

6. Изобретение радио. А. С. Попов. Документы и материалы / Под ред. Берга А. И. М.; Л., 1966.
7. *Радовский М. И.* Александр Сергеевич Попов / Научно-биографическая серия. М.; Л., 1963.
8. А. С. Попов в характеристиках и воспоминаниях современников. М.; Л., 1958.
9. Телеграф без проволоки // Почтово-телеграфный журнал. 1892. Март. С. 340—341.
10. *Томсон Э.* Беспроволочная передача энергии // Радиотехник. 1918. № 3. С. 90—107.
11. Кронштадтский вестник. 1895. 30 апр. (12 мая).
12. Журнал РФХО. 1895. Т. XXVII. Часть физич. Отд. I. Вып. 8. С. 259—260.
13. *Susskind C.* Popov and the beginnings of radiotelegraphy // Proc. IRE. 1962. V. 50. P. 2036.
14. *Попов А. С.* Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний // Журн. РФХО. 1896. Т. XXVIII. Часть физич. Отд. I. Вып. 1. С. 1—14.
15. *Радионов В. М.* А. С. Попов и Г. Маркони. Анализ документов // Тезисы докладов семинара работников издательств и журналов, посвященного вопросам изложения в печати истории радиотехники и электроники. М.: ЦП НТОРЭС им. А. С. Попова, Комитет по печати при СМ СССР, Институт истории естествознания и техники АН СССР, 1972. С. 16—18.
16. *Бренев И. В.* Изобретение радио А. С. Поповым. М., 1965.
17. *Попова-Кьяндская Е. А.* Признание американской газеты // Электрик. ЛЭТИ им. В. И. Ульянова (Ленина). 1962. № 20.
18. *Карцев В. П.* Приключения великих уравнений. М., 1986.
19. *Поляков В. Т.* Посвящение в радиоэлектронику. М., 1988.
20. *Бренев И. В.* Об ошибках в освещении истории изобретения радио. М.; ЦП ВНТОРЭС им. А. С. Попова, 1963.

Н. И. ЧИСТЯКОВ

НАЧАЛО РАДИОТЕХНИКИ: ФАКТЫ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

В 1995 г. мир будет отмечать 100-летие радиотехники как одну из важных дат в истории цивилизации. Но с чего началась радиотехника? Этот вопрос в нашей технической и технико-исторической литературе приобрел сходство с «классическим» вопросом о приоритете курицы или яйца. Распространенный ответ — «с первого в мире радиоприемника»; передатчик при этом обычно не упоминается. Встречается, впрочем, объяснение: на первых порах (в 1895 и 1896 гг.) «из-за отсутствия работавших радиопередатчиков» приемник принимал электрические возмущения, порождаемые грозowymi разрядами. Грозовые разряды служили «подходящей заменой отсутствовавших в то время радиостанций большой мощности» [1].

Пренебрежительное отношение к передатчику лишено основания. Приемлемое определение термина «Радиопередатчик» в БСЭ [2] вполне соответствует передатчику Г. Герца, работы которого опубликованы значительно ранее «официальной» даты начала радиотехники 1895 г. Согласно определению БСЭ, радиопередатчик — это «устройство (комплекс устройств), служащее для получения модулированных электрических колебаний в диапазонах радиочастот с целью их последующего излучения (антенной) в виде электромагнитных волн».

Не вызывает возражений и имеющееся там же определение радиоприемника: «Устройство, предназначенное (в сочетании с антенной) для приема радиосигналов или естественных радионизлучений и преобразования их к виду, позволяющему использовать содержащуюся в них информацию». Нетрудно видеть, что это определение соответствует назначению и свойствам приемника Герца.

Существовали ли предшественники у этих устройств — тема, допускающая дискуссии. К первым открытиям экспериментальной радиофизики и бионики с определенным основанием можно отнести, например, обнаружение действия принятых антенной грозowych разрядов на известный естественный индикатор («приемник») в опытах Л. Гальвани; предстоит их 200-летие [3, с. 6]. Известно также об опытах обнаружения электромагнитных излучений на расстояниях до 30 м, которые Э. Томсон проводил в 1875 г. Приемник, конструкция которого была предложена Т. А. Эдисоном, был сходен с резонатором Герца [4]. Роль передатчика, как и в опытах Герца, выполняла катушка Румкорфа. Передатчик и приемник Герца были впервые построены на научной основе; они могут считаться рожденными практически одновременно — 100 лет назад. Именно эти устройства поло-

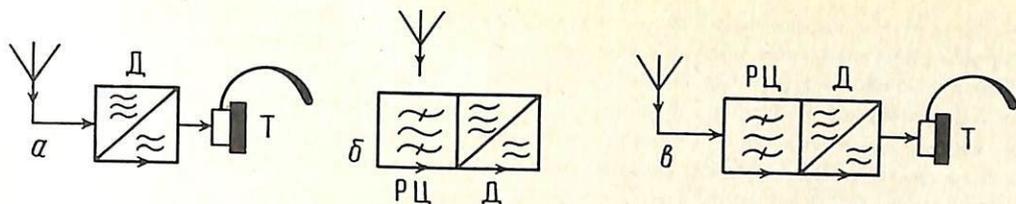


Рис. 1. Приемники без усиления сигнала: *а* — простейший приемник-детектор; *б* — приемник с резонансом; *в* — резонансный приемник с телефоном (РЦ — резонансная цепь, Д — детектор)

жили начало ряду изобретений, использованных для беспроводного телеграфирования на первом этапе развития радиотехники.

Вопрос о приоритете в радиотехнике приобретает иной аспект, если учесть неоднозначность самого понятия новизны в технике вообще. В терминологическое определение изобретения как несомненно значительного нового явления включаются, с одной стороны, «способ», т. е. преимущественно оригинальная и более или менее общая идея, и, с другой — «устройство», т. е. конкретная реализация способа, в принципе допускающего множество реализаций. Способы часто предлагаются прежде, чем создаются соответствующие устройства, что вовсе не мешает признанию их полноценными изобретениями.

Способ беспроводной телеграфной связи между кораблями при помощи электрических волн, подобных световым, был предложен и запатентован в качестве изобретения Т. А. Эдисоном в мае 1885 г., т. е. ранее опубликования работ Герца [5]. В 1903 г. Маркони был вынужден купить этот патент.

Подробнейшее описание принципа (т. е. способа) беспроводного телеграфирования с указанием на многие детали устройств было опубликовано в 1892 г. В. Круксом [6]. В его статье с полной ясностью указано на необходимость использования радиоволн разной длины и настройки радиопередатчика и радиоприемника на выбранные длины волн; отмечено применение направленных антенн, азбуки Морзе, засекречивания радиogramм посредством кодирования. Способ беспроводного телеграфирования был описан в более развитой форме, чем он был в 1895—1896 гг. реализован в устройствах.

В отличие от немногочисленных первых предложений о способах радиосвязи в создании устройств можно отметить ряд этапов постепенного усложнения и совершенствования. Эта множественность особенно проявилась в истории радиоприемника.

Простейшим приемником был и остается обнаружитель электромагнитных волн — детектор, подключенный непосредственно к антенне. С такого приемника (рис. 1, *а*), содержавшего пассивный (неусиливающий) детектор с самодельным кристаллом свинцового блеска и телефон, множество любителей начинали свой путь в радиотехнике после появления радиовещательных станций в 20-е годы. В сущности таким же по структуре был и приемник Гальвани, с тем лишь отличием, что детектор был одновременно индикатором (визуальным).

В приемнике Герца (рис. 1, *б*) имелась резонансная цепь. Как и у Гальвани, детектор (у Герца — искровой) выполнял также функции визуального индикатора. Резонатор совмещал функции частотного селектора и антенны, как и в современных приемниках при использовании магнитной антенны.

Некоторое развитие детекторный приемник (рис. 1, *в*) получил в 1897 г. в результате экспериментов Ф. Брауна, который обнаружил возможность слухового приема при использовании угольного детектора в сочетании с телефоном [7]. Известно, что Ф. Браун проводил исследования свойств полупроводников и ранее, но, по-видимому, это был первый приемник с полупроводниковым детектором и телефоном. В России детекторный прием с использованием родственного принципа (металлический порошок в качестве детектора и телефон) был осуществлен П. Н. Рыбкиным и Д. С. Троицким в 1899 г. [8, с. 87].

Наиболее значительные успехи в повышении эффективности детекторного приемника в период 1889—1900 гг. принадлежат О. Лоджу, Э. Бранли, А. С. Попову и Г. Маркони.

О. Лодж в 1889 г. создал очень чувствительный детектор-усилитель. Он обнаружил, что при уменьшении длины искрового промежутка до микроскопически малых размеров наблюдается «кохезия» — сцепление, замыкающее промежуток после слабого искрового разряда. При подключении к источнику тока через замкнутый разрядник происходит ток, достаточный для индикатора (гальванометра) и для питания электрического звонка.

Вибрация при механической связи звонка с разрядником прекращает кохезию.

Звонок действовал при грозových разрядах в окрестностях лаборатории и отключался при их отсутствии. Слабый сигнал управлял сравнительно сильным током во вторичной цепи, т. е. благодаря ключевому действию и внешнему источнику тока детектор одновременно служил усилителем. Звонок также совмещал функции сигнального устройства и генератора механических импульсов, встряхивавших детектор посредством цепи обратной связи. Структурная схема такого приемника, который Лодж назвал кохерером [9], показана на рис. 2, а.

Недостаток кохерера с единичным контактом состоит в трудности получения стабильного режима и сложности регулировки из-за малости искрового промежутка.

Э. Бранли осуществил в 1890 г. описал [10] более надежный детектор — «радиоиндуктор» с множественными миниатюрными контактами в виде слоя металлического порошка между электродами¹.

О. Лодж применил радиоиндуктор в своем приемнике по структурной схеме рис. 2, а. Одновременно он разработал и продемонстрировал приемник с непрерывным встряхиванием порошкового детектора (рис. 2, б). В качестве генератора механических импульсов в этом приемнике использована несложная «звездочка», связанная с постоянно вращающейся осью телеграфного аппарата, включенного на выходе приемника.

Описание обоих приемников было дано в лекции, прочитанной 1 июня 1894 г. и посвященной памяти скончавшегося незадолго до этого Г. Герца; в том же году оно было опубликовано в статье [11] (см. также [12]), привлечшей внимание исследователей и инженеров в ряде стран, в том числе и А. С. Попова в России [13, 14, 15]. В частности, сразу же было обращено внимание на возможность «приложения остроумного прибора, изобретенного доктором Лоджем, для исследования волн, распространяющихся во время грозы, о которых мы пока почти ничего не знаем» [16].

А. С. Попов сконструировал, демонстрировал в 1895 и 1896 гг. и подробно описал в 1896 г. в статье [17] приемник по схеме рис. 2, в. Как свидетельствует сам А. С. Попов [18], этот приемник основан на том же принципе, что и приемник Лоджа по схеме рис. 2, а. Имелось, однако, и отличие: после детектора-усилителя дополнительно включено электромагнитное реле, явившееся в сущности второй ступенью усиления сигнала. Благодаря реле оказалось возможным применить в качестве встряхивателя обычный бытовой электрический звонок, потребляющий относительно сильный ток, а также включить регистрирующий аппарат. Таким образом А. С. Попов осуществил знаменитый грозоотметчик — достаточно «грубый» и надежный прибор, пригодный для длительной эксплуатации без необходимости в постоянном наблюдении и подрегулировках. Приемник О. Лоджа не нуждался в реле, так как индикатором сигналов служил чувствительный гальванометр, применявшийся на кораблях для внутренней (служебной) сигнализации.

В сущности грозоотметчик Попова был уже в полной мере техническим устройством, тогда как предшествовавшие ему приборы служили преимущественно для лекционных демонстраций. Надежность приемника определилась также его применением: значительная мощность излученных грозových разрядов делала ненужной высокую чувствительность.

Г. Маркони, как и А. С. Попов, был знаком со статьей О. Лоджа [11]. В 1895 г. он воспользовался описанными Лоджем устройствами в опытах беспроводного телеграфирования. Весной 1895 г. ему удалось передать сигналы азбукой Морзе на расстояние в несколько сотен метров.

В итоге усовершенствования приемника и передатчика и благодаря использованию сравнительно длинных волн в сентябре 1895 г. дальность радиосвязи была увеличена до 1,5 км при отсутствии оптической видимости передатчика (при расположении приемника за холмом).

В декабре 1895 г. по согласованию с Министерством почтовых и телеграфных служб Италии было принято решение о выезде Маркони в Англию для последующего патентования беспроводного телеграфа в ряде стран [19]. 2 февраля 1896 г. Маркони выехал в Англию. После успешной демонстрации своей аппаратуры он подал 2 июня заявку на английский патент на изобретенный им способ и на устройство беспроводного телеграфа с применением волн Герца: «Усовершенствование передачи электрических импульсов и сигналов и соответствующие устройства».

¹ Преподавателям полезно иметь в виду, что это устройство и сегодня может служить примером реализации важного общего принципа: множество малонадежных элементов обеспечивает высокую надежность устройства в целом.

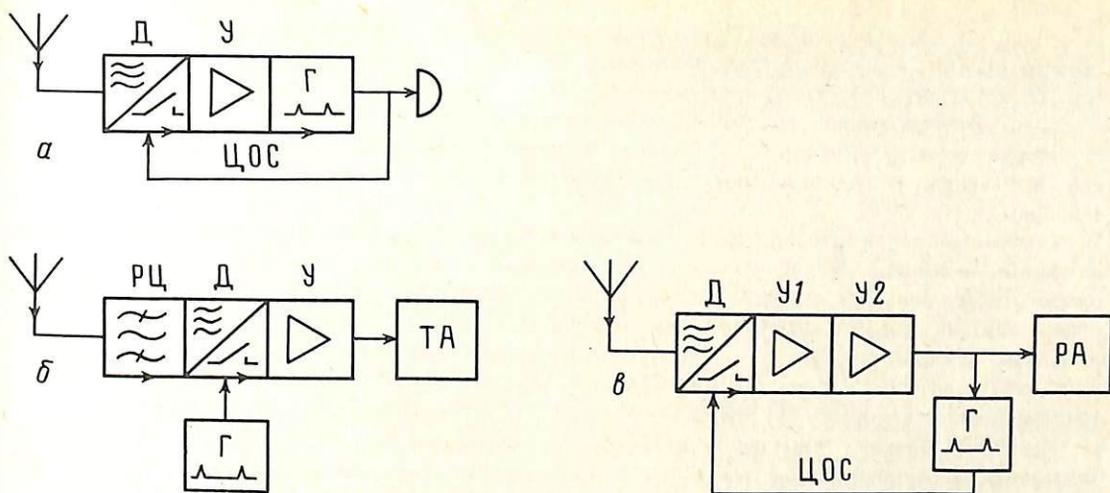


Рис. 2. Приемники с усилением сигнала: *а* — искровой кохерер со звонком; *б* — кохерер с независимым встряхиванием; *в* — приемник с реле (Д — детектор, У₁, У₂ — усилители, Г — генератор, РЦ — резонансная цепь, ТА — телеграфный аппарат, РА — регистрирующий аппарат, ЦОС — цепь обратной связи)

После опубликования этого патента в 1897 г. выяснилось, что приемник Маркони, как и приемник А. С. Попова, отличается от приемника О. Лоджа вида рис. 2, *а* только введением после порошкового детектора-усилителя дополнительного усилителя — электромагнитного реле (см. рис. 2, *в*).

Большое сходство приемников вызвало многолетнюю дискуссию о приоритете Попова или Маркони в создании беспроводного телеграфа. При этом, как правило, вовсе не учитывалось то крайне важное обстоятельство, что причиной успешного получения Маркони связи на больших расстояниях было, как мы увидим ниже, не столько усовершенствование приемника, хотя оно и имело место, сколько создание эффективного передатчика.

Другим предметом длительной дискуссии оставался вопрос о предпочтении как А. С. Поповым, так и Г. Маркони приемника типа рис. 2, *а* или *в*, но не типа рис. 2, *б*, который автор обоих вариантов О. Лодж считал более целесообразным. Действительно, структурные схемы приемников А. С. Попова и Г. Маркони почти тождественны, если не считать, что Маркони использовал для встряхивания детектора не звонок, а аналогичный по принципу действия специально сконструированный механизм.

Распространено заблуждение, что только встряхивание порошка после появления сигнала, т. е. применение цепи обратной связи (ЦОС; рис. 2, *а*, *в*), позволяло осуществлять передачу сигналов, тогда как при принудительном встряхивании независимым генератором импульсов «прием сигнала в промежутки времени между предшествующим срабатыванием и последующим встряхиванием был невозможен» [1; 8, с. 78, 79]. В действительности оба способа совершенно равноценны, если частота независимых встряхиваний в варианте рис. 2, *в* не меньше, чем частота вибраций якоря встряхивателя-звонка в грозоотметчике А. С. Попова. При соблюдении этого условия «декохерирование» автономным вибратором во время работы передатчика оказывает точно такое же действие, как и в варианте с обратной связью, а в паузах сигнала, передаваемого азбукой Морзе, встряхивание совершенно не влияет на прерванную цепь детектора.

О. Лодж объяснял свое предпочтение приемнику с независимым встряхивателем тем, что в электрическом звонке имеет место искрение контакта, способное своим излучением воздействовать на порошок в детекторе. Возможно, эта мысль была первым указанием на опасность паразитных обратных связей в усилителях радиочастоты, которым уделяется серьезное внимание в современных методических руководствах по конструированию радиоаппаратуры и в учебниках по радиоприемным устройствам.

Автономное прерывание сигнала в последующие десятилетия нашло широчайшее применение и завершилось в современной теории дискретизации сигналов и в импульсной модуляции. Именно этот способ обработки сигнала был применен при переходе к передаче сигналов незатухающими колебаниями: получили большое распространение непрерывно действующие прерыватели-тикеры

[3, с. 30—32]. Можно увидеть прямую связь этих устройств с последовавшим развитием гетеродинного приема, в свою очередь приведем к современному супергетеродину [3, с. 32—33]. Тот же метод периодического прерывания с помощью специального генератора использовался и используется до сих пор в радиоприемнике-суперрегенераторе [3, с. 43].

Порошковый детектор А. С. Попова имел простейшую конструкцию, удобную для экспериментов и лекционного демонстрирования «отношения металлических порошков к электрическим колебаниям»².

Вдоль стеклянной трубки длиной 7 см и диаметром 1 см с резиновыми пробками на концах были наклеены электроды — полоски фольги. До середины ее (трубки) толщины насыпалась кучка рыхлого металлического порошка или дробы. Для того чтобы проводимость большой массы порошка заметно изменилась, требовалось воздействие сравнительно мощного электромагнитного импульса. Мощности излучателя Герца было совершенно достаточно при лекционных демонстрациях ввиду малости расстояния между приемником и передатчиком; естественно, что была достаточна и мощность импульса в проводе-громоотводе при регистрации грозových разрядов.

Детектор Маркони существенно отличался от описанного устройства. Это был герметически запаянный миниатюрный вакуумный прибор с тонким слоем порошка специально подобранныго состава между поршневыми цилиндриками-электродами. Пространство между электродами имело клинообразную форму, что позволяло регулировать чувствительность прибора путем его поворота вокруг продольной оси [3, с. 14].

Благодаря малой толщине слоя (как указывает А. С. Попов [20; 21], всего лишь около 1 мм, а согласно Прису — 0,5 мм) для срабатывания детектора соответственно требовалось минимальное напряжение между электродами. Более высокую чувствительность детектора Маркони отмечал и Попов [20; 21].

В декабре 1895 г. в статье [14], опубликованной в марте 1896 г., А. С. Попов справедливо отмечает, что разработанный им приемник еще не пригоден для беспроводного телеграфирования и нуждается в усовершенствовании. Об этом же он говорит и в 1897 г. [15]. Он допускает, однако, ошибку во второй части заключительной фразы статьи, в которой в качестве второго условия указывает создание передатчика, обладающего достаточно большой мощностью, имея в виду увеличение пиковой мощности; для этой цели он стремился увеличить в передатчике длину искр. Эта трагическая ошибка обрекла созданный им радиоприемник на единственное применение, удачно найденное им и реализованное: служить грозоотметчиком.

Путь к беспроводному телеграфированию на больших расстояниях лежал, как это ни кажется парадоксальным, не в повышении мощности передатчика. Напротив, достижение этой цели было связано с уменьшением пиковой мощности и соответственно уменьшением длины искры, что вскоре должен был признать сам А. С. Попов.

По-видимому, главное в патенте Маркони № 12039 по заявке от 2 июня 1896 г. [12] — особенности его радиопередатчика, прежде всего применение им в передатчике вертикальной антенны таких же размеров, как и в приемнике. Это обеспечило необходимую для приема сигналов одинаковую поляризацию излучаемых и принимаемых волн. Известно, что у А. С. Попова вертикальная антенна имела только в приемнике, а вибратор передатчика («большой герцевый вибратор» [17, с. 60]) был расположен горизонтально. Это же обеспечивало радиосвязь на сравнительно длинных волнах (соответственно длине передающей антенны, выполняющей функции вибратора), что в свою очередь увеличивало дальность связи и создавало возможность связи через препятствия благодаря дифракции.

Применение в передатчике Маркони коротких искр с меньшей пиковой мощностью, но с большей длительностью разряда, т. е. с той же энергией, но меньшим затуханием, позволило использовать резонанс. А. С. Попову это не удалось, на что он сам указывает в своих публикациях [15, с. 111, 127]. Одинаковость передающей и приемной антенн сделала возможным резонанс без специальных иных органов настройки в передатчике и приемнике, которые были введены Маркони позже.

Попытаемся дать ориентировочную оценку выигрыша Маркони благодаря описанным свойствам его передатчика и приемника. Если чувствительность кохерера по напряжению улучшилась примерно в 3 раза и использование резонанса дало такой же эффект, а совпадение поляризаций

² Как известно, именно так назывался доклад А. С. Попова 25 апреля (7 мая н. ст.), в честь которого эта дата празднуется в СССР как День радио [17, с. 54].

дало выигрыш примерно в 10 раз, то результирующий эффект составляет около 100, т. е. соответствует увеличению мощности передатчика в 10 000 раз. Это делает понятным, почему при покоем приемнике Маркони сумел осуществить беспроводное телеграфирование, которое не удалось А. С. Попову.

Список литературы

1. *Введенский Б. А.* А. С. Попов — изобретатель радио. М.; Л., 1948.
2. БСЭ. Изд. 3. Т. 21 (1975).
3. Очерки истории радиотехники/Под ред. Б. С. Сотина М., 1960.
4. *Томсон Э.* Беспроволочная передача энергии // Радиотехник, 1918. № 3.
5. Телеграф без проволоки // Почтово-телеграфный журн. 1892. С. 340.
6. *Крукс В.* Некоторые возможности применения электричества // Из предыстории радио/Под ред. Л. И. Мандельштама. М.; Л., 1948. С. 416—419.
7. *Браун Ф.* Угольные кохеры // Electr. World. 1897. V. XXX. № 24.
8. *Родионов В. М.* Зарождение радиотехники. М., 1985.
9. *Lodge O.* The history of coherer // Electricien. 1897. 12 Nov.
10. *Бранли Э.* Изменения проводимости под различными электрическими воздействиями // Из предыстории радио. М., 1948. С. 353—355.
11. *Лодж О.* Творение Герца // Там же. С. 424—443.
12. The telegraphy of Marconi // Electricien. 1897. 17 Sept.
13. Сообщ. в газ. «Кронштадтский вестник». 1895. 25 апр. // Изобретение радио. А. С. Попов/Под ред. А. И. Берга М., 1966. С. 51.
14. *Попов А. С.* Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний // Изобретение радио А. С. Поповым/Под ред. Берга А. И. М.; Л., 1945. С. 57.
15. Изобретение радио. А. С. Попов/Под ред. Берга А. И. М., 1966.
16. Заметка в «Nature». 1894. V. 50. P. 305// Из предыстории радио. М., 1948. С. 358.
17. Изобретение радио А. С. Поповым. М., 1945.
18. *Попов А. С.* Телеграфирование без проводников // Котлин. 1897. 8 янв.
19. Bibliografia Marconiiana // Giunti. 1974. P. 136.
20. *Попов А. С.* Доклад о телеграфировании без проводов в Одессе 18 сент. 1897 г.// Изобретение радио. А. С. Попов. М., 1966. С. 111.
21. *Попов А. С.* Доклад о телеграфировании без проводов в Электротехническом институте 19 окт. 1897 г.// Изобретение радио. А. С. Попов. М., 1966. С. 126.