

**Папалекси Николай Дмитриевич**

# **Радиопомехи и борьба с ними**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3  
ББК 84-4  
Н63

Н63      **Николай Дмитриевич П.**  
Радиопомехи и борьба с ними / Папалекси Николай Дмитриевич – М.: Книга по Требованию,  
2023. – 116 с.

**ISBN 978-5-521-27241-9**

**ISBN 978-5-521-27241-9**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2023  
© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг — не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель — вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания — решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



## ВВЕДЕНИЕ

### § 1. Современное состояние радиотехники и ее применения

Когда незадолго до первой мировой войны в США была проведена анкета о современных «чудесах мира», на одном из первых мест оказалось радио. В самом деле, возможность мгновенно передавать и принимать известия за тысячи километров через свободное пространство должна была несомненно поражать воображение. Уже в то время значение радиосвязи для политической, экономической и культурной жизни народов было велико. Однако не может быть никакого сравнения с ролью, какую играет радио в настоящее время. Переворот, вызванный в радиотехнике электронной лампой, привел к развитию новых разнообразных применений радио. Таковы в первую очередь радиовещание и телевидение. К ним относятся также такие сравнительно новые применения, как радиотелеуправление, радионавигация, определение положения объекта в пространстве и др., имеющие важное значение для народного хозяйства и обороны.

Радио в настоящее время настолько прочно и глубоко вошло в быт, что современной молодежи трудно представить себе, как можно было раньше обходиться, например, без радиовещания. Без радиосвязи не были бы мыслимы ни перелеты через полюс, ни проведение таких экспедиций, как полярная экспедиция Папанина на дрейфующей льдине или дрейф «Седова».

Исключительно велико значение радио и в современной войне. Возможность вести согласованно военные операции на огромном протяжении современных фронтов, часто одновременно в различных частях земного шара, возможность очень быстро учитывать чрезвычайно быстро меняющуюся обстановку современного боя и немедленно проводить контрмеры, координировать действия сухопутных, воздушных

и морских сил, — все это стало осуществимо только благодаря развитию радио.

Из всего сказанного ясно, какое значение имеет для народного хозяйства и для обороны четкая, бесперебойная работа радиосвязи и какой вред должны причинять всякие помехи, нарушающие или ухудшающие радиосвязь.

Усиленное развитие радиотехники, как уже было указано выше, было вызвано появлением новых методов генерации и приема радиоволн с помощью электронных генераторных и усилительных ламп. До появления радиоламп дальность действия (уверенной работы) над морем, например, небольшой судовой радиотелеграфной станции, работавшей на волне 300 м при мощности в антенне в 0,3 kW (киловатт), была днем порядка 200 км; в настоящее время такая станция в тех же условиях может перекрыть расстояние в 800 — 900 км. Это достигнуто благодаря повышению чувствительности приема, которая за последние 25 лет увеличилась во многие сотни и даже тысячи раз. С помощью современного радиоприемника можно принимать на комнатную антенну практически все европейские радиовещательные станции.

## § 2. Классификация радиопомех

Однако увеличение чувствительности радиоприемника имеет свои отрицательные стороны. Бурное развитие радио, выразившееся в огромном увеличении числа радиостанций, как радиотелеграфных и телефонных, так и радиовещательных, а в последнее время и телевизионных, привело к тому, что одни радиостанции могут мешать приему других, и с увеличением чувствительности радиоприема число мешающих станций возрастает. Если в мирное время удастся путем строгой международной регламентации диапазона волн и мощностей радиостанций ввести некоторый порядок в радиопередачу и в значительной мере устранить взаимные помехи, то во время войны этот регламент не только не останется в силе, а наоборот, каждый из противников создает помехи радиосвязи другого с помощью специальных мешающих радиостанций.

Однако, не только работа других радиостанций может мешать радиоприему. Всякий источник электромагнитных волн, лежащих в диапазоне радиоволн, создает такие радиопомехи. Мешающие радиоприему электромагнитные

волны испускаются при размыкании и замыкании электрических цепей, причем особенно сильно при образовании искры и дуги. Работа магнето зажигания в моторах внутреннего горения, искрение щеток динамомашины и электромоторов, электросварка, искрообразование в контактных проводах трамваев и троллейбусов, работа рентгеновских аппаратов — вот разнообразные и далеко не исчерпывающие примеры мощных источников радиопомех.

Кроме помех от электрических установок и аппаратов, называемых *промышленными* или *индустриальными* помехами, существуют еще *природные* радиопомехи. Помехи, вызываемые грозовым разрядом (молнией) между облаком и землей или между разноименно заряженными облаками, были в сущности первыми мешающими природными электромагнитными волнами, обнаруженными еще в 1895 г. в начале возникновения радиотелеграфии А. С. Поповым с помощью его «грозоотметчика», который явился, таким образом, первым в мире радиоприемником. Вредное действие этих, так называемых *атмосферных*, помех, вызываемых грозовой деятельностью атмосферы, сказывается не только вблизи грозового очага, где радиоприем становится практически невозможным, а в случае приема на наружную антенну даже опасным для жизни, но также и в большом отдалении от этих очагов при приеме слабых или отдаленных станций и притом в большей или меньшей степени в любое время дня и года. Существуют еще и другие виды радиопомех, вызываемых различными атмосферными электрическими явлениями, например выпадением осадков, песчаными бурями или метелями и т. д.

Наличие посторонних электромагнитных волн от указанных выше источников приводит к тому, что прием желаемого сигнала сильно затрудняется, а порой делается невозможным. Подобно тому, как бывает трудно, а иногда совсем невозможно услышать в очень шумном помещении на некотором расстоянии собеседника или увидеть в отдалении свет свечи днем при ярком солнечном освещении, так же затруднителен прием радиосигнала при наличии сильных радиопомех.

Все упомянутые до сих пор виды радиопомех являются результатом активности природных или искусственных — промышленных — источников электромагнитных волн, и им обычно дают общее название *активных* радиопомех.

Наряду с ними на радиоприем существенно влияют и другого рода помехи, не связанные с деятельностью постоянных источников электромагнитных волн, а обусловленные в основном природными явлениями, мешающими нормальному *распространению* радиоволн через пространство от передатчика к месту приема. Сюда относится, например, изменение характера отражения радиоволн от верхних проводящих слоев атмосферы (ионосферы), а также изменение характера поглощения радиоволн. Эти *пассивные* помехи являются причиной весьма существенных нарушений нормальной работы радиостанций, особенно на больших расстояниях, и борьба с ними поэтому не менее важна, чем с помехами активными.

Целью настоящей брошюры является краткое ознакомление читателей как с природой различных радиопомех; так и с основными методами борьбы с ними.

---

## ГЛАВА I

### ОСНОВЫ РАДИОПРИЕМА

#### § 3. Механизм радиопередачи и радиоприема

Для того чтобы ясно представить себе, в чем состоит сущность мешающего действия помех при радиоприеме, необходимо прежде всего несколько остановиться на механизме радиопередачи. Только уяснив себе, почему, например, грозовой разряд мешает приему радиотелефонной передачи, мы сможем понять, почему те или иные способы борьбы с этого рода радиопомехой могут оказаться эффективными. Поэтому мы вначале займемся кратким рассмотрением механизма современной радиопередачи.

Когда говорят о радиопередаче, то, конечно, всегда имеют в виду передачу на расстояние через свободное пространство с помощью электромагнитных волн тех или иных сигналов: телеграфных знаков Морзе, речи, музыки, изображений. Для этого необходимо прежде всего создать в месте передачи источник электромагнитных волн требуемого диапазона — так называемых радиоволн. Источниками радиоволн служат радиопередатчики, в электрических цепях которых создаются электрические колебания (переменные электрические токи) высокой частоты  $f$  (от десяти тысяч до трех миллиардов герц<sup>1</sup>), что соответствует применяемым в области радио длинам волн от 30 000 м до 10 см). Колебания подводятся затем к излучающему органу передатчика — антенне, откуда они и излучаются в пространство в виде радиоволн. Эти волны оказывают в пространстве электрические и магнитные действия, или, как принято говорить, создают в нем электромагнитное поле. В месте приема поле

---

<sup>1</sup>) Герц (сокращенно *гц*) — единица частоты колебаний, 1 герц = 1 колебанию в секунду,

радиоволн возбуждает в приемной антенне очень слабые электрические колебания той же частоты и формы, что и токи в передающей антенне.

Действие радиопередатчика обычно характеризуется мощностью излучаемых радиоволн: так, малая переносная радиостанция излучает мощность в несколько ватт; мощность, излучаемая судовой радиостанцией, составляет сотни ватт; мощность же большой трансконтинентальной станции (например станции «Большой Коминтерн») достигает многих сотен киловатт.

Хотя излучаемая такой радиостанцией мощность вполне сравнима с мощностью крупных центральных электростанций, однако, та часть ее мощности, которой мы можем располагать в месте приема, чрезвычайно мала. В самом деле, по мере удаления от передатчика излучаемая им мощность распределяется на все большее пространство. При излучении, равномерном по всем направлениям, излучаемая мощность изменяется с увеличением расстояния от передатчика обратно пропорционально квадрату этого расстояния. Отсюда легко подсчитать, что мощность, излучаемая через площадку в 1 квадратный метр — так называемый поток мощности — на расстоянии в 1000 км от источника с мощностью излучения в 100 киловатт, равна приблизительно  $8 \cdot 10^{-9}$  ватт/м<sup>2</sup> ( $10^{-9}$  — одна миллиардная доля).

При радиоприеме в реальных условиях мы имеем дело еще с значительно меньшими величинами. Так, в отсутствии сильных радиопомех можно осуществить уверенный прием на коротких волнах при потоке мощности лишь  $10^{-13}$  ватт/м<sup>2</sup>. Для сравнения укажем, что таков будет примерно в отсутствии поглощения поток мощности видимого света от стеариновой свечи на расстоянии 200 км. Хотя в действительности излучение от передатчика и не происходит вполне равномерно по всем направлениям, однако, эти цифры все же дают представление о малости тех величин, с которыми приходится иметь дело при радиоприеме.

Для того чтобы дать наглядную и удобную для практических расчетов характеристику действия радиоволн в месте приема, указывают не поток мощности, а величину напряженности электрического поля в этом месте. Напряженность электрического поля принято выражать в вольтах на метр. Так, например, если мы говорим, что напряженность электрического поля радиоволн от станции имени Коминтерна

на расстоянии 10 км от нее равна примерно 0,6 В/м, то это значит, что между концами проводника длиной в 1 метр, расположенного параллельно электрической силе поля волны (т. е. практически вертикально), действует переменное электрическое поле около 0,6 вольта.

Легко видеть, что, зная напряженность поля, можно непосредственно оценить величину электрического напряжения, действующего в антенне. Для этого необходимо только умножить значение напряженности поля на выраженную в метрах так называемую «действующую» высоту приемной антенны. Для любительских антенн эта высота — порядка одного-двух метров.

Между величиной напряженности поля  $E$  в какой-либо точке, находящейся на расстоянии  $r$  км от передатчика, и мощностью  $P$  киловатт передатчика существует следующая очень простая зависимость:

$$E = \frac{0,3\sqrt{P}}{r} S.$$

Здесь мощность  $P$  выражена в киловаттах,  $r$  — в километрах, а  $E$  — в вольтах на метр<sup>1)</sup>.  $S$  есть так называемый фактор ослабления радиоволн, характеризующий поглощение энергии радиоволн и зависящий от длины волны и характера поверхности земли, вдоль которой распространяются радиоволны. В случае распространения над морской водой на небольших расстояниях, на которых еще не сказывается кривизна земли, фактор  $S$  можно положить равным 1. Для величины  $S$  существуют графики, составленные Международной комиссией по распространению радиоволн на основании всего имеющегося теоретического и опытного материала. Из этих графиков мы получаем, что, например, напряженность поля  $E$  на расстоянии 1500 км над сушей от передатчика мощностью 400 kW (киловатт), работающего на волне 1500 м, равна 50  $\mu\text{V}/\text{м}$ . Напряженность поля от судовой радиостанции мощностью 300 W, работающей на волне 300 м на расстоянии 800 км над морем, составляет только 8  $\mu\text{V}/\text{м}$ .

<sup>1)</sup> Ввиду того, что напряженность поля радиоволн на больших расстояниях обычно величина очень малая — порядка миллионных долей вольта на метр, то принято выражать ее в микровольтах на метр и обозначать через  $\mu\text{во}/\text{м}$  или  $\mu\text{V}/\text{м}$ .

## § 4. Резонанс

Для удовлетворительной работы обычного репродуктора необходимо иметь напряжение порядка нескольких вольт (так же, как и для пишущего приём телеграмм); поэтому уже из приведенных выше цифр ясно, что напряжения, получаемые в лучшем случае в приемной антенне, далеко недостаточны для воздействия после детектирования на репродуктор, пишущий прибор и т. п. Они должны быть предварительно увеличены, усилены во много сотен тысяч и даже миллионов раз.

В первой стадии развития радио, когда еще не были известны радиолампы, единственным средством усиления было использование явлений *резонанса*. С явлениями резонанса мы встречаемся на каждом шагу. Когда дети, подпрыгивая на свободном конце длинного горизонтального бревна, закрепленного своим другим концом, сильно раскачивают его, они используют явление резонанса. Уже из этого простого примера видно, что явление резонанса может иметь место лишь в таких телах (или, как говорят, системах), которые после прекращения действия раскачивающей их силы не возвращаются немедленно в положение равновесия, а подобно маятнику продолжают совершать *собственные колебания*, — в так называемых колебательных системах. Резонанс наступает именно тогда, когда ритм раскачивающей силы совпадает с ритмом собственных колебаний. Ритм колебаний определяется промежутком времени между двумя одинаковыми состояниями системы, например, между максимальными отклонениями ее от положения равновесия в одну и ту же сторону или между одинаковыми переходами ее через положение равновесия. Этот промежуток времени, в течение которого система совершает одно полное колебание, получил название *периода* колебаний, а число таких полных колебаний, совершаемых системой в одну секунду, носит название *частоты* колебаний. Таким образом, условием возникновения резонанса в колебательной системе является равенство периодов или частот раскачивающей ритмической силы и собственных колебаний системы.

Если колебательная система, совершая собственные колебания, тратит при этом много энергии, как на преодоление вредных сопротивлений при движении (например тре-

ние оси маятника об опору, трение движущихся частей о воздух и т. д.), так и на излучение волн (например звуковых волн в случае звучащих тел), то собственные колебания будут очень быстро затухать, или, как говорят, затухать, поскольку запас энергии системы быстро израсходуется. Системы же с малой отдачей энергии обладают малым затуханием собственных колебаний. Чем меньше затухание колебательной системы, тем больше интенсивность колебаний, возбуждаемых в ней под действием ритмической (периодической) раскачивающей силы. В механических системах амплитуда этих колебаний может в некоторых случаях достигать такой величины, которая превосходит прочность раскачиваемой системы и приводит к разрушениям. Так, классическим примером катастрофы, вызванной резонансом, может служить обвал в начале нынешнего века всеячего Египетского моста в Петербурге, вызванный недопустимой раскачкой его под ритмическим действием кавалерийского отряда, проходившего в строевом порядке. Другим примером может служить обвал незадолго до первой мировой войны 250-метровой железной радиомачты в Науэне, вблизи Берлина, вызванный неучтенной при проектировании раскачкой мачты ударами штормового ветра. Возможность возникновения резонанса должна всегда учитываться при расчете динамической прочности сооружений, и в настоящее время в инженерных конструкциях принимаются все меры против возможных разрушений от резонанса.

В области радио, в отличие от инженерного дела, явление резонанса, как правило, не только не избегают, а стараются использовать их возможно шире и полнее, прежде всего для усиления слабых электрических колебаний, возбуждаемых, например, в приемной антенне под действием радиоволн от принимаемой радиостанции. Кроме того, явление резонанса используется в радио также для выделения принимаемой передачи из целого ряда передач от других одновременно работающих станций.

Рассмотрим несколько подробнее, каким образом явления резонанса могут быть использованы для этих целей. Прежде всего возникает, конечно, вопрос, что представляет собой электрическая колебательная система? Как хорошо известно радиолюбителям, простейшей колебательной системой является так называемый *колебательный контур*, представляющий собой замкнутую электрическую цепь (рис. 1)

из последовательно соединенных спирали из проволоки, называемой катушкой самоиндукции, и электрического конденсатора. Подобно тому, как колебания пружинного маятника — груза, подвешенного к пружине, закрепленной верхним концом (рис. 2), который представляет собой механическую колебательную систему, — заключается в периодическом движении груза вверх и вниз и попеременном расширении и сжатии пружины, так и электрические колебания

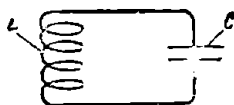


Рис. 1. Электрическая колебательная система — колебательный контур.  $L$  — катушка самоиндукции,  $C$  — конденсатор.

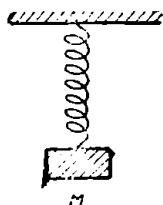


Рис. 2. Механическая колебательная система — пружинный маятник ( $M$  — масса).

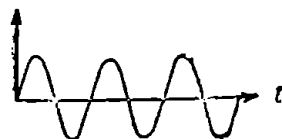


Рис. 3. Синусоида ( $t$  — время).

в колебательном контуре проявляются в движении электричества то в одном, то в другом направлении и попеременном возрастании и убывании электрического заряда на обкладках конденсатора. Электрический конденсатор здесь играет роль пружины, причем его электрическая емкость  $C$  соответствует податливости  $a$  пружины, а катушка самоиндукции с индуктивностью  $L$  — роль груза с массой  $M$ . Если изобразить графически, с одной стороны, изменение во времени скорости  $v$ , с какой движется груз  $M$ , а с другой, — изменение во времени силы тока  $i$  в контуре, то мы получим одинаковые кривые колебаний, очень близкие по своей форме к синусоиде (рис. 3). Подобно тому, как период колебаний  $t$  пружинного маятника тем больше, чем больше масса (инерция)  $M$  груза и податливость  $a$  пружины (т. е. чем меньше ее упругость), так и период колебаний  $T$  в электрическом контуре тем больше, чем больше индуктивность  $L$  (магнитная инерция) катушки и чем больше емкость  $C$  конденсатора. Период колебаний  $T$  электрического контура определяется по известной формуле Томсона

$$T = 2\pi \sqrt{LC},$$