а не на далеком от нее расстоянии, как это имеет место в стандартной антенне Герца. Антенны Герца создают Е и Н поля, которые находятся под 90 градусов друг к другу, и они находятся не в фазе, пока они не распространились далеко от антенны, не менее 1/3 длины волны. Когда они становятся в фазе, создается электромагнитное излучение. Это стоит повторить: **Если мы считаем фактом, что фазы Е и Н полей непосредственно связаны с фазой приложенного напряжения и тока, то применение тока, который на 90 градусов, задержан относительно приложенного напряжения, заставит Е и Н поля быть в фазе, в антенне.** (Это - революционное понятие и первый уникальный параметр ЕН Антенны, представленной в этой книге). Это простая концепция может применяться к любой антенне, с очень значительным выигрышем. Эффективность ее настолько значительна, особенно когда применяется к миниатюрным антеннам, что их эффективность может равняться большим антеннам Герца!!! В последующих параграфах мы будем рассматривать далее то, как эта новая концепция антенны работает.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Чтобы показать это на примере, возьмем стандартную мобильную антенну на диапазон 75 метров. Когда мы добавляем эти 90 градусов в цепи согласования, то получаем увеличение полосы пропускания и эффективности почти вдвое ( $> 3$  dB). Как же это может быть? Это изменяет характеристики антенны, заставляя Е и Н поля быть эффективно интегрированными в антенне (не на расстоянии от антенны), чтобы излучение происходило в антенне. Это приводит к увеличению сопротивления излучения, таким образом, увеличивая эффективность антенны. Представьте, что стандартная антенна Герца имеет более низкое сопротивление излучения и также очень большие Е и Н поля, которые взаимодействуют с наземными и железными объектами, а те, в свою очередь влияют на Сопротивление Излучения, еще более снижая эффективность.

Читая эту книгу, Вы будете узнавать о новых характеристиках антенны, которые являются новыми, потому что они уникальны в ЕН Антенне. Во-первых, мы будем говорить о Сопротивлении Излучения. Значение Сопротивления Излучения у антенны Герца является функцией от размера антенны и близости к другим объектам. Сопротивление Излучения ЕН Антенны – имеет постоянное

значение, приблизительно 120 Ом. (Это – второй из многих уникальных параметров ЕН Антенны).

Испытания на АМ радиовещательной ЕН Антенне, указывают, что излучение от ЕН Антенны (без радиальных противовесов) превышает излучение от стандартной вертикальной антенны в виде мачты (с 120 наземным радиальными противовесами) больше, чем на 4 dB.

Это происходит потому, что ЕН Антенна локализует Е и Н поля в самой антенне, электромагнитная помеха (ЕМІ) фактически исчезает. (Это - третий уникальный параметр). Как приемная антенна, даже если она очень мала, ЕН Антенна создает тот же самый уровень сигнала в приемнике, как полноразмерная антенна. (Это - четвертый уникальный параметр). Так как антенна только принимает излучение и не принимает независимо Е или Н шумовые поля, отношение сигнал/шум у нее значительно лучше, особенно на низких частотах, где шум обычно большой. (Это - пятый уникальный параметр). Это происходит потому, что источники шумов, типа двигателей или других источников разрядов (включая молнию) создают большие независимые Е и Н поля, но малые ЕН излучения. Это происходит, прежде всего, потому, что относительная величина и ориентация Е и Н полей не может быть правильной, чтобы произвести излучение. Стандартные антенны преобразовывают Е и Н поля в мощность, подающуюся на приемник, также как и электромагнитное излучение, таким образом, создавая большой шум в приемнике.

Важно обратить внимание, что имелись две трудные для понимания вещи, чтобы их понять. Полагают, что антенна – это очень простой ряд включенных RLC. Следовательно, это очень трудно для тех, кому сложно принять новую концепцию, которая подразумевает изменение характеристик антенны, применением сдвигающей на 90 градусов цепи и, таким образом, создавая поля Е и Н в фазе. В результате малая антенна может излучать даже лучше, чем большая. Другая проблема в понимании концепции состоит в том, что очень маленькая антенна способна обеспечить равный или больший уровень сигнала в приемнике, сравниваемый с полноразмерной антенной. Факт, что ЕМІ решительно уменьшен и соотношение сигнал/шум значительно лучше – понять немного проще.

**Размер Антенны:** Когда для элементов антенны используются цилиндры, а не провода, емкость между двумя половинами антенны диполя может быть большая, таким образом, вызывая увеличение полосы пропускания антенны, даже когда цилиндры короткие. Это обстоятельство допускает, чтобы ЕН Антенна была очень маленькой, обычно намного меньше, чем 2 % длины волны, а не 50 % длины волны, как в стандартном диполе, или  $\frac{1}{4}$  длины волны в вертикальной антенне, да еще имеющей радиальные противовесы. (Это - шестой уникальный параметр). Это проблема для радиоловильцев и экономические издержки для коммерческого АМ радиовещания и требования к площади земли.

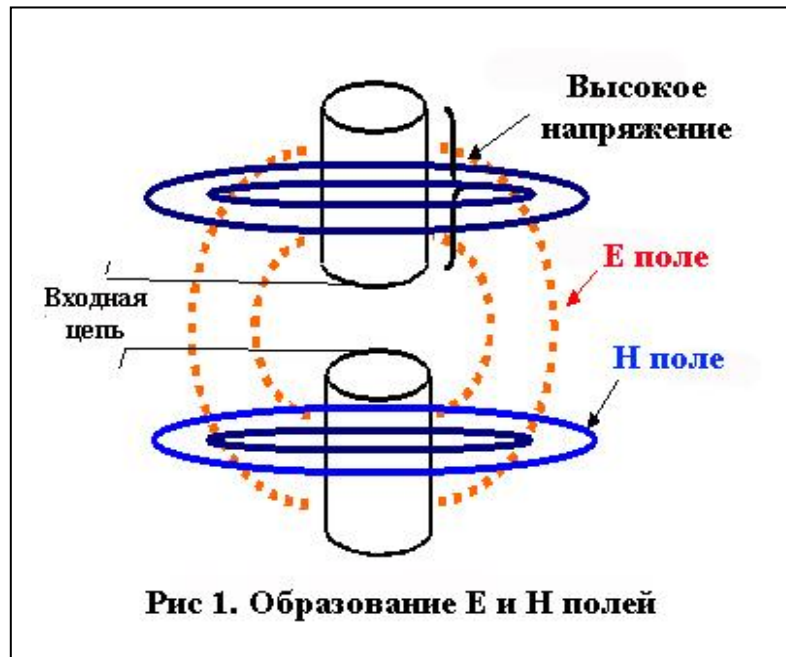
**Структура поля:** Даже если суммарная длина ЕН Антенны измеряется в дюймах, а не в футах провода, соотношение длины цилиндров к их диаметру, в ЕН Антеннах управляет полем излучения антенны. (Это - седьмой уникальный параметр). Например, для ЕН Антенны на низкие частоты (40, 80, и 160 метровых диапазонов), близкое вертикальное расположение цилиндров лучше подходит для

локальных связей, рекомендуемое соотношение длины к диаметру цилиндров должно быть 12 или большее. Для диапазонов короче, чем 40 метров, законы природы ограничивают связь через ионосферу и необходимо использовать низкие углы излучения. Чтобы максимизировать излучение под низкими углами, отношение длины цилиндров к их диаметру рекомендуется брать 6 или меньше. Значение меньше чем 6, было выбрано для АМ радиовещательной антенны, чтобы максимизировать излучение вдоль земли и уменьшить высокое угловое излучение, которое создает помехи на дальних расстояниях ночью, когда ионосфера допускает высокое угловое излучение при тех же низких частотах.

## ГЛАВА 2 - КОНЦЕПЦИЯ ПОДРОБНО

**Применение концепции:** Чтобы понять, как работает ЕН Антенна, мы подробно обсудим Рисунок 1. Предположим, что имеется входная линия, которая соединяет источник с двумя цилиндрами, как показано на рисунке.

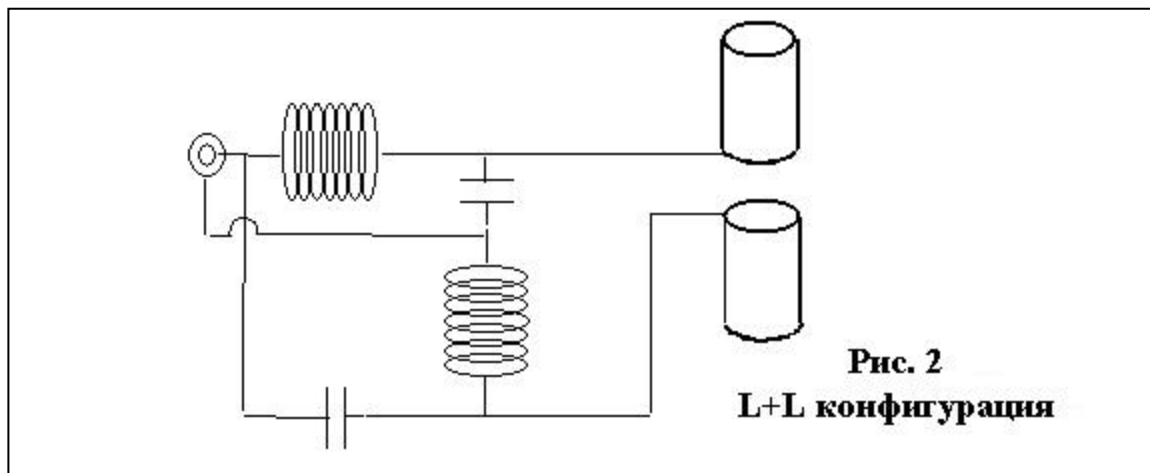
Источник вызывает появление высокого напряжения между цилиндрами, таким образом, имеется большая область поля Е между двумя цилиндрами. На концах цилиндров, к которым подключена линия, напряжение очень высокое, и уменьшается до очень низкого значения, на открытых концах цилиндров. Это создает большое дифференциальное напряжение поперек каждого цилиндра. Поверхностное сопротивление цилиндров низко, таким образом, дифференциальное напряжение поперек каждого цилиндра вызывает большой ток, вертикально на цилиндрах. В свою очередь, этот ток создает большую область магнитного поля, окружающую цилиндры. Мы теперь имеем Е и Н поля, в соответствующей ориентации, готовые к взаимодействию. Если источник имеет соответствующий сдвиг по фазе, между приложенными напряжением и током, вызывая Е и Н поля, будет появляться излучение. Именно поэтому имеется потребность в 90 градусной задержке фазы в источнике.



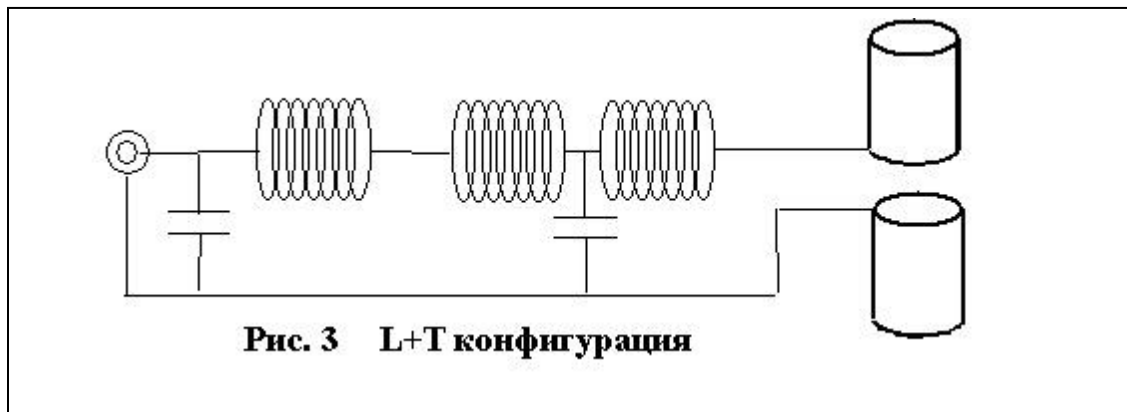
Важно обратить внимание, что очень сильная область магнитного поля существует внутри антенны. Чтобы уменьшить потери из-за вихревых токов, цилиндры должны быть сделаны из цветного металла, (медь, алюминий). Если не использовать эти материалы, эффективность антенны будет снижена, ниже приемлемых уровней. Также, не должно находиться никакого ферромагнитного материала внутри цилиндров. Вихревые токи, могут образоваться в ферромагнитном материале, и будут нагревать его, таким образом, поглощая мощность, которая вычитается из излучения.

**Согласующая цепь для задержки фазы:** В ходе разработки антенны, были использованы три различных конфигурации этой цепи, чтобы создать соответствующее 90 градусное изменение фазы между двумя цилиндрами. Эти схемы согласования показаны на рисунках, со 2-го до 4-го.

**Конфигурация L + L:** Первая конфигурация была известна как L + L и показана на рисунке 2. Одна L секция обеспечивала - 45 градусный поворот фазы, а другая обеспечивала + 45 градусный поворот фазы. L/C соотношение выбрано так, чтобы обеспечить согласование импеданса. Эта конфигурация работает очень хорошо. Однако, даже если величина двух конденсаторов очень мала, конденсаторы должны выдерживать очень высокое ВЧ напряжение.

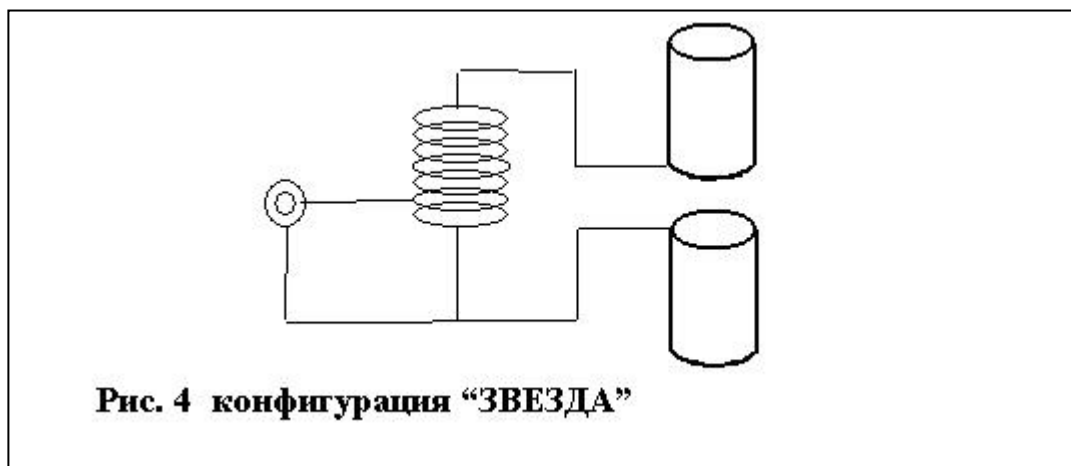


**Конфигурация L + T:** Вторая конфигурация использовала L + T согласование, как показано на рисунке 3. L секция преобразовывает сопротивление от 50 до 25 Ом с - 45 градусным поворотом фазы. T секция, преобразовывает сопротивление 25 Ом, к импедансу антенны и обеспечивает - 45 градусный поворот фазы. В этой конфигурации, конденсаторы могут быть рассчитаны на низкое напряжение, но должны иметь способность пропускать через себя большие ВЧ токи.



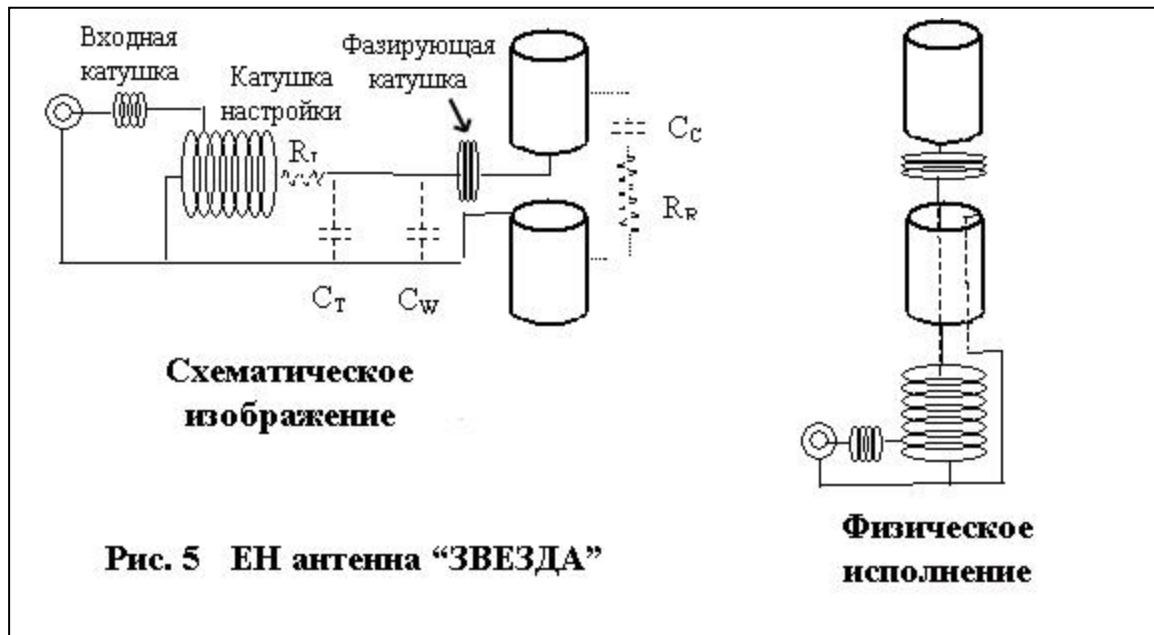
**Конфигурация ЗВЕЗДА:** Третья и наиболее предпочтительная конфигурация показана на рисунке 4. Обратите внимание, что, катушка настройки подключена к источнику 50 Ом, и нижний конец катушки подключен к оплетке входного кабеля. Ее номинал такой, чтобы был сдвиг фазы на  $-90$  градусов, между концами катушки. Так как эта конфигурация проста и имеет минимум компонентов, ей было дано название « ЕН Антенна ЗВЕЗДА ».

Хотя эффективность – одна и та же, для любой из трех конфигураций, только версия «ЗВЕЗДА» будет детально рассмотрена в этой книге, из-за простоты и экономии, для радиолюбителей. Потому что здесь применяется минимум компонентов, таким образом, обеспечивается большая надежность, в течение длительного срока. Версия «ЗВЕЗДА» используется также для АМ радиовещания.



**Схематическая Диаграмма:** Диаграммы, показанные выше, обеспечивают простое представление главных физических компонентов. Полная схематическая диаграмма и физическое выполнение антенны показаны на рисунке 5, для конфигурации ЗВЕЗДА. Физическая конфигурация показана справа, и схематическая диаграмма показана слева. Схематическая диаграмма включает

виртуальные компоненты (показаны штриховой линией), а также физические компоненты. Далее описывается каждый элемент в схематической диаграмме.



**Емкость цилиндров (Cc):** Цилиндры являются главными элементами антенны. Эквивалентно, это обозначено последовательно соединенными конденсатором и резистором, включенными между цилиндрами. Значение конденсатора – есть функция от размера цилиндров, и может быть вычислена следующим уравнением:  $C = 0.546 L/D + 2.06 D$ . C измеряется в Пф, где: L (длина одного цилиндра) и D (диаметр цилиндра) размерность в дюймах. **Этого уравнения Вы не найдете в книгах.** Оно было получено с помощью сложной электростатической программы в Германии, для расчета ЕН Антенны.

**Сопротивление Излучения (Rr):** Виртуальное Сопротивление, показанное на диаграмме, называется Сопротивлением Излучения. Его нельзя измерить непосредственно, но оно является функцией эффективности ЕН Антенны. *Это сопротивление существует только на частоте, где происходит соответствующее фазирование схемы. Оно не соответствует частоте, на которой возникает резонанс. (Это - восьмой уникальный параметр).* Этот факт отделяет ЕН Антенну от стандартных антенн Герца, потому что это не согласуется со стандартной теорией. Это приводит к непониманию концепции ЕН Антенны, потому что никакая другая антенна не работает подобным образом. Это также является основной причиной для понижения эффективности, когда настройка произведена не правильно.

Эффективное Сопротивление Излучения может быть точно определено, измерением ширины полосы пропускания антенны, его значение вычисляется как  $R_r = BW \cdot X_c / F$ , где BW - +/- ширина полосы пропускания по уровню 3 dB, измеряется индикатором поля,  $X_c$  - емкостное реактивное сопротивление, расчетное или измеряемое емкостью цилиндров, и F - рабочая частота. Обратите

внимание, что полоса пропускания – это функция от емкости между цилиндрами, таким образом, размер антенны диктует ширину полосы пропускания. (Это - девятый уникальный параметр).

Мы выяснили, что ЕН Антенна «ЗВЕЗДА» имеет сопротивление излучения, приблизительно 120 Ом. Это - другое отклонение от стандартной теории, в которой сопротивление излучения стандартных антенн изменяется как функция длины от частоты и других параметров, включая близость посторонних предметов и земли. Предметы, удаленные на расстояние более двух длин ЕН Антенны, не оказывают на нее влияния. С другой стороны, посторонние предметы, находящиеся на расстоянии менее  $\frac{1}{2}$  длины волны от антенны Герца, очень сильно влияют на ее сопротивление излучения. Это один из признаков, говорящих о различных размерах полей ЕН и антенны Герца.

**Фазирующая катушка (Р Катушка):** Маленькая индуктивность размещена чуть ниже верхнего цилиндра. Цель ее состоит в том, чтобы обеспечить небольшое изменение фазы (номинально 6 градусов) в проводе, идущем к верхнему цилиндру, чтобы предотвратить излучение от провода, поскольку он проходит через нижний цилиндр, и также предотвратить излучение от катушки настройки. Чтобы вычислять длину провода в этой катушке индуктивности, используйте следующее уравнение:  $L = 984/F*6/360*12$ , где L измеряется в дюймах и F - рабочая частота в МГц. Это уравнение вычисляет длину волны в футах, преобразует далее в 6 градусов поворота фазы, и затем все преобразуется в дюймы. Для удобства, уравнение может быть упрощено, и будет выглядеть приблизительно так:  $L = 200/F$ , с достаточной точностью.

**Емкость Провода (Cw):** Емкость провода, проходящего через нижний цилиндр, удивительно высока, по сравнению с емкостью между цилиндрами. Следовательно, она должна быть включена в любую точную модель ЕН Антенны. Уравнение для этой емкости -  $Cw = 0.614/\log(C/W)$  в Пф на дюйм длины цилиндра, где C - диаметр цилиндра, и W - диаметр провода. Общая емкость CW тем больше, чем больше длина нижнего цилиндра.

**Емкость катушки (Ct):** Сама емкость катушки настройки может быть большая и будет иметь значение, при вычислении индуктивности, необходимой для резонанса антенны. Пользуйтесь справочниками для вычисления значения емкости этой катушки, которую Вы изготавливаете для Вашей антенны или экспериментально корректируйте катушку настройки. Для большинства приложений можно использовать значение  $\frac{1}{2}$  от емкости между цилиндрами, с достаточной точностью.

**Прочие емкости:** Имеется также другие емкости, которые очень трудно вычислить. Это емкость между нижним цилиндром и катушкой настройки. Необходимо будет настраивать антенну катушкой настройки, чтобы достигнуть центра рабочей частоты.

**Сопротивление Потерь (RL):** провод, которым намотана катушка настройки, будет иметь некоторое сопротивление, в зависимости от количества витков, диаметра провода, и рабочей частоты. Эффективность антенны связана с

количеством потерь в этом проводе, по сравнению с Сопротивлением Излучения. Оно может быть определено, вычислением тока в катушке настройки, проходящим через это сопротивление, тогда теряющаяся мощность  $P = I^2 R$ . Для мощностей до 100 ватт, используйте эмалерованный провод \*14. Для мощностей больших, используйте провод \*8.

**Эффективность антенны:** - выходная мощность, разделенная на входную. мощность, которая может быть выражена как  $\eta = R_r / (R_L + R_r)$  для обычных антенн. Есть также токи через емкости, которые шунтируют настройку, искажая ток в ЕН Антенне и которые не дают вычислить эффективность, по приведенной формуле, верно. Но, так как сопротивление излучения очень большое (120 Ом) по сравнению с сопротивлением потерь (доли Ома), эффективность ЕН Антенны приближается к 100%, если не используется очень тонкий провод для катушки настройки. (Это - десятый уникальный параметр).

**Катушка настройки:** индуктивность катушки настройки определяется емкостью трех (3) конденсаторов и используя их значение, можно вычислить величину индуктивности  $L = 1 / ((2\pi f)^2 (C_s + C_w + C_t))$ . Для расчета значения индуктивности и количества витков можно использовать известные формулы. Дополнительная информация будет представлена позже.

**Входная катушка:** Как было ранее сказано, частота, при которой происходит максимальное излучение, не может быть отождествлено с резонансной частотой. Максимальное излучение максимально, когда все правильно сфазировано. Минимум КСВ получается когда на входе минимальная реактивность со стороны передатчика. Это главное отличие от стандартных антенн. Если резонансная частота и максимальная частота излучения не одинаковы, передатчик предпочтет настроиться на частоту, где самый низкий КСВ. Это будет близко к резонансной частоте, но может быть далеко от частоты, где правильное фазирование диктует максимальное излучение, таким образом, излучение ЕН антенны будет низкое. Это становится очевидным, когда катушка настройки нагревается при передаче, даже если КСВ в передатчике имеет отличное значение, пока антенна не будет плавиться!!!

Если антенна представляет из себя катушку настройки совместно с емкостью цилиндров и включенным последовательно Сопротивлением Излучения, то максимальное излучение будет на резонансной частоте, как в стандартной антенне. Способ подключения к катушке настройки земли с одной стороны, обеспечивает почти -90 градусный поворот фазы. Однако, в связи с тем, что емкость  $C_w + C_t$  – действуют параллельно катушки настройки, а Сопротивление Излучения - только последовательно с  $C_s$ , имеется разница частот между частотой резонанса (минимум КСВ) и частотой с максимальным излучением. Такая разница может быть мала, и ее можно компенсировать, добавляя реактивное сопротивление последовательно во входную линию. Если значения  $C_w$  и  $C_t$  малы, тогда необходима дополнительная емкость на входе, корректирующая входной импеданс, чтобы он был  $R + j0$  при той же самой частоте, как и максимальное излучение. С другой стороны, если сама емкость катушки настройки или емкость между катушкой и нижним цилиндром большая, то необходима дополнительная входная индуктивность, чтобы скорректировать входной импеданс. Это - типичный

случай для радиолюбительских антенн из-за того, что катушка настройки располагается вблизи нижнего цилиндра. Лучше всего будет, если катушка настройки располагается от нижнего цилиндра на расстоянии одного диаметра.

## ГЛАВА 3 - КОНСТРУКЦИЯ

**ФИЗИЧЕСКИЕ ДЕТАЛИ:** После того, как мы рассмотрели различные компоненты (в реальной и виртуальной) ЕН Антенне, можно рассмотреть физическую конструкцию. В правой стороне Рисунка 3 - эскиз, показывающий конструкцию ЕН Антенны ЗВЕЗДА.

**Излучающая часть:** Как и в любой антенне, для начала, выбирается форма ее части, которая будет излучать. Выбирается соотношение длины цилиндров к их диаметрам. Для низкого угла излучения, характерного для АМ вещательного и радиолюбительских диапазонов на частоты более 7 МГц, или для работы с DX на низких частотах, соотношение L/D обычно выбирают равным 6:1 или меньше. Для радиолюбительских антенн ниже частоты 10 МГц используется угол излучения более высокий, он также характерен для ближних связей, поэтому соотношение L/D выбирается равным 12 или большим.

Чтобы оценить излучение ЕН Антенны в сравнении, пожалуйста, см. Рисунок 6 на следующей странице. Графики стандартных антенн были получены с помощью компьютерной программы MININEC. Информация не предназначена для практического использования радиолюбителями, но она дает наглядное представление о работе антенн. Начните с рассмотрения графика для Диполя в  $\frac{1}{4}$  длины волны. Излучение при 90 градусах очень хорошее, и уменьшается при уменьшении угла излучения. Диполь в  $\frac{1}{2}$  длины волны не работает хорошо при больших углах излучения, но дает увеличение излучения при более низких углах. Если диполь поднять выше, начинают заполняться пустые места на графике. Начинается излучение под более пологими углами, обусловленное коэффициентом усиления антенн. Рассмотрим вертикальный излучатель в  $\frac{1}{4}$  длины волны. Это хорошие антенны, не смотря на их простоту. Особенно в случаях, когда необходимое направление закрыто, например близлежащими зданиями, или если антенна не может быть поднята высоко над землей. Им также необходима хорошая система из 120 радиальных противовесов. Для диполей, график показывает излучение в направлении максимума излучения, которое перпендикулярно диполю.

Имеется также другой график - названный идеальной антенной. Мы вычислили образец гипотетической антенны, которая даст равный уровень сигнала при всех направлениях. Например, под углом 90 градусов, при ионосфере высотой 185 миль. На диапазоне 75 метров, 100 ваттный передатчик с усилением антенны - 10 dBi будет приниматься на диполь с уровнем сигнала  $S9 + 8 \text{ dB}$ . Если используются два  $\frac{1}{4}$  волновых диполя, уровень сигнала будет  $S9 + 24 \text{ dB}$ . Это будет разница в 16 dB. Если уровень принимаемого сигнала  $S9$ , это не имеет значения, поскольку уровень выше  $S9$ .

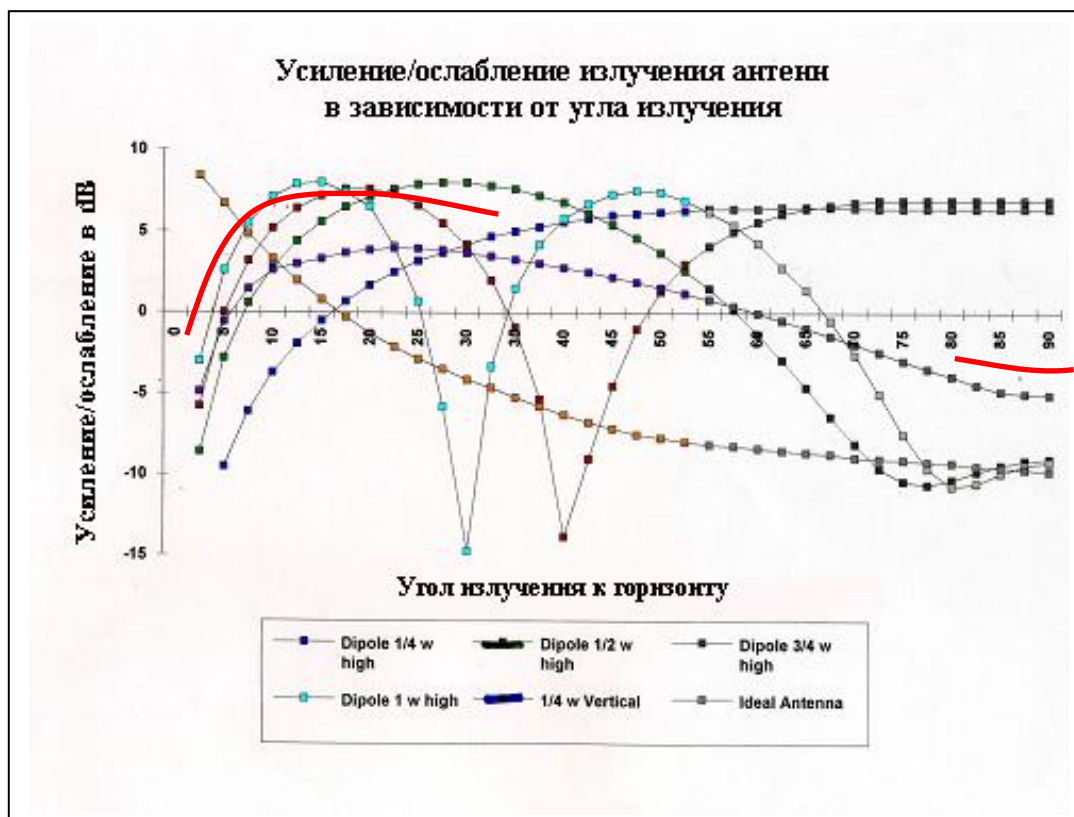


Рис. 6

Рассмотрим две вертикальные антенны при расстоянии 1500 миль, с углом излучения приблизительно 8 градусов. Усиление около + 2 dBi позволит принимать сигнал с уровнем S9 + 9 dB. Идеальная антенна, работающая с вертикальной антенной, создала бы уровень S9 + 11 dB. При использовании тех же самых антенн, на расстоянии 1500 миль, диполи позволили бы принимать сигнал с уровнем S8 + 5dB. На идеальную антенну уровень сигнала был бы + 4 dBi при угле излучения 8 градусов. Идеальная антенна работала бы хуже на близких расстояниях, но давала бы выигрыш на дальних.

Каково положение ЕН Антенны на этом рисунке? Для соотношения длины цилиндров к диаметру, равному 12:1, ЕН Антенна имеет усиление приблизительно от -8 dB до -10 dB по сравнению с диполем  $\frac{1}{2}$  длины волны, поднятым на  $\frac{1}{4}$  длины волны над землей. Для соотношения L/D равного 6, под низкими углами, ЕН Антенна — дает усиление приблизительно в 4 dB, в сравнении с  $\frac{1}{4}$  волновым излучателем. Мы нарисовали эти кривые красным цветом на рисунке 6. Это превосходная антенна для низкого угла излучения. График показывает значения, для высоты подъема антенны  $\frac{1}{4}$  длины волны над землей. Однако при высоте подъема, равном всего 0,1 длины волны, усиление уменьшилось бы на 4 dB.

Усиление вертикальной антенны было проверено путем измерений. ЕН Антенна сравнивалась со стандартной вертикальной АМ радиовещательной антенной. Также сравнивалась ЕН Антенна на любительский диапазон 40 метров с

полуволновой вертикальной антенной. Хотя ЕН Антенна лучше работала под более низкими углами, вертикальная антенна работала лучше под более высокими углами. Проводились также и другие испытания, на других частотах, с аналогичными результатами.

Эти сравнения помогут Вам решить, какую антенну Вы предпочитаете для Вашего режима работы. Надо подчеркнуть, что самая лучшая эффективность, при низких углах излучения ЕН Антенны происходит тогда, когда она находится не ниже  $\frac{1}{4}$  волны над землей. Например, на диапазоне 40 метров, это всего лишь 30 футов. Такая особенность дает Вам возможность расположить ЕН Антенну высоко над землей, выше, рядом расположенных зданий, так как она не требует радиальных противовесов, и излучение от цилиндров будет высоко над землей. Под высокими углами излучения, вертикально установленная ЕН Антенна, никогда не сможет работать лучше старого стандартного диполя. Однако, если у Вас мало места, а Вы хотите работать на диапазоне 160, 80 или 40 метров, то несомненно, ЕН Антенна Вас выручит. Под высокими углами, эффективность ее не ухудшается быстро, поскольку антенна имеет малые размеры, даже при низкой высоте подъема в 0,1 длины волны (но все же выше уровня крыши), ЕН Антенна будет очень хорошо работать.

ЕН Антенна – это типичный вертикальный диполь, поэтому его нельзя располагать близко к земле. С другой стороны она не требует радиальных проводов. Это является главным экономическим фактором при установке антенн для АМ Радиовещания, особенно на частотах выше 1200 КГц, когда маленькая ЕН Антенна может быть установлена без сложной металлической опорной мачты. Таким образом необходимо поднять антенну на высоту минимум в 0,1 длины волны и она будет равняться по эффективности стандартной, установленной на высокой металлической мачте, с увеличением излучения, при подъеме до  $\frac{1}{4}$  длины волны, минимумом при подъеме на  $\frac{1}{2}$  длины волны и затем опять максимумом при подъеме на  $\frac{3}{4}$  длины волны. Даже для 160 метрового диапазона, антенну надо будет поднять всего на 16 метров. Но даже при подъеме на 9-10 метров, антенна все еще будет работать хорошо. По этой причине, удобно использовать такую антенну для DX экспедиций.



Рис.7 Зависимость усиления от высоты подъема

Чтобы детально рассмотреть уровень излучения при разных высотах подъема ЕН Антенны, дочтаточно взглянуть на график Рис.7. График изначально был получен экспериментально, используя ЕН Антенну на 20 метровый диапазон и удаленный источник излучения. После этого была установлена АМ Радиовещательная ЕН Антенна и проверена в сравнении со стандартной антенной этого же диапазона (со 120 радиальными проводами), в соответствии со стандартами FCC (см. фотографию на обложке книги). Эти испытания и сравнения были выполнены должностным консультантом по АМ Радиовещанию, в соответствии с требованиями FCC, в рамках выданной лицензии, на эксплуатацию экспериментальной АМ Радиовещательной ЕН Антенны. Из графика видно, что ЕН Антенна, установленная на высоте 0,1 от длины волны, давала усиление всего на 0,84 децибела ниже, чем стандартная АМ Радиовещательная антенна того же диапазона. При установке антенны на  $\frac{1}{4}$  длины волны от земли, усиление равняется почти на 2 db больше, чем у стандартной антенны. Это конечно очень интересно и выявилось на стадии развития программы исследования ЕН Антенн. Также мы выяснили, что стальная мачта, используемая для установки цилиндров, сузила полосу пропускания антенны с расчетных 279 КГц до 40 КГц. Только намного позже, мы выяснили, как вычислять полосу пропускания ЕН Антенны. Сокращение полосы пропускания может вызвать снижение сопротивления излучения со 120 Ом до 17 Ом. Казалось бы, что такое сужение полосы пропускания, почти в 7 раз, должно резко улучшить эффективность антенны. Однако наши вычисления показывают, что разница была бы всего в доли децибела. В этом различие между стандартной антенной для АМ Радиовещания и ЕН Антенной почти на 3 децибела, немного меньше, чем 4 децибела, наблюдаемые в других измерениях. Однако с тех пор мы выяснили, что отношение  $L/D$  равное 3, увеличило бы угол излучения по сравнению с соотношением 6:1, используемым при испытаниях, таким образом, 4 децибела это правильно. Главный вывод из просмотра этого графика то, что при высоте подъема на 0,1 длины волны, усиление ЕН Антенны почти равно усилению стандартной антенны со 120 радиальными проводами. Как ранее говорилось, излучение от цилиндров, находится далеко от земли и никакие радиальные провода не требуются.

В некоторых условиях, желательно иметь больший контроль над выбором угла излучения, чем предлагаемый, изменением соотношения длины цилиндров к их диаметру. Это может быть достигнуто использованием би-конусной формы. (Это - одиннадцатый уникальный параметр). Хотя эти антенны излучают на 360 градусов по азимуту, они могут создавать очень узкое повышенное излучение в этой области и дополнительное усиление. Дisko-конусная антенна показана на рисунке 8В, угол излучения равен  $\frac{1}{2}$  угла между диском и конусом. Подтверждением сказанного был эксперимент, проведенный на антенне АМ Радиовещания. Би-конусная антенна показана на рисунке 8А – у нее узкий луч излучения, который параллелен земле, когда би-конус ориентирован, как показано на рисунке. К сожалению, мы не имеем точного значения усиления в настоящее время, но это важно. В обоих случаях рекомендуемая схема фазирования -  $L + T$ .

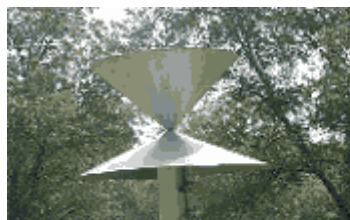


Рис. 8а  
Би-конусная антенна  
на диапазон 40 метров

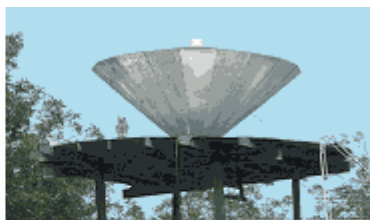


Рис. 8б  
Диско-конусная  
антенна

Разные конфигурации ЕН Антенн рассматривались здесь; поэлементно и детально. Мы показали, что каждая антенна, в целом, может быть очень маленьких размеров, даже на 160 метровом диапазоне. Из-за ограниченных Е и Н полей, исходя из конструкции антенны (все элементы активны – нет паразитных элементов), близко расположенные предметы не могут взаимодействовать с антенной, поэтому их влияние очень мало. (Это - двенадцатый уникальный параметр).

**Полоса пропускания:** следующий шаг в выборе конструкции, является выбор полосы пропускания. Используя уравнение для вычисления емкости между цилиндрами, и принимая во внимание Сопротивление Излучения – 120 Ом, диаметр цилиндров может быть легко вычислен. Чтобы помочь в этом процессе, на рисунке Рис. 9 представлена диаграмма, по которой можно определить емкость между цилиндрами, в зависимости от их диаметра. Представлены два (2) графика. Верхний - для отношения  $L/D$  равным 12, нижний - для отношения  $L/D = 6$ .



Рис. 9 - ЕМКОСТЬ МЕЖДУ ЦИЛИНДРАМИ

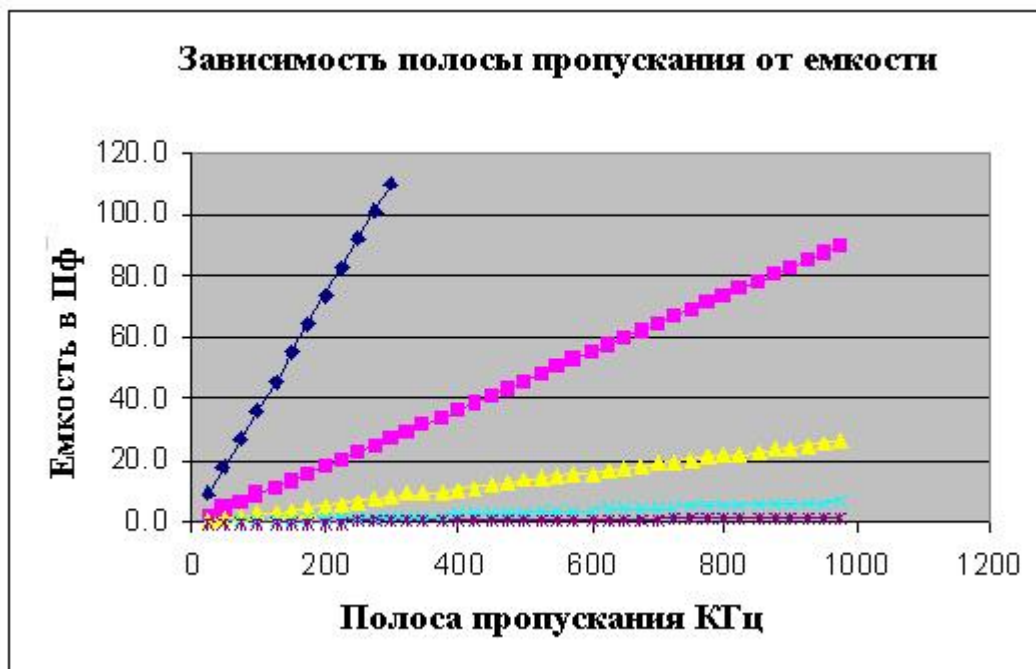


Рис. 10 ШИРИНА ПОЛОСЫ ПРОПУСКАНИЯ АНТЕННЫ ПО УРОВНЮ 3dB, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕМКОСТИ МЕЖДУ ЦИЛИНДРАМИ.

На рисунке Рис.10 приведен график зависимости полосы пропускания антенны от емкости между цилиндрами, для диапазонов 160 метров (темно-синий), 80 метров (фиолетовый), 40 метров (желтый), 20 метров (бирюзовый) и 10 метров (коричневый).

Обратите внимание, что очень маленькая емкость требуется для более высокочастотных диапазонов. С другой стороны, для низкочастотных диапазонов требуется большая емкость, что и обуславливает размеры цилиндров. только очень малая пропускная способность(емкость,способность) требуется для данной ширины полосы частот при более высоких частотах. С другой стороны большая емкость требуется для более низких частот, таким образом, требуются большие цилиндры. Например для ЕН Антенны АМ Радиовещания были использованы цилиндры 36 дюймов в диаметре и 18 футов высотой. Однако для АМ Радиовещательного диапазона более 120 КГц использовались цилиндры диаметром только 9 дюймов и длиной 54 дюйма, при обеспечении заданной полосы пропускания. (Фотография такой антенны приведена на обложке книги). Интересно, что коэффициент перекрытия по частоте в такой антенне был  $1700/540 = 3,5$ . Это намного большее перекрытие, чем от диапазона 80 метров до 30 метрового и от 30 метрового до 10 метрового. Обратите внимание, что размер антенны не зависит от частоты, а диктуется только полосой пропускания антенны. Теоретически, ЕН Антенну можно изготовить на любой диапазон, однако уже на диапазоне 2 метра, они становятся очень маленькими. На более высокочастотные диапазоны сделать их уже очень трудно.

В следующих параграфах, мы на примерах объясним технические детали. Чтобы использовать эти графики, выберите требуемую ширину полосы пропускания антенны, например 300 КГц на 40 метровом диапазоне. Между прочим, мы сделали вычисления, основанные на полосе пропускания по уровню  $\pm 3$  dB, ширина полосы пропускания по уровню 2:1 КСВ будет приблизительно равна  $\frac{1}{2}$  от 3 dB ширины полосы пропускания. Необходимо также отметить, что блок настройки антенны будет хорошо согласовывать антенну в полосе пропускания 3 dB, преобразовывая импеданс антенны к очень низкому КСВ, чтобы передатчик работал в хорошем режиме. Не используйте блок настройки антенны, чтобы согласовывать антенну вне 3 dB ширины полосы пропускания, даже если может быть достигнут низкий КСВ. Причина в том, что блок настройки может изменять реактивное сопротивление на входе, что вызовет нарушение фазирования антенны, которое, в свою очередь, изменит частоту на которой происходит максимальное излучение. При резонансной частоте (обычно самый низкий КСВ) эффективное Сопротивление Излучения может снизиться значительно. В этом случае большое количество мощности передатчика будет рассеиваться на сопротивлении потерь. В этом случае передатчик нагревает катушку настройки и может привести к ее разогреву настолько, что антенна станет очень горячей и превратиться в уголь. Здесь можно дать один совет – купить или сделать самому измеритель напряженности поля, чтобы его использовать для правильной настройки антенны.

Теперь пример: Для полосы пропускания 600 КГц на уровне 3 dB (300 КГц при КСВ 2:1) на 40 метровом диапазоне, по графику находим емкость между цилиндрами, приблизительно 16 Пф. Первый график, для отношения  $L/D = 12$  показывает необходимость использования цилиндров диаметром 2 дюйма. Это будет большая универсальная радиолобительская антенна. С другой стороны, если хочется построить хорошую антенну для работы с DX, при КСВ равном 2:1 и шириной полосы пропускания 600 КГц на диапазон 40 метров, потребовались бы цилиндры диаметром в 3 дюйма. Это большая антенна по стандартам ЕН Антенны, даже если она измеряется дюймами, в то же время обычные антенны, в этом случае, измеряются многими десятками футов (от 468/7 до 67 футов при 7 MHz), сравним примерно с  $\frac{1}{2}$  волновым диполем, или 34 фута для  $\frac{1}{4}$  волнового вертикального излучателя.

Если читатель, рассматривая антенну диаметром 3 дюйма, и имеющую длину 6.25 футов, решает, что она все равно слишком большая для 40 метрового диапазона, имеются варианты. Уменьшите ширину полосы пропускания антенны до той величины, которая Вам необходима для нормальных связей или используйте сердечник в катушке настройки, чтобы двигая его с помощью винта, иметь возможность менять частоту настройки по диапазону (это можно делать дистанционно), или используйте  $\frac{3}{4}$  волновую линию питания. Об этом будет сказано позже.

Графики, приведенные выше, основаны на предположении, что эффективное Сопротивление Излучения равняется 120 Ом. Ваша антенна может иметь небольшие отклонения. Однако, если ваша антенна сделана, и последние

испытания номинально не совпадают с расчетной шириной полосы пропускания, необходимо определить причину, перед тем, как начать использовать антенну.

Надо отметить, что на 40 метровый диапазон можно создать очень маленькую антенну, которая будет в выигрыше по сравнению с большой антенной. Также интересно обратить внимание на интересный факт, чтобы сделать стандартную антенну с широкой полосой пропускания, необходимо использовать, по крайней мере, петлевой вибратор. В этом случае полоса пропускания увеличивается, но размеры остаются прежними  $\frac{1}{2}$  длины волны. Есть и еще интересная особенность – можно использовать блок настройки антенны, чтобы настроить диполь в широком диапазоне частот. Это происходит потому, что Сопротивление Излучения стандартной антенны почти постоянно, несколько изменяясь с частотой. Сравните это с ЕН Антенной, где есть максимум сопротивления излучения, на котором антенна правильно сфазирована. На других частотах, сопротивление излучения почти равно нулю. Именно по этой причине ЕН Антенна не излучает на гармониках. (Это - тринадцатый уникальный параметр).

Для тех, кто предпочитает вычисления, уравнения могут быть представлены в формате программы Excel. Нужно будет просто ввести необходимые параметры и можно будет сразу увидеть результирующую полосу пропускания антенны, Q, и суммарную длину антенны. Это позволяет читателю прежде все прикинуть и рассчитать, а потом заняться постройкой антенны. Обратите внимание: в уравнении ширины полосы пропускания, используется значение 120 Ом для R. Полная программа, которая вычисляет все параметры ЕН Антенны, находится на сайте. Я сделал эту программу, а другие радиолюбители переработали ее для различных форматов данных.

| Введите частоту, Диаметр цилиндров (в дюймах), и отношение L/D |      |       |            |                             |
|----------------------------------------------------------------|------|-------|------------|-----------------------------|
| Частота                                                        | 1,9  | МГц   |            |                             |
| Диаметр цилиндров                                              | 2,25 | Дюйма |            |                             |
| Отношение L/D                                                  | 12   |       |            |                             |
| C                                                              | 19,4 | Пф    | C (Пф) =   | $0,546 * L/D + 2,06 * D$    |
| BW                                                             | 52,7 | КГц   | BW (КГц) = | $R * C * 6,28 * F^2 / 1000$ |
| Q                                                              | 36,0 |       | Q =        | $F / BW$                    |
| Общая длина                                                    | 4,7  | Футов | Длина =    | $D + 2 * D * L/D$           |

Прежде, чем мы закончим эту тему, имеется другой важный момент, который необходимо учитывать в процессе конструирования. Чтобы поля внутри антенны правильно взаимодействовали, **интервал между цилиндрами должен быть равен диаметру**. Один (1) диаметр, включен в суммарную длину антенны при вычислениях.

Теперь, посмотрите на антенну 40 метрового диапазона, которую Вы только что разрабатывали. Диаметр был 2.25 дюйма, и длина каждого цилиндра была от 12\*2.25 до 27 дюймов. Следовательно, суммарная длина антенны - только

27 + 2.25 + от 27 до 56.25 дюймов. Мы имеем антенну на 40 метровый диапазон, которая немногим больше, чем 2 дюйма в диаметре и меньше чем 5 футов в высоту. Рассмотрите эту антенну другим способом. Эта антенна имеет длину  $56.25 / ((984/7) * 12) =$  от 0.033 до 3 % длины волны. Это маленькая антенна. Однако, если Вы желаете выбрать полосу пропускания антенны, антенна могла бы быть очень маленькая. Обратите внимание на пример вычислений для ЕН Антенны 160 метрового диапазона выше. Большинство радиолюбителей используют антенны для 160 метрового диапазона с очень узкой полосой пропускания, в то время как маленькая ЕН Антенна может обеспечить полосу пропускания в 50 КГц по уровню 3 dB, что эквивалентно 120-футовому диполю.

Можно воспользоваться очень полезным приемом, оснастив катушку настройки медным или алюминиевым сердечником, который перемещается внутри катушки с помощью настроечного винта, это также средство для настройки антенны. Такой прием может исключить потребность в антенне с широкой полосой пропускания и уменьшить ее размеры. Например, фирма FR Radio Lab в Японии, производит ЕН Антенну, которая имеет цилиндры диаметром 1 дюйм и L/D 12 для суммарной длины 25 дюймов (0.8 % длины волны) для 80 метрового диапазона. Маленький двигатель перемещает сердечник в катушке настройки и допускает покрытие по частоте от 3.5 до 4 MHz. Поскольку подвижный сердечник изменяет и фазу и резонансную частоту, низкий КСВ может быть достигнут в широкой полосе частот.

К настоящему времени я уверен, что Вы, читатель, поняли, что это не стандартная антенна, следовательно, размер может быть выбран для желаемой полосы пропускания. Независимо от размера, все параметры антенны не приводят к потере эффективности. На низких частотах, когда количество витков в катушке большое, эффективность немного упадет, но совсем незначительно. Например, предположим, что сопротивление потерь в катушке настройки равно – 0,5 Ом. Тогда эффективность антенны будет:  $120/(120+0,5) = 99,6\%$ . Если потери увеличатся вдвое, то эффективность уменьшится до:  $120/(120+1) = 99,2\%$ . В последующих параграфах мы представим необходимые детали для выполнения антенны. Мы будем использовать предыдущие примеры, для концепция ЕН Антенны была понятна.

## **ГЛАВА 4 – СТРОИМ АНТЕННУ НА ДИАПАЗОН 40 МЕТРОВ.**

**Подготовка:** Так как мы определились с концепцией ЕН Антенн, мы можем теперь переходить к постройке антенны, пробовать и измерять ее возможности. Это будет ответ на вопрос противников антенны - это действительно работает, или противники были правы? Вы можете доказать это сами.

Мы сделаем очень простую и дешевую антенну, которая может быть создана в очень короткое время. Помните, что это демонстрация, а не Мона Лиза, которую надо выставить в Лувре. После того, как Вы поэкспериментируете и увидите, что антенна действительно работает, Вы можете выбрать лучшую антенну, чтобы сделать себе то, что действительно Вам необходимо. Во вторых, Вы

строите антенну для себя, она может быть и не так красива, но есть выражение: Мать всегда любит своих младенцев.

Почему 40 метровый диапазон? Антенна достаточно мала, и допускает проведение экспериментов дома, также частота не высокая и компоненты не так критичны к точности выполнения, и их можно скорректировать. Далее, 40 метровый диапазон почти всегда открыт, и позволит Вам выйти в эфир, после того как Вы сделаете и настроите антенну. Пожалуйста, не подводите полную мощность, пока Вы не уверены, что антенна должным образом настроена и проверена. Лично, я нахожу забавным наблюдать, как антенна тает на глазах, когда она не настроена должным образом, но Вы не можете чувствовать то же самое, когда Ваше детище скрывается в клубах дыма. Антенна, которую мы собираемся строить, будет ограничена возможностью подвести к ней 100 ватт. Вы поймете, почему, а сейчас мы продолжим.

**Требующиеся детали:** имеются три (3) вещи, которые Вы должны иметь прежде, чем начнете делать антенну:

1) Вы должны иметь измеритель напряженности поля. Вы можете его сделать сами, применив диод, или купить на рынке или у других радиолюбителей. Много их появилось, когда стали продавать универсальные приборы для СВ диапазона: комбинированные КСВ метры и индикаторы поля. Индикатор поля обычно не чувствителен к используемому диапазону частот.

2) Вам будет необходима труба, чтобы создать антенну. Мы рекомендуем использовать стандартную полипропиленовую, сантехническую трубу 2 дюйма диаметром. Диаметр определен стандартом, применяемым в сантехнике. Наружный диаметр (OD) будет приблизительно 2.25 дюйма. Только используйте белую трубу, или очистите пластмассу. Если труба окрашена, цвет – это результат включения частиц углерода, и они становятся очень активными в присутствии ВЧ энергии. Результат - тепло, а это не хорошая вещь для пластмассовой трубы, и не улучшает эффективности антенны. Даже белая труба содержит частицы, чтобы защитить ее от ультрафиолетового излучения. Это не хорошо, но терпимо. Обычно пластмассовая труба продается длиной по 10 футов за очень низкую цену.

3) Вы будете нуждаться в некотором количестве медного обмоточного провода в лаковой изоляции (по стандарту США, тип – 14. *прим. пер.*). Для экспериментальной антенны, не используют никакой другой тип изоляции. Этот провод доступен в любом вычислительном центре, или мастерской, где перематывают двигатели и генераторы.

Очень желательно иметь Измеритель Импеданса типа AEA Bravo (приблизительно \$ 2200) и Генератор ВЧ сигналов (но он не так необходим), а также индикатор поля.

**Конструкция:** Даже если мы обсуждаем размер для 40 метрового диапазона, это все равно кажется слишком большим, для конструкции новичка. Следовательно, позвольте нам рассматривать только DX антенну для 40 метрового диапазона с

отношением длины к диаметру 3:1. Большинство материала для этого, легко доступно. Давайте рассмотрим антенну на трубе 2.25 дюйма. Емкость между цилиндрами такой антенны будет 8,3 Пф, а ширина полосы пропускания по уровню 3 dB будет 307 КГц, или приблизительно 150 КГц при КСВ 2:1. Антенна будет иметь  $2.25 \times 3 = 6.75$  дюйма цилиндры и полную длину  $2.25 + 2 \times 6.75 = 15.8$  дюйма. Это вполне приемлемо для первого изготовления. К сожалению, поскольку Вы продолжаете процесс конструирования, Вы увидите, что Вам необходимо, приблизительно, 27 витков провода, потому что емкость цилиндров малая. Это - не лучшая конструкция.

Рассмотрим трубу диаметром 3 дюйма (3.25 OD) и DX антенну (3:1 L/D). Она будет иметь емкость между цилиндрами около 11 Пф и ширину полосы пропускания по уровню  $\pm 3$  dB около 444 КГц, или при КСВ 2:1 около 222 КГц. Так как диаметр трубы большой и емкость между цилиндрами большая, катушка будет более приемлемая, и будет содержать 15 витков. Теперь, цилиндры будут длиной по  $3 \times 3.25 = 9.75$  дюймов. Это уже более подходит к той алюминиевой фольге, которую Вы захватите из кухни вашей жены, чтобы делать цилиндры. Полная длина антенны будет  $3.25 + 2 \times 9.75 = 22.8$ , несколько меньше чем 2 фута. Катушка настройки потребует дополнительную длину трубы, примерно в 1 дюйм, плюс интервал приблизительно в 3 дюйма, таким образом, общая длина равна  $22.8 + 4 = 27$  дюймов.

Затем, вычислите емкость провода через нижний цилиндр.  $C_w = 0.614 / \log(C/W) \times 6.75 = 0.614 / \log(3.25/0.064) \times 9.75 = 0.614 / 1.71 \times 9.75 = 3.51$  Пф. Теперь Вы можете видеть, что это значение мало, по сравнению с емкостью между цилиндрами.

Теперь нам надо узнать емкость катушки настройки. Теперь, у нас проблема яйца и курицы: как мы вычислим емкость, если мы не знаем индуктивность, и как мы узнаем индуктивность, если мы не знаем емкость? Ответ - предположить, а затем повторить вычисления несколько раз, пока Вы не получите точное значение. С другой стороны, почему может быть затруднительно выполнять вычисления, когда имеется другой конденсатор, у которого мы не можем вычислить емкость, включая емкость между нижним цилиндром и катушкой настройки. Если мы предположим, что мы имеем емкость равную  $\frac{1}{2}$  от емкости между цилиндрами, что равно приблизительно 6 Пф, то нам необходима катушка  $L = 1 / ((2\pi f)^2 C) = 1 / ((2\pi \times 7e6)^2 \times (12 + 3.5 + 6) \times 10^{-12}) = 24$  микрогенри. Это интересно, но что нам действительно хочется узнать - сколько витков провода нам необходимо намотать! Пробуйте это,  $n = (L \times (18D + 10B) / ((D/2))^2)^{.5}$ , где L - индуктивность в микрогенри, D - диаметр катушки в дюймах, и B - длина катушки в дюймах. Теперь мы имеем другую курицу, и проблему яйца - мы должны знать длину катушки прежде, чем мы можем вычислять количество витков. При использовании провода (#14), мы можем использовать значение 0.064 для диаметра провода. Это дает  $1/0.064 = 15.6$  витков/дюйм, витки/дюйм - это при идеальной намотке. Помните, мы точно не уверены относительно емкости, так что наша индуктивность - ориентировочная, и теперь мы добавляем новую переменную. Я хочу сделать маленькое добавление - необходимо сделать

несколько расчетов и измерений, затем добавляют несколько дополнительных витков, чтобы всегда был запас, который можно потом использовать.

Я изменил уравнение, приведенное выше, чтобы включить в него длину катушки, как функцию от количества витков. Вот это уравнение:

$$N=(10LS+((10LS)^2+4\pi^2D^3L)^{0,5}/(D^2/2)).$$

где N = число витков, L - индуктивность в микрогенри, D - диаметр катушки (в дюймах), T - количество витков на дюйм (15.6 для провода \* 14), S – диаметр провода в дюймах (0,064 для провода \*14). Хотя в книгах можно найти оптимальное соотношение между диаметром и длиной катушки, для ЕН Антенны это не дает должного эффекта. Это происходит в основном потому, что основное сопротивление потерь приходится на катушку настройки, а так как сопротивление потерь является очень маленьким, по сравнению с сопротивлением излучения, Q катушки очень слабо влияет на эффективность антенны.

Решив уравнение, мы находим, что нам необходимо 15 витков. Добавьте пару дополнительных витков, потому что проще удалить витки, чем добавить их. Фактически, когда Вы наматываете катушку, сделайте на каждом витке небольшую петлю (отвод) или хотя бы через виток, это позволит Вам в дальнейшем более точно подобрать витки. Какой длины должна быть катушка? Просто умножьте число витков на диаметр провода, ответ –  $15 \times 0,064 =$  приблизительно 0,96 дюйма.

Наматывайте катушку, отступя один диаметр цилиндра, ниже нижнего цилиндра. Верхний конец катушки пропустите по центру трубы к верхнему цилиндру, но не подключайте его к нему. Между этим концом провода и верхним цилиндром наматывайте фазирующую катушку, соединяющуюся одним концом к верхнему цилиндру, а другим с проводом от катушки настройки, идущем по центру трубы. Затем соедините нижний цилиндр и нижний конец катушки настройки проводом, идущим по внутренней стенке цилиндра. На катушке настройки мы сделали небольшие отводы, к которым, в дальнейшем, с помощью «крокодила» сможем подключать провод от входной катушки, для настройки антенны, зачистите торцы этих отводов и облудите.

Вы только что построили ЕН Антенну для 40 метрового диапазона. Правда, это еще не антенна, пока линия передачи не подсоединена. Используйте короткий кабель (приблизительно длиной 3 фута) от испытательного оборудования до антенны. Экран кабеля соединяется с нижней частью катушки настройки; средний проводник кабеля соединяется с отводом, у нижнего конца катушки. Начните испытания подключившись к 1-му витку (отводу).

**КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА:** Вы изучили все детали ЕН Антенны и прошли, поэтапно, все стадии ее изготовления. Для облегчения этого процесса разработана компьютерная программа для расчета ЕН Антенны. Если она не прилагается к книге, которую Вы получили, то Вы всегда можете найти ее на сайте. Эта программа выполнена в формате EXCEL. Джек преобразовал программу, чтобы с ней было удобно работать. Если бы была только программа в EXCEL, то неопытный пользователь мог бы легко запутаться, поэтому мы приводим ее здесь в деталях:

|                                                                         |       |                                             |                                                  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|--|--|--|--|
|                                                                         |       |                                             |                                                  |  |  |  |  |
| <b>ПРИМЕР ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ЕН АНТЕННЫ</b>                          |       |                                             |                                                  |  |  |  |  |
|                                                                         |       |                                             |                                                  |  |  |  |  |
|                                                                         |       | программа                                   |                                                  |  |  |  |  |
|                                                                         |       | Ted Hart CEO,<br>EH Antenna<br>Systems, LLC |                                                  |  |  |  |  |
| <b>вводимые параметры отмечены голубым цветом</b>                       |       |                                             |                                                  |  |  |  |  |
| Частота                                                                 | 7     |                                             |                                                  |  |  |  |  |
| Диаметр цилиндров                                                       | 3,25  |                                             |                                                  |  |  |  |  |
| Отношение L/D                                                           | 3     |                                             |                                                  |  |  |  |  |
| C =                                                                     |       |                                             |                                                  |  |  |  |  |
| Xc =                                                                    |       |                                             |                                                  |  |  |  |  |
| Полоса по уровню +/-<br>3 dB                                            |       |                                             |                                                  |  |  |  |  |
| Q =                                                                     |       |                                             |                                                  |  |  |  |  |
| Длина в дюймах =                                                        |       |                                             |                                                  |  |  |  |  |
| Длина в футах =                                                         |       |                                             |                                                  |  |  |  |  |
| <b>Вставьте среднюю величину полосы пропускания законченной антенны</b> |       |                                             |                                                  |  |  |  |  |
|                                                                         |       |                                             |                                                  |  |  |  |  |
| Средняя величина<br>полосы пропускания<br>BW =                          |       |                                             |                                                  |  |  |  |  |
| RR =                                                                    | 119,0 | Ом                                          |                                                  |  |  |  |  |
| Ошибка вычислений,<br>по сравнению с<br>измерениями =                   | -0,9  | %                                           |                                                  |  |  |  |  |
| <b>Вычисление параметров катушки настройки</b>                          |       |                                             |                                                  |  |  |  |  |
|                                                                         |       |                                             |                                                  |  |  |  |  |
| Диаметр провода =                                                       | 0,064 | дюйм                                        | используется<br>провод *14                       |  |  |  |  |
| Шаг намотки =                                                           | 0,064 | дюйм                                        |                                                  |  |  |  |  |
| Витков/дюйм                                                             | 15,6  |                                             |                                                  |  |  |  |  |
| Диаметр витка =                                                         | 3,25  | дюйм                                        |                                                  |  |  |  |  |
| Емкость провода в<br>цилиндре =                                         | 3,5   | Пф                                          |                                                  |  |  |  |  |
| Емкость катушки<br>настройки =                                          | 6,0   | Пф                                          | Ориентировочн<br>о                               |  |  |  |  |
| Индуктивность<br>катушки настройки =                                    | 24,0  | микрогенр<br>и                              |                                                  |  |  |  |  |
| Количество витков =                                                     | 15    |                                             | $(10LS \pm ((10LS)^2 + 4.5D^3L)^{.5} / (D^2/2))$ |  |  |  |  |
| Длина катушки<br>настройки =                                            | 0,9   | дюйм                                        |                                                  |  |  |  |  |

|                                                                                                                                                                                                                       |              |      |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|--|--|--|--|
| Длина провода =                                                                                                                                                                                                       | 48,1         | дюйм |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                       |              |      |  |  |  |  |
| Примечание: значение индуктивности вычисляется, принимая, что емкость катушки равна примерно половине емкости между цилиндрами. Это может привести к незначительной ошибке в расчете.                                 |              |      |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                       |              |      |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                       |              |      |  |  |  |  |
| <b>Вычисление эффективности антенны</b>                                                                                                                                                                               |              |      |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                       |              |      |  |  |  |  |
| Сопротивление потерь на ВЧ в катушке =                                                                                                                                                                                | 0,17         | Ом   |  |  |  |  |
| Эффективность антенны =                                                                                                                                                                                               | <b>99,86</b> | %    |  |  |  |  |
| Эффективность антенны =                                                                                                                                                                                               | -0,006       | dB   |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                       |              |      |  |  |  |  |
| Истинная эффективность будет несколько меньше, из-за токов в емкости катушки, включенной параллельно катушке. Но, из-за того, что сопротивление излучения намного больше потерь в катушке, это влияние незначительно. |              |      |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                       |              |      |  |  |  |  |
| <b>вычисление длины провода для фазированной катушки</b>                                                                                                                                                              |              |      |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                       |              |      |  |  |  |  |
| Длина провода                                                                                                                                                                                                         | 28,1         | дюйм |  |  |  |  |
| Длина провода                                                                                                                                                                                                         | 2,3          | фут  |  |  |  |  |
| Количество витков =                                                                                                                                                                                                   | 2,8          |      |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                       |              |      |  |  |  |  |

**НАСТРОЙКА ЕН АНТЕННЫ:** Вы создали что-то, что хотели бы, чтобы работало как антенна. Однако, если Вы не настроите антенну правильно, Вы будете иметь только грудку материала, который ничего не будет стоить. И так, чтобы преобразовать сделанное Вами устройство в красивую для глаза вещь, пожалуйста, прочитайте и поймите следующую информацию, а затем примените ее правильно. Если Вы все сделаете правильно, Вы будете иметь хорошую антенну. Если Вы решаете настраивать эту антенну, таким способом, как Вы настраиваете обычные антенны Герца, то считайте, что все ваши предыдущие усилия были потрачены впустую, и Вы никогда не будете иметь пользы от этой антенны. Многие из таких антенн лежат в куче отходов и многие радиолюбители осуждают ЕН Антенну, потому что они не пытались понять концепцию этой антенны и должным образом настроить ее.

Я предлагаю Вам иметь для настройки, хотя бы две необходимые вещи из приборов: генератор ВЧ сигнала и Индикатор поля. Если Вы обладаете достаточным терпением, Вы можете использовать ваш передатчик в качестве генератора ВЧ сигналов, но это будет очень трудно и задача, решаемая за 5 минут, займет у Вас многие часы.

**Вы НЕ можете продолжить дальнейшую работу без Индикатора Поля.**

Необходимо сделать отверстие в верхней части антенны и повесить антенну на нити, закрепленной на крюке в потолке. Высота должна быть удобна для настройки антенны и подбора витков на катушке настройки.

Чтобы провести настройку правильно и исключить влияния извне, заземлите антенну проводом, идущим к вашему источнику ВЧ сигнала, если другого заземления Вы не имеете.

**Частота Правильного Фазирования:** Первый шагом в процессе настройки должно быть нахождение частоты, на которой происходит правильное фазирование. Да, я сказал фазирование, не резонанс. Все, что Вы должны делать - наблюдать за показаниями Индикатора Поля (ИП) и перестраивать генератор ВЧ сигнала по диапазону, в котором будет работать антенна. Максимум, индицируемый на ИП, укажет Вам, где антенна создает максимальное излучение. Она также является частотой, где фазирование правильно (-90 градусов между цилиндрами). Переключая отвод на верхней части катушки настройки (изменяя индуктивность катушки настройки), находим положение, где Индикатор Поля имеет наибольшие показания в 40 метровом диапазоне. Это будет частотой, при которой фаза между цилиндрами будет 90 градусов.

Если Вы не имеете генератор ВЧ сигнала, можно использовать передатчик. Установите мощность передатчика минимальной в середине диапазона, на котором Вы настраиваете антенну. Переключайте отводы на верхней части катушки настройки, до тех пор, пока показания Индикатора Поля не станут максимальными.

**Соответствующий Импеданс:** Это будет повторяющийся процесс, так как все подготовлено, чтобы не тратить много времени на это. Цель состоит в том, чтобы подстроить антенну так, чтобы обеспечить импеданс  $50 + j0$  (резонанс), при той же самой частоте, на которой происходит максимум излучения. Потому что процесс повторяющийся, не тратьте много времени, чтобы получить точные показания, достаточно приблизиться к этому значению. Если Вы не имеете измерителя импеданса, то используйте передатчик для корректировки. Большинство передатчиков не дает точные значения КСВ, при малой мощности, так что устанавливают мощность приблизительно в 10 ватт, для этого испытания, или минимальную мощность, совместимую с точными показаниями КСВ метра.

**Корректировка Входного Импеданса:** Сначала, следите за КСВ, и переместите отвод от линии передачи к следующему витку, чтобы добиться минимума КСВ - при сохранении частоты передатчика и при частоте с максимальным излучением. Мы хотим добиться входного сопротивления 50 Ом, но надо помнить, что соответствующее фазирование и резонанс не будут на одной и той же частоте. Для того, чтобы обратить на это внимание, настройте передатчик на минимум КСВ и обратите внимание на максимум излучения. Если имеется разность между двумя этими частотами, то это должно быть исправлено повторной настройкой

Как было предварительно сказано, на входе может быть использована дополнительная реактивность. Это может быть или индуктивность или емкость. Для изготовления этой индуктивности намотайте, отступя пару дюймов ниже катушки настройки, приблизительно 5 витков провода вокруг трубы. Соедините эту катушку между средней жилой подводящего кабеля и отводом на нижнем конце катушки настройки. Проверьте все снова и определите, сходятся ли эти две частоты или надо подбирать отвод и катушку далее. Если они близки друг к другу, тогда корректируют размер входной катушки, чтобы добиться равенства частот. Если катушка заставила частоты сдвигаться обособленно, то необходимо включить вместо катушки конденсатор. Без измерителя импеданса, действительно невозможно определить правильное значение необходимого реактивного сопротивления, за исключением как экспериментальным путем. Добавьте конденсатор, величиной примерно в 10 Ом реактивного сопротивления, для первого испытания.  $C = 1 / (2\pi F X_c)$ . На 40 метровом диапазоне это будет приблизительно 470 Пф. Снова, скорректируйте его значение, для того чтобы добиться равенства частот.

Если используется конденсатор, то ток через этот конденсатор должен быть учтен, при выборе типа соответствующего конденсатора. Предположите, что Вы используете 100 ватт, и линия подачи - 50 Ом. Следовательно, ток  $I = (P/R)^{.5} = (100/50)^{.5} = 1.4$  Ампера. Это - намного больше, чем может выдержать маленький конденсатор. Это легко может быть проверено, применяя 100 ваттный передатчик и наблюдая, сколько пройдет времени до того, прежде, чем Вы услышите взрыв, и окружающее пространство заполнится неприятным запахом. Мы считаем, что только те антенны, которые имеют большую катушку настройки, хорошо отделенную от нижнего цилиндра, будут нуждаться в конденсаторе. Это должно помочь Вам.

Рисунки 11 и 12 помогут объяснять, что частота с наименьшим КСВ, и частота с максимумом излучения - не одно и то же. Эти графики для антенны 75 метрового диапазона. На рисунке 8 видно, что минимум КСВ происходит при намного более низкой частоте, чем частота с максимумом излучения. Даже если график реактивного сопротивления проходит нуль дважды, минимум КСВ происходит, когда реактивное сопротивление нулевое, и сопротивление близко к 50 ohms. На рисунке 11 добавлена небольшая реактивность на входе, чтобы сдвинуть резонансную частоту, чтобы было совпадение с частотой фазирования, и согласованием в 50 Ом. Здесь мы видим нулевое реактивное сопротивление, при частоте максимального сопротивления в 50 ом и минимумом КСВ. Обратите внимание, что минимум КСВ происходит, где реактивное сопротивление нулевое, а максимум излучения максимален. Эти графики иллюстрируют сложный характер работы ЕН Антенны и главную причину того, что много радиолюбителей не сумело правильно настроить ЕН Антенну. Таким образом, они не смогли достичь максимальной эффективности антенны. Эти графики точно такие же, которые Вы могли бы видеть на очень дорогом анализаторе. Из-за того, что Вы не имеете такого прибора, нет причин огорчаться, что Вы не сможете настроить антенну правильно. Для этого достаточно иметь лишь ВЧ генератор и Индикатор Поля, конечно, потребуется гораздо больше времени, но результат будет такой же положительный.

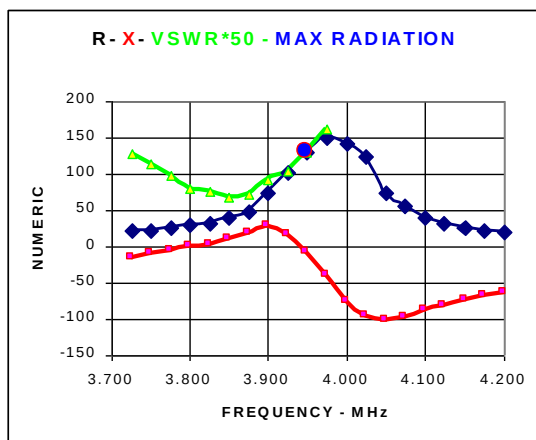


РИСУНОК 11

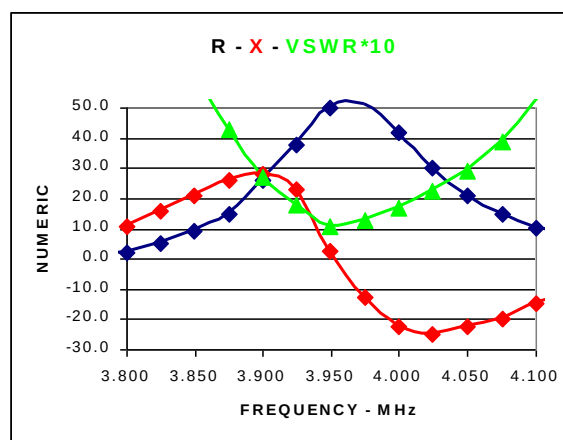


РИСУНОК 12

**Заключительное Регулирование:** То, что надо для совпадения частот минимума КСВ и максимума излучения, многократно подстраивая антенну, подойти к этому результату. Если Вы тщательно проведете эту операцию, КСВ может быть настолько низок, насколько это вообще возможно, но при этом будет максимум излучения. Здесь также важно обратить внимание на то, что антенна может быть согласована с любым импедансом входной линии передачи. Для большой ЕН Антенны АМ Радиовещательного диапазона, мы использовали воздушную линию передачи, затем L согласование в основании антенны, чтобы конвертировать его к сопротивлению линии передачи, идущей к передатчику. Рисунки 11 и 12 помогут объяснить, что такое частоты с наименьшим КСВ и максимумом излучения. Эти графики фактически сняты с реальных антенн 75 метрового диапазона. На рисунке 10, обращает на себя внимание, что минимум КСВ находится на более низкой частоте, чем частота с максимумом излучения (синяя линия). Даже при том, что кривая реактивности (красная линия) проходит через ноль дважды (минимум КСВ).

**Измерение полосы пропускания:** Теперь, чтобы доказать, что Вы имеете ЕН Антенну, измерьте полосу пропускания антенны по уровню  $\pm 3$  dB. Это выполняется установкой  $\frac{1}{2}$  мощности передатчика. Заметьте положение Индикатора Поля близкое к максимальному показанию при половинной мощности передатчика. Далее установите передатчик на полную мощность. Расстраивайте передатчик вверх по частоте, пока показания Индикатора Поля не станут прежними (при половинной мощности). Запишите частоту передатчика. Затем расстраивайте частоту передатчика вниз по частоте до положения, когда Индикатор Поля опять не покажет прежнее положение. Запишите частоту. Разность между этими частотами и будет полосой пропускания по уровню 3dB. К сожалению, Вы не всегда сможете сделать этого, потому что передатчик будет видеть очень высокий КСВ и прежде, чем будут достигнуты граничные частоты по уровню 3 dB, передатчик уменьшит мощность от изменения КСВ. Генератор ВЧ сигнала был бы очень удобен для этого измерения. Как вариант, можно измерить полосу пропускания по уровню КСВ 2:1, по этой же методике (две частоты, где КСВ равен 2:1). Она должна

совпасть с расчетной полосой пропускания. Вероятно Вам придется уменьшить мощность передатчика, чтобы провести это испытание.

**Вычисление эффективности:** Один из параметров эффективности антенны -  $Q$ . Это безразмерное значение, которое просто сравнивает рабочую частоту с шириной полосы частот.  $Q = F/BW$ . Низкое значение  $Q$  указывает на широкую полосу пропускания. Типовое значения  $Q$  для диполей из провода - приблизительно 30. Сравните вашу антенну с типовым диполем. Расчетное значение -  $7/0.443 = 15.8$ , относительно удвоенной полосы пропускания антенны.

Есть несколько полезных соотношений, относящихся к антеннам. Например,  $Q = F/BW = X_c/R$ . А отсюда  $R = X_c \cdot BW/F$ . Чтобы определять эффективное сопротивление излучения, нам необходимы данные о емкости между цилиндрами, преобразованные в реактивное сопротивление на рабочей частоте. Упростим уравнение,  $R = BW / (2 \pi F^2 C)$ . Для вашей антенны значение  $R$  должно быть приблизительно 120 Ом. Если это так, то Вы имеете хорошую ЕН Антенну.

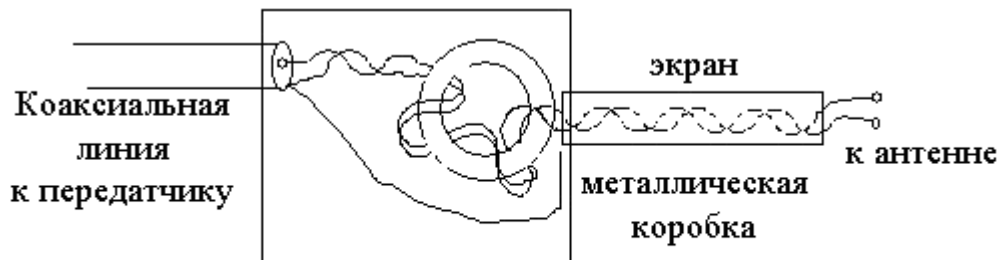
**Линия передачи:** Мы специально отложили плохое на потом. Вы действительно не ожидали получить что -нибудь необычное в конце, не так ли? Вы имеете хорошую антенну с низким КСВ, несомненно, Вы предполагали использовать эту антенну вне помещения, используя линию передачи. Было бы хорошо не использовать линию передачи. К сожалению, мы сделали обзор концепции, где мы узнали, что  $E$  и  $H$  поля содержатся внутри антенны. Даже в этом случае, эти поля все еще существуют и снаружи, с довольно высокими уровнями, относительно длины антенны.  $E$  и  $H$  поля остаются достаточно сильным, чтобы заставить течь ток в проводах, которые находятся в их области. К сожалению, это относится и к линии питания антенны. Когда, в результате наводки, ток создается в линии питания, это приводит к негативным последствиям. Частота антенны, изменяется, если изменять положение линии питания. Это не хорошо и заставляет думать, что ЕН Антенна бесполезна. Это не уникально по отношению к ЕН Антенне и токи от наводок полей происходят на любой антенне. Такие токи могут возникать и на корпусе передатчика.

Что же делать? Единственный выбор, который мы имеем, необходимо приручить это животное. Единственный способ сделать это состоит в том, чтобы устранить линию передачи. Но как передавать мощность в антенну и получать из нее сигналы, так что этот вариант не осуществим. Пришло время применять методы RF фильтров, чтобы разрешить эту проблему. Помещая RF фильтр в линию передачи, мы можем решить эту проблему. Имеется два (2) способа применить эту ловушку.

**Фильтр RF:** Стандартный подход - использование фильтра RF, включенного в линию передачи, представляющего собой какую-то часть линии питания из которой сформирована катушка (дроссель). Полезный ВЧ ток продолжает течь по линии передачи, но внешние токи (по оплетке кабеля) отсекаются и блокируются. Высокий импеданс в линии передачи (на внешнем экране) предотвратит текущий ток. Импеданс такого ВЧ дросселя пропорционален размеру. Если длина

коаксиального кабеля равна  $\frac{1}{4}$  длины волны, импеданс будет максимальным. Также, если полученная индуктивность используется меньшая, то применяют конденсатор (параллельно намотке), чтобы образовался защитный контур, отсекающий паразитные наводки (ток). Также применяется алюминиевая фольга, экранирующая RF фильтр.

**Токовый Балун:** Другой метод состоит в том, чтобы использовать сбалансированную линию, где нежелательный ток на линии передачи - одинаковый на обоих проводах передачи, таким образом, вредное воздействие пропадает. Однако, желательно использовать согласование, чтобы правильно запитать антенну. Мы можем иметь наш пирог и есть его, если мы построим простой токовый симметричный трансформатор, чтобы преобразовать коаксиальную линию в симметричную линию, а затем использовать короткую симметричную, сбалансированную линию между симметричным трансформатором и антенной. Эскиз симметричного трансформатора показан на рисунке 13. Сбалансированная линия изготовлена из провода \*14 (эмалевая изоляция) с несколькими скрученными витками на фут. Длина должна составлять, по крайней мере, три (3) длины антенны. Скрученная линия должна быть в экране (оплетка коаксиального кабеля). Этот экран соединен с экраном коаксиальной линии питания, но другой конец, ближе к антенне, оставлен не подключенным (свободным). Симметричный трансформатор состоит из нескольких витков провода, который был сначала скручен между собой, а затем намотан на кольцо. Все это установлено в металлической коробке, для защиты от непогоды и для экранирования.



**Рис. 13 токовый трансформатор**

Ваш выбор, какой из способов использовать. В сложных случаях, Вы можете использовать и дроссель, установленный ниже симметричного трансформатора.

Добавление ВЧ дросселя не было слишком большой ценой, чтобы успокоить это «животное», не так ли? Почему Вы не добавляли ВЧ дроссель к вашему  $\frac{1}{2}$  длины волны Диполю? А потому, что у Диполя, Е и Н поля настолько большие, что они простираются далеко от места установки Диполя. Поэтому такой ВЧ дроссель был бы бесполезным устройством. Я хочу закрыть эту книгу на хорошей новости, после того как Вам была сообщена не очень хорошая, выше.

**Линия передачи нечетной длины:** Вы хотите большой полосы пропускания антенны? Можно ли сделать меньшую антенну, и достичь той же самой полосы пропускания? Если Вы используете нечетную длину волны в питающем кабеле, это действительно увеличит ширину полосы пропускания. Это происходит потому, что происходит изменение импеданса антенны, который видит передатчик, нечетная длина линии передачи вызовет инверсию сопротивлений, таким образом, передатчик видит увеличение сопротивления, и таким образом, действительно увеличивая ширину полосы пропускания антенны. Вы можете сделать то же самое с блоком настройки антенны. Это подобно наличию автоматического блока настройки антенны. При вычислении длины фидера, не забудьте учесть коэффициент укорочения кабельной линии передачи.

Во сколько же раз может быть выигрыш? Больше чем удвоение полосы пропускания антенны. Однако, даже если согласование передатчика происходит в такой широкой полосе частот, на критических значениях этой широкой полосы пропускания, антенна может начать плавиться, потому что мощность теперь расходуется и на нагрев катушки, в большей мере, чем мы рассматривали ранее.

После того, как Вы закончили работу над антенной, обратите внимание, что частота мало меняется, когда Вы надеваете защитный кожух на антенну. Поэтому появляется еще один способ изменить частоту настройки антенны, расположив на кожухе антенны медное или алюминиевое, короткозамкнутое кольцо. Это приведет к увеличению частоты настройки. На сколько будет увеличена частота, зависит от места расположения кольца. Кольцо располагается над катушкой настройки, в верхней его части. Ширина кольца около 1/2 дюйма.

**Большая мощность:** Мы описали ЕН Антенну для мощности 100 ватт или меньше. Даже при этой мощности напряжение ВЧ будет очень высоким между цилиндрами. Используйте конструкции, чтобы предотвратить пробой. Можно использовать защитный кожух из другой пластмассовой трубы, одетой сверху, для защиты от непогоды. Для более высоких мощностей, ровод должен быть, по крайней, мере \* 8.

## ГЛАВА 5 – МОДИФИКАЦИЯ МАЛЕНЬКОЙ РАМОЧНОЙ (LOOP) АНТЕННЫ К ЕН АНТЕННЕ.

**МАЛЕНЬКАЯ РАМОЧНАЯ (LOOP) АНТЕННА:** Было предварительно установлено, что понятие ЕН Антенны может применяться к любой антенне. Что происходит, когда Вы добавляете -90 градусов по фазе к малой рамочной антенне? Вот один пример – рамка (loop) была установлена выше кузова моего пикапа и была изготовлена из медной трубы в 1 дюйм.

Детали приведены в таблице:

|                                           |                                                          |      |     |  |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------|-----|--|
| Вычисления для маленькой рамочной антенны |                                                          |      |     |  |
|                                           | Вычисления из книги по маленьким рамочным антеннам W5QJR |      |     |  |
| Исходные данные                           | Выделены голубым цветом                                  |      |     |  |
|                                           | Частота                                                  | 3,95 | МГц |  |

|                                         |                            |       |                  |  |
|-----------------------------------------|----------------------------|-------|------------------|--|
|                                         | Периметр рамки             | 24    | Футов            |  |
|                                         | Площадь                    | 35    | Квадратных Футов |  |
|                                         | Диаметр трубы              | 1     | Дюйм             |  |
|                                         | Мощность передатчика       | 20    | Ватт             |  |
|                                         |                            |       |                  |  |
| Вычисления                              |                            |       |                  |  |
|                                         | Сопротивление излучения    | 0,010 | Ом               |  |
|                                         | Сопротивление потерь       | 0,048 | Ом               |  |
|                                         | Эффективность              | 17,5  | %                |  |
|                                         | Эффективность              | -7,6  | dB               |  |
|                                         | Индуктивность              | 3,34  | микрогенри       |  |
|                                         | Конденсатор                | 486,1 | Пф               |  |
|                                         | Q (добротность)            | 720   |                  |  |
|                                         | Полоса пропускания         | 5,49  | КГц              |  |
|                                         | Напряжение на конденсаторе | 3060  | В (P/P)          |  |
|                                         | Ток в рамке                | 18,6  | А                |  |
|                                         |                            |       |                  |  |
| После преобразование рамки к ЕН Антенне |                            |       |                  |  |
| Исходные данные                         |                            |       |                  |  |
|                                         | Полоса пропускания         | 25,0  | КГц              |  |
|                                         | Q (добротность)            | 158   |                  |  |
|                                         | Общее R                    | 0,262 | Ом               |  |
|                                         | Сопротивление излучения    | 0,215 | Ом               |  |
|                                         | Эффективность              | 81,9  | %                |  |
|                                         | Эффективность              | -0,9  | -dB              |  |
|                                         | Увеличение эффективности   | 4,7   |                  |  |
|                                         | Напряжение на конденсаторе | 1433  | В (P/P)          |  |
|                                         | Ток в рамке                | 8,7   | А                |  |

Обратите внимание на результаты, после того как рамка была преобразована к ЕН Антенне. Эффективность увеличилась в 4,7 раза, с 17,5% до 81,9%. Полоса пропускания увеличилась почти в 5 раз. Напряжения и токи в рамке уменьшились, из-за увеличения Сопротивления Излучения. Что является еще более интересным, но не показано в таблице – это то, что излучение поменяло свою плоскость на 90 градусов. (Это - четырнадцатый уникальный параметр ЕН Антенны). Другими словами, горизонтальная рамка теперь излучает вертикально.

## ГЛАВА 6 - KОР ИЗЛУЧЕНИЕ

Эта глава посвящается новой концепции излучения, которое назвали Кор излучением. Это включено в книгу для того, чтобы показать, что ЕН Антенна излучает как обычное, так и Кор излучение. (Это - пятнадцатый уникальный параметр ЕН Антенны, представленный в этой книге). Для обсуждения этого нового излучения, пожалуйста смотрите наш сайт более подробно. Это новое открытие сделано Владимиром, российским физиком, который доказывает, что

есть две формы излучения, а не только одна, как было принято в физике. Новое излучение - это магнитный вектор без связанного поля Е. Это позволяет Ког излучению иметь фундаментальные свойства магнитного поля, но это является излучением. Поэтому, отсюда вытекает несколько важных особенностей. Ког излучение должно хорошо проникать сквозь воду, землю и другие предметы, которые поглощают обычное излучение, и как магнитное поля оно должно распространяться с бесконечной скоростью. Наш сайт показывает эту новую концепцию в физике. Мы еще не запатентовали эту новую концепцию, но патент находится на рассмотрении в связи с патенованием антенн HZ, которые позволяют работать с этим излучением.

С обычными антеннами возможна связь друг с другом. С антеннами HZ возможна связь друг с другом. EH Антенны могут работать как с обычными антеннами, так и с антеннами HZ. С обычными антеннами нельзя связаться с антеннами HZ. Если Вы читаете это тщательно, Вы понимаете факт, что Ког излучение является новым излучением, которое позволяет работать не создавая помех обычной радиосвязи. Другими словами, Ког излучение удвоила доступный нам спектр частот. Большое поле деятельности для исследований!

## ФИНАЛ

Да, это - конец книги, но начало большого будущего для читателя. Мы надеемся, что Вы довольны EH Антенной, используя ее на любительских диапазонах. Если Вы - военный или коммерческий пользователь EH Антенны, мы были бы рады обсудить лицензионное соглашение, для Вашего применения. Со мной можно связаться по электронной почте, мой адрес: [ted@eh-antenna.com](mailto:ted@eh-antenna.com) Пожалуйста, пишите мне только по вопросам коммерческого использования EH Антенн. Я просто физически не могу отвечать на все вопросы радиолюбителей. Для решения вопросов относительно книги или антентов, пожалуйста, посетите форум Yahoo. [www.eh-antenna@yahoogroups.com](http://www.eh-antenna@yahoogroups.com)

**ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ:** Любой человек может сделать и использовать EH Антенну для персонального использования, если не имеется никакого коммерческого применения. Для коммерческих или военных приложений требуется оформление лицензии на патенты, полученные EH Antenna Systems, LLC, чтобы иметь разрешение на производство, и сбыт антенн. В настоящее время получены два патента, и третий будет получен в 2005 году.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Хотелось бы назвать всех, кто внес значительный вклад в разработку EH Антенн. Их много и список охватывает весь земной шар, поэтому я назову тех немногих, кто внес наиболее значительный вклад и хочу выразить им самую глубокую благодарность.

Dan Anderson— England

Jack Arnold – Colorado, USA  
Lloyd Butler– Australia  
Marco – ARNO Elettronica – Italy  
Masa – FR Radio Lab- Japan  
Stefano – Italy  
Korobejnikov Vladimir Ivanovich- Russia

## ССЫЛКИ:

[www.eh-antenna.com](http://www.eh-antenna.com)  
[www.eheuroantenna.com](http://www.eheuroantenna.com)  
[www.fr-radio.com](http://www.fr-radio.com)  
<http://www.qsl.net/km5kg/> Примечание: этот сайт с прекрасной программой расчета.

## Ответы на Полученные Вопросы

Есть много радиолюбителей, со своими личными взглядами, осуждающими концепцию ЕН Антенны. Они пишут статьи, убеждают других людей, что это новая концепция всего лишь обман или того хуже. Трудно понять причину их поведения, но люди есть разные, с разными взглядами.

Далее следуют вопросы и утверждения, **которые они высказывают** и ответы на каждый из них:

**1) Излучает коаксиальный кабель, а не ЕН антенна.** Ответ: Это - явная ложь. Возможно это слишком резкий ответ. Если человек не знает чего-то, то он конечно не лжет, он просто не хочет понять суть и желает оставаться неосведомленным. Фактом является то, что коаксиальная линия питания не может излучать, если есть заграждающий фильтр на этой линии, это может быть только в случае короткой коаксиальной линии или короткого расстояния до антенны.

**2) Антенна должна иметь длинную коаксиальную линию, чтобы излучать.** Ответ: Здесь многое не верно. Небольшая по размерам, моя рука, держала анализатор АЕА Bravo, который измерял параметры антенны, с длиной коаксиальной линии в несколько дюймов, достаточной только для того, чтобы подключить антенну. Это очень маломощный источник, связанный с антенной, позволяющий согласовать его с любой нагрузкой и измерять параметры.

**3) ЕН Антенна не может работать, потому что она не описывается уравнениями Максвелла.** Ответ: Мы просто нашли способ перенести далекую область поля в антенну. Это не нарушает теорию Максвелла или Poynting или любую другую обычную теорию. Это действительно новая теория, которая не может быть найдена в книгах. Поскольку это явление новое, мы и получили три патента.

**4) ЕН Антенна не может работать, потому что компьютерные программы доказывают, что это не будет работать.** Ответ: неудивительно, что те программы (большинство из них построены на программе NEC), не позволяют анализировать эту новую концепцию в теории антенн. Это не доказывает, что ЕН Антенна не

будет работать, а наоборот, доказывает, что компьютерные программы не способны анализировать ЕН Антенны.

**5) Я сделал ЕН Антенну, но она не работает, поэтому, теория ЕН Антенн не верна.** Ответ: Здесь надо задать себе несколько вопросов. Они строили антенну правильно? Они настраивали ее правильно? Можно сказать, что эти люди оставили автомобиль, потому что он не едет. А они знали, что надо залить бензин, для того чтобы автомобиль поехал? Вероятно нет, и не хотели!

**6) Классический пример, на который ссылаются много противников ЕН Антенн. Один радиолюбитель, с очень дорогой аппаратурой, решил проверить ЕН Антенну, мы выслали ему антенну, решив, что он будет использовать ее как хорошую антенну. Он подключил ее к маломощному источнику, чтобы проверить излучение, по сравнению со стандартной вертикальной антенной. Излучение оказалось низким, таким образом, он объявил, что ЕН Антенна бессмысленна. Это стало свидетельством того, что ЕН Антенна не работает.**

Ответ: К сожалению, тот радиолюбитель игнорировал информацию, посланную ему, в которой объяснялось, что любой сдвиг фазы в схеме согласования, не даст ЕН Антенне показать максимальную эффективность. Это - особенно важно для L+T согласования. Он (как и другие) не мог принять факт, что фазирование является критическим в операции по настройке ЕН Антенны, потому что это не согласуется с обычной теорией.

Есть еще и другие подобные вопросы, но я думаю, что Вы поняли суть – есть люди, которые хотят только жаловаться и ругать, а не хотят понимать и вникать в новую концепцию.

Если Вы дочитали книгу до этого места, думаю, что Вы к ним не относитесь. Теперь Вы понимаете причину, по которой ЕН Антенна не получила должного распространения среди радиолюбителей. Я питаю надежду, что эта книга даст Вам необходимую информацию, чтобы открыть истинную концепцию ЕН Антенны. Я не полагаю, что все выступающие против, когда либо извиняться или перестанут выступать против. Поскольку я сказал, что требуются различные мнения. Если Вы сделаете ЕН Антенну и должным образом настроите ее, Вы поймете, где правда.

***Концепция ЕН Антенны - самое существенное изменение в теории антенн, более чем через 120 лет.***

Примечание переводчика:

В книге, все элементы длины указаны в амер. стандарте мер (как в оригинале).

Для справки: 1 дюйм (inch) = 25,4 см.

1 фут (foot) = 12 дюймов = 30,48 см.

Эмалированный провод типа \*14 ~ 1,6мм

Перевод с английского  
Владимир Кононов (UA1ACO)  
Санкт-Петербург. 08.2005