

АНАТОЛИЙ АПОЛЛИНАРЬЕВИЧ ГЛУЩЕНКО

## МЕСТО И РОЛЬ РАДИОСВЯЗИ В МОДЕРНИЗАЦИИ РОССИИ (1900–1917 гг.)

Научное издание

### ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
<b>1. Научно-технические предпосылки зарождения и развития радиотехники</b> .....	13
Из предыстории радио .....	13
Зарождение радиосвязи .....	15
Развитие радиопередающих устройств .....	23
Методы приема затухающих электромагнитных колебаний .....	34
Развитие теории и практики начального периода электронной техники в радиосвязи .....	40
Развитие теории и практики антенн .....	49
Эволюция знаний в области распространения и применения радиоволн .....	56
Новые области применения радиотехники .....	62
<b>2. Организационно-правовые аспекты создания и функционирования сети радиостанций общего пользования России</b> .....	78
Руководство развитием радиосвязи в России .....	78
Организационно-правовая регламентация деятельности радиотелеграфной сети России .....	91
Международная регламентация радиосвязи .....	121
Предварительная Берлинская конференция по беспроволочному телеграфу .....	121
Берлинская радиотелеграфная конференция 1906 года .....	129
Лондонская радиотелеграфная конференция 1912 года .....	143
<b>3. Научно-производственная радиотехническая база России</b> .....	166
Кронштадтская мастерская беспроволочного телеграфирования .....	167
Радиотелеграфное депо Морского ведомства .....	190
Отделение для беспроволочной телеграфии Акционерного общества Русских электротехнических заводов "Сименс и Гальске" .....	223
Русское общество беспроволочных телеграфов и телефонов .....	259
Акционерное общество электромеханических сооружений (ДЕКА) ..	289
Одесская радиомастерская Русского общества пароходства и торговли .....	299
<b>4. Первые опыты строительства и эксплуатации радиостанций гражданских ведомств</b> .....	310
<b>5. Роль радиосвязи в колонизации Дальнего Востока</b> .....	328
Строительство первой радиолинии в России .....	328

Радиостанции Охотского побережья и Чукотского полуострова .....	351
Радиостанция Кербинской резиденции .....	361
Радиостанция на острове Сахалин .....	366
Радиостанция в Средне-Колымске .....	370
Неосуществленные проекты .....	373
<b>6. Радио в освоении и обороне Северного морского пути .....</b>	<b>375</b>
Значимость и предпосылки открытия Северного морского пути .....	375
История строительства первых радиостанций в Заполярье .....	386
Открытие и функционирование радиостанций в Карском море .....	399
Роль радиосвязи в жизни Заполярья .....	415
<b>7. Береговые радиостанции общего пользования России .....</b>	<b>438</b>
Радиостанции Азовского моря .....	436
Радиостанции Каспийского моря .....	450
Радиостанции Балтийского побережья .....	464
Радиостанции Черного моря .....	476
<b>8. Радиосвязь в торгово-пассажирском флоте .....</b>	<b>494</b>
Общая характеристика торгово-пассажирского флота России .....	494
Развитие радиосвязи в торгово-пассажирском флоте России .....	497
<b>9. Роль радио в социально-культурной жизни России .....</b>	<b>509</b>
Радиостанции научных организаций и учебных заведений .....	509
Использование радио для фундаментальных научных исследований .....	515
Радиосвязь в монастырях России .....	518
Проект "радиофикации" России 1917 года .....	524
"Криминальный" итог начала радиолюбительства в России .....	525
Попытки России вхождения в систему международной радиосвязи .....	529
<b>10. Система связи оборонных ведомств .....</b>	<b>542</b>
<b>как элемент военного потенциала страны .....</b>	<b>542</b>
Создание системы связи Морского министерства .....	543
Совершенствование системы связи Морского министерства .....	560
в межвоенный период .....	560
Создание системы радиосвязи Военного министерства .....	583
Роль военной радиосвязи в боевой деятельности армии и флота .....	603
Радиосвязь в Русско-японской войне .....	605
Радиосвязь оборонного назначения в Первой мировой войне .....	626
<b>Заключение .....</b>	<b>652</b>
Приложения .....	663
Именной указатель .....	678
Источники и литература .....	689

Редактор А. А. Рощина  
 Художественный редактор Т. Б. Батырова  
 Корректор С. А. Петрова  
 Компьютерный набор и верстка Р. А. Глушенко, Р. К. Жумабаев  
 Компьютерная графика

---

Сдано в производство 9. 11. 2004. Подписано в печать 23. 12. 2004. Формат 70/108 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Гарнитура Таймс. Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 44,3.

Тираж 250 экз. Заказ №1432

---

Подготовлено к изданию в Инжиниринг-Сервис. Санкт-Петербург, ул. Казанская, 7

Отпечатано в типографии "Правда-2". Санкт-Петербург, ул. Киришская, 2

...почему оспаривается у нас пальма первенства в изобретении радиотелеграфа? Потому что мы посмотрели на открытие вместе с изобретателем глазами теоретиков, а Маркони с англичанами – глазами практиков.

*А. А. Реммерт*

## 1

# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ЗАРОЖДЕНИЯ И РАЗВИТИЯ РАДИОТЕХНИКИ

Конец XIX века характерен концентрацией производства и ростом монополий, обострением борьбы за новые рынки сбыта и вывозом капитала за границу. Несмотря на завершившийся передел мира и широкое развитие сети межконтинентальных телеграфных линий, проблема связи метрополий с колониями решена не была. Интенсивное развитие торговли и транспорта предъявляло новые требования к существовавшим средствам связи, в особенности к связи между подвижными объектами, находящимися на большом удалении от пунктов управления ими. Отсутствие надежных средств беспроводной связи являлось одним из серьезных препятствий для развития мореплавания и торговли. Ограниченные возможности средств связи, находящихся на вооружении армий и флотов, не только снижали эффективность боевой подготовки и управления войсками и силами при ведении боевых действий, но и являлись тормозом в развитии военного и военно-морского искусства. Средства проводной электросвязи, имеющие ряд недостатков, ограниченные возможности и относительно высокую стоимость уже не могли в полной мере удовлетворять требованиям социально-экономических, политических, социокультурных процессов в условиях развивающегося капитализма. Нужны были иные, новые технические средства, обеспечивавшие возросшие потребности общества, и поисками в этом направлении были заняты многие ученые мира.

Этот период знаменателен множеством крупнейших открытий естествознания, глубокими исследованиями в области электричества и магнетизма. Весь комплекс знаний человека о природе, новые открытия многих ученых подготовили почву для осуществления величайшего изобретения нашего времени – радио.

## ИЗ ПРЕДЫСТОРИИ РАДИО

Краеугольным камнем науки об электромагнетизме было открытие в 1831 году М. Фарадеом электромагнитной индукции и выявление роли среды в этом явлении. Исследования Фарадея были в дальнейшем продолжены и развиты многими учеными-физиками. Особое значение среди этих трудов имело изучение механизма искрового разряда и определение в 1840 году его колебательного характера американским ученым Дж. Генри, а также теоретическое исследование этого явления в 1855 году английским физиком И. Томсоном (лордом Кельвином).

**Теоретическое обобщение существования электромагнитного поля** Важным теоретическим обобщением всех исследований в области электромагнетизма явилось учение Дж. Максвелла о существовании в пространстве электромагнитных волн. Максвелл, основываясь на открытии М. Фарадея и исходя из предположения о неразрывности тока, теоретически доказал в 1864 году, что в диэлектрике может существовать особый вид тока, связанный с перемещением силовых линий электрического поля. Этот ток он назвал током смещения, который, по-

добно току проводимости, порождает вокруг себя магнитное поле. Было теоретически доказано, что изменение во времени силовых линий электрического поля неизбежно вызывает изменение магнитного поля, созданного током смещения, и создает в окружающей среде волновой процесс, названный Дж. Максвеллом электромагнитной волной. Он пришел к выводу, что световые явления имеют также электромагнитную природу и что электромагнитные волны распространяются в пространстве со скоростью света, подчиняются световым законам и хорошо проходят через вещество, непроводящее электрический ток.

Максвелл вывел уравнения, характеризующие электромагнитную волну и связывающие напряженность магнитного поля с плотностью тока. Эти, носящие его имя, уравнения выражают также закон индукции электрического поля при изменении магнитного поля.<sup>1</sup>

Теория Максвелла была чрезвычайно смелым шагом в науке. Она носила настолько новаторский характер, что прошло много времени, пока она получила признание среди ученых. Одними из первых разделили его взгляды русские ученые во главе с А. Г. Столетовым. Их эксперименты доказали участие среды во взаимодействии заряженных тел, инерцию зарядов, прохождение тока смещения через диэлектрик и равенство между диэлектрической постоянной и квадратом показателя преломления изолятора и явились одним из подтверждений правильности теории английского физика.

**Экспериментальное подтверждение существования электромагнитных волн** Только через девять лет после смерти Дж. Максвелла существование электромагнитных волн было экспериментально доказано молодым немецким физиком, профессором Высшей технической школы в Карлсруэ Г. Герцем. В 1888 году Герц доложил Берлинской академии наук результаты своей работы "О лучах электрической силы", подводившей итоги серии экспериментов, в ходе которых впервые удалось опытным путем получить электромагнитные волны и исследовать их свойства.<sup>2</sup>

Для генерирования электромагнитных волн Герц воспользовался открытым контуром в виде вибратора ("вибратор Герца"), состоящего из двух стержней, расположенных на одной оси. На противоположных концах стержней вибратора были напаяны металлические листы, имевшие форму квадрата. Сближенные концы стержней оканчивались шариками, образующими разрядник, который присоединялся ко вторичной обмотке катушки Румкорфа. Во время каждого максимума переменного напряжения между шарами вибратора Герца происходил искровой разряд. В вибраторе возбуждались электромагнитные колебания, амплитуда которых уменьшалась со временем. Эти затухающие колебания в виде электромагнитных волн распространялись в пространстве вокруг вибратора.

Герц не только нашел способ возбуждать электромагнитные волны ("лучи Герца") в пространстве, но изобрел также и метод их обнаружения. В качестве приемника или индикатора волн Герц применил чрезвычайно простой прибор, названный "резонатором". В первом выполнении он представлял собой точную копию вибратора – это был металлический прут с сосредоточенными емкостями на концах (пластинами или шарами) и незначительным воздушным зазором (искровым промежутком) в середине. Более чувствительным и удобным оказался, однако, резонатор другой формы, выполненный в виде одного витка проволоки с небольшим искровым промежутком. Если длина проволоки и искровой промежутки резонатора соответствовали по своим размерам проводникам вибратора, то наступало явление резонанса, вследствие

<sup>1</sup> См.: Максвелл Д. К. Трактат об электричестве и магнетизме (1873). – В кн.: Дж. Клерк Максвелл. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М., 1952.

<sup>2</sup> См.: Герц Г. О лучах электрической силы. – В сб.: 50 лет волн Герца. М., 1938.

которого в момент излучения вибратором электромагнитных волн в искровом промежутке резонатора начинали проскакивать электрические искры.

С помощью описанной комбинации вибратор-резонатор Г. Герцу удавалось обнаруживать электромагнитные волны на расстоянии до 16 м от вибратора.

Схема передающей части опытной установки Герца была достаточно совершенной и уже после изобретения радио как средства связи почти без изменений просуществовала более десятка лет. Самым слабым ее местом был приемник – весьма простой по конструкции резонатор, чувствительность которого была безусловно недостаточной.

## ЗАРОЖДЕНИЕ РАДИОСВЯЗИ

Теоретическое обоснование общности между электрическими, магнитными и световыми явлениями, выполненное Дж. Максвеллом, и экспериментальное подтверждение Г. Герцем существования электромагнитных волн очень быстро завладели умами ученых. После опубликования в 1888 году открытия Г. Герца во многих лабораториях мира начались эксперименты с электромагнитными волнами, в ходе которых создавались и совершенствовались технические средства генерирования и регистрации электромагнитных колебаний. Среди тех, кто после Герца занимался экспериментальными исследованиями свойств электромагнитных волн, прежде всего следует назвать американского инженера Н. Теслу, английских физиков О. Лоджа, И. Томсона, М. Минчина, Э. Резерфорда, французских ученых Э. Бранли, Р. Блондло, итальянца А. Риги, индийца Д. Боса, немецких физиков Э. Лехера и А. Слаби, серба М. Пупина, русских физиков А. Г. Столетова, Н. Н. Егорова, И. И. Боргмана, О. Д. Хвольсона, П. Н. Лебедева и, конечно, А. С. Попова, которому принадлежит честь изобретения радиосвязи.

### **Первые идеи о технической возможности связи без проводов**

Одним из первых высказал мысль о практическом использовании электромагнитных волн для передачи сообщений американский профессор электротехники И. Томсон в лекции "О переменных токах и электрических волнах", прочитанной в 1889 году в Линне (Массачусетс).<sup>1</sup> Годом позже, в 1890 году, аналогичная мысль была высказана в журнале "Электричество" в примечании редакции к статье русского физика О. Д. Хвольсона об опытах Герца. В заключительном абзаце этой статьи автор писал: "Опыты Герца пока кабинетные; что из них разовьется дальше и не представляют ли они зародыш новых отделов электротехники – этого решить в настоящее время невозможно". Редакция снабдила эти слова сноской: "Например, телеграфия без проводов наподобие оптической".<sup>2</sup>

В 1892 году в лондонском популярном научно-техническом журнале была опубликована пространная статья видного английского физика В. Крукса, в которой он, говоря об электромагнитных волнах, писал: "Здесь раскрывается поразительная возможность телеграфирования без проводов, телеграфных столбов, кабелей и всяких других дорогостоящих современных приспособлений".<sup>3</sup> Он считал, что принципиальные возможности такой связи уже имеются благодаря опытам Герца и что для технического воплощения их в новые приборы нужно разработать: во-первых, более эффективные и удобные способы генерирования электромагнитных волн различной длины; во-вторых, способы их улавливания и разделения по длине (селекцию); в-третьих, способы направленно пространственной канализации электромагнитных волн.

<sup>1</sup> См.: Родионов В. М. Зарождение радиотехники. М., 1985, с. 73.

<sup>2</sup> Хвольсон О. Д. Опыты Герца и их значение // Электричество, 1890, № 1–5, с. 2.

<sup>3</sup> Crookes W. Some possibilities on electricity // London Fortnight. Rev. 1892, vol. 51, № 302, p. 173. Крукс В. Некоторые возможности применения электричества. – В кн.: Из предыстории радио. М., 1948, с. 418, 419.

В 1890–1891 годах, вскоре после опубликования опытов Г. Герца и Э. Бранли, студент Киевского политехнического института В. П. Добровольский разработал и математически обосновал систему "электрической сигнализации без проводов". После предварительных консультаций с ассистентом кафедры физики Политехнического института А. Н. Яницким и начальником телеграфа Юго-Западных железных дорог И. М. Ивановым, в конце 1891 года Добровольский отправил в редакцию журнала "Электричество", издаваемого VI отделом Русского технического общества, статью под названием "Опыты Герца в электрической сигнализации".<sup>1</sup> В статье не только высказывалась мысль о применении электромагнитных колебаний для передачи радиотелеграфных и радиотелефонных сигналов, но и приводилось математическое обоснование выдвинутой идеи. Статья не была опубликована, а автору редакция 5 июля 1892 года направила ответ следующего содержания.<sup>2</sup>

Милостивый государь!

Мы получили Вашу интересную статью об "Опытах Герца в электрической сигнализации", но, к сожалению, не находим возможности поместить ее, так как практическое испытание всего проекта привело бы к отрицательным результатам. Действительно, после Герца швейцарские ученые Сарразен и Деларив (1891 г.) доказали, что резонатор способен отвечать на всякие колебания и что данному вибратору может отвечать целый ряд резонаторов различных длин волн. Этот опытный результат был затем подтвержден многими другими учеными и теоретически объяснен Пуанкаре и его учеником Бьернесом неодинаковым затуханием свободных колебаний резонатора и насильственно вызванных в нем колебаниями вибратора. Кроме того, необычайно сильное влияние рассеяния энергии на расстояние волн столь большой длины (3–10 м) только играло бы препятствующую роль в выполнении Вашего проекта.

Ввиду того, что Ваш проект основан на положении, опровергнутом указанными трудами Сарразена и Деларива и других ученых, он не мог бы выдержать практического опыта.

С искренним почтением

А. Гершун

Действительно, принцип избирательности приема, предлагаемый В. П. Добровольским, требовал доработки, приведенная схема выражала лишь общий подход к функционированию системы, но статья заслуживала внимания и ее следовало бы опубликовать.

Выдающийся ученый-электрик Н. Тесла в лекции "О световых и других высокочастотных явлениях", прочитанной 24 февраля 1893 года во Франклиновском институте в Филадельфии, также вполне определенно высказался о применении электромагнитных волн.<sup>3</sup>

"Я хотел бы сказать несколько слов о предмете, который все время у меня на уме и который затрагивает благосостояние всех нас. Я имею в виду передачу осмысленных сигналов и, быть может, даже энергии на любое расстояние вовсе без помощи проводов. С каждым днем я все более убеждаюсь в практической осуществимости этой схемы... <...> Мое убеждение установилось так прочно, что я рассматриваю этот проект передачи энергии или сигналов без проводов уже не просто как теоретическую возможность, а как весьма серьезную проблему электротехники, которая должна быть решена со дня на день".

Изучая и проводя исследования с электромагнитными волнами, многие экспериментаторы поняли одно важное обстоятельство. Если герцевский вибратор электромагнитных волн был для своего времени достаточно удобным и мощным источником излучения, то примененный Герцем в качестве индикатора резонатор являлся очень несовершенным устройством. В поисках более совершенных технических устройств, позволявших регистрировать "лучи Герца", большинство исследователей обратилось

<sup>1</sup> Добровольский В. П. Опыты Герца в электрической сигнализации и история изобретения беспроводного телеграфа в 1890–1891 гг. Киев, 1903, с. 5.

<sup>2</sup> Добровольский В. П. Опыты Герца в электрической сигнализации и история изобретения беспроводного телеграфа в 1890–1891 гг. Киев, 1903, с. 6. Беспроволочный телеграф В. Добровольского // Почтово-телеграфный журнал. Отдел неофициальный. 1903, июнь, с. 703.

<sup>3</sup> Цит. по: Цверва Г. К. Никола Тесла. М., 1974, с. 126.

к использованию проводимости металлических порошков, меняющейся под действием электромагнитной волны. Указанное явление было подробно описано в 1890 году Э. Бранли и легло в основу разработанного им лабораторного прибора, названного радиоиндуктором. Новый прибор оказался более удобным и более чувствительным индикатором, чем резонатор Герца, и широко применялся в лабораторных опытах.<sup>1</sup>

В 1894 году английский физик О. Лодж опубликовал лекцию "Творение Герца", прочитанную в Британском королевском обществе, где описал усовершенствованный им радиоиндуктор Бранли. Лодж придал ему удобную форму переносного физического прибора для показа опытов с герцевскими волнами и сделал к нему механическое устройство для встряхивания опилок (часовой механизм, молоточек электрического звонка). Лодж назвал свой индикатор электромагнитных волн "когерером" (от лат. *cohesion* – сцепление, спаивание).<sup>2</sup>

Другой важной частью задачи практического воплощения идеи радиосвязи являлась разработка устройства, наилучшим образом излучающего электромагнитную энергию в окружающее пространство и извлекающего ее оттуда, т. е. антенны. Отыскание наиболее совершенных конструкций таких посредников между электромагнитным полем и аппаратурой было важно для увеличения дальности действия связи без проводов в такой же мере, как и повышение чувствительности приемника.

Первые антенны были использованы Г. Герцем в опытах 1887–1888 годов и представляли собой симметричный излучатель и резонатор в форме петли (в приемном устройстве). В статье "Об электрическом излучении и его концентрации с помощью линз", опубликованной в 1889 году, О. Лодж и Д. Говард писали, что "для дальних передач линейный осциллятор является наилучшим".<sup>3</sup>

Из всех ученых, занимавшихся опытами с электромагнитными волнами, Н. Тесла и О. Лодж, несомненно, ближе других были к изобретению нового средства связи. Но если ни Бранли, ни Лодж не ставили перед собой практических целей и впоследствии недвусмысленно заявили об этом,<sup>4</sup> то Тесла много лет вынашивал идею беспроводной передачи энергии на расстояние методом возбуждения Земли как большого колебательного контура. Он увлек этой мыслью многие умы, разработал источники высокочастотной электромагнитной энергии и ее излучатели, но у него не было важнейшего звена электромагнитной волновой связи – приемника, чувствительного индикатора.

Заслуга в изобретении нового рода связи – радио – принадлежит русскому физiku Александру Степановичу Попову.

### **Изобретение радиоприемника и создание первой линии радиосвязи**

Чтобы понять логику прихода А. С. Попова к мысли о применении электромагнитных волн для беспроводной связи и правильно оценить исторические события того времени, следует иметь в виду три обстоятельства. Во-первых, А. С. Попов, как сотрудник военно-морского технического учебного заведения, прекрасно понимал, что именно флот в первую очередь испытывает нужду в

<sup>1</sup> Бранли Э. Изменение проводимости под различными электрическими воздействиями. – В кн.: Из предьстории радио. М.–Л., 1948, с. 353.

<sup>2</sup> Когерер в наиболее простом оформлении представлял собой стеклянную трубку с двумя противоположно размещенными электродами, между которыми находились металлические опилки. При воздействии на такой прибор высокочастотного электромагнитного поля или быстропеременного электрического тока проводимость прибора резко возрастала, но с прекращением воздействия поля описываемое устройство в свое первоначальное состояние не возвращалось. Чтобы вернуть трубку с опилками в исходный режим, ее необходимо было встряхнуть, для чего Лодж использовал постукивание, вибрации помещенного на одной доске с трубкой электрического звонка и т. д. (Лодж О. Творение Герца. – В кн.: Из предьстории радио. М.–Л., 1948, с. 424).

<sup>3</sup> Лодж О. и Говард Д. Об электрическом излучении и его концентрации с помощью линз. – В кн.: Из предьстории радио. М.–Л., 1948, с. 375.

<sup>4</sup> Из предьстории радио. М.–Л., 1948, с. 158, 255.

беспроводном средстве связи, что существующие методы сигнальной связи не всегда эффективны, а посредством электрической индукции не удалось обеспечить нужных расстояний<sup>1</sup>. Во-вторых, творчески изучив работы Герца и его последователей, он убедился, что именно открытие Герца дает принципиальные возможности для решения задачи беспроводной связи. В-третьих, из многочисленных опытов с электромагнитными волнами А. С. Попов хорошо представлял (и это определяло исходные позиции его дальнейших работ), что основные принципиальные элементы, с помощью которых можно произвести беспроводную сигнализацию на электромагнитных волнах, уже существуют – созданы Герцем и его последователями. Но предстояла трудная задача усовершенствовать их и приспособить для конкретных практических целей – для связи. Поэтому Попов занялся планомерными и настойчивыми поисками технических решений для создания беспроводного средства морской связи.

Анализируя те средства, которыми уже располагала наука, А. С. Попов убедился, что в качестве источника электромагнитных волн для передачи сигналов на расстояние вполне пригоден генератор, использованный Герцем, "вibrator Герца" или его модификации, например, предложенные А. Риги, О. Лоджем и др. Вибратор Герца был прост, а работал достаточно надежно и устойчиво. В процессе физических опытов А. С. Попов убедился, что его можно использовать в качестве передатчика электромагнитных колебаний, если с помощью любого включателя (например, телеграфного ключа) первичную обмотку индукционной катушки присоединять к источнику питания в соответствии с кодом передаваемого сигнала.

Столь же очевидным для Попова было и то, что главные условия в экспериментальной работе должны быть направлены на создание надежного и устойчиво работающего индикатора электромагнитных волн. Лабораторные приборы, индикаторы электромагнитных волн, применяемые Э. Бранли и О. Лоджем, были, конечно, значительно удобнее, чем резонатор Герца. Тем не менее они, в их тогдашнем виде, еще не могли быть использованы для выполнения целей связи. Встряхивание трубочки "радиокондуктора" Бранли для приведения его в чувствительное состояние производилось вручную в произвольные моменты времени. В когерере О. Лоджа встряхивание происходило по "жесткой программе" механическим устройством. В обоих случаях прием сигнала в промежутки времени между предшествующим срабатыванием и последующим встряхиванием был невозможен. Кроме того, и это, пожалуй, главное, – радиокондуктор Бранли и когерер Лоджа были весьма несовершенны, имели низкую чувствительность и нестабильность параметров и срабатывали ненадежно, далеко не от каждого электромагнитного сигнала.

Начиная работать над решением проблемы создания беспроводной связи, А. С. Попов поставил перед собой две задачи, которые определили два этапа его экспериментов.

Первая задача состояла в создании достаточно чувствительного и безотказного в работе индикатора, способного действовать на больших расстояниях от генератора. Путь решения этой задачи был чисто экспериментальным. После многочисленных

<sup>1</sup> Еще до изобретения радио делались попытки найти способы электрической связи на расстояние без металлических проводников, используя проводимость почвы и воды: К. Штейнгель (1838), С. Морзе (1842), Д. Трубридж (1880), В. Прис (1886–1887), Е. В. Пилсудский (1899). Кроме того, были высказаны идеи и проведены опыты с попытками осуществить связь между объектами (в том числе и подвижными) с использованием электростатической и электромагнитной индукции: Д. Юз (1879–1880), А. Долибр (1882), Т. Эдисон (1885), В. Прис (1886–1892), И. И. Боргман (1888). Все указанные опыты "беспроводной передачи" сообщений проводились в зоне индукции, где поле убывает квадратично, поэтому и расстояния, на которые передавались сигналы, были небольшими, в связи с чем практического применения они не нашли (Бренев И. В. Начало радиотехники в России. М., 1970, с. 8. Родионов В. М. Зарождение радиотехники. М., 1985, с. 70–72).



исследований в начале 1895 года Попову удалось сконструировать достаточно чувствительный и надежный когерер, представлявший собой стеклянную трубку с платиновыми электродами и мелкими железными опилками.

Суть второй своей задачи А. С. Попов определял следующим образом: "Добившись удовлетворительного постоянства чувствительности при употреблении трубки с платиновыми листочками и железным порошком, я поставил себе еще другую задачу: добиться такой комбинации [элементов конструкции], чтобы связь между опилками, вызванная электрическим колебанием, разрушалась немедленно, автоматически".<sup>1</sup> При решении этой задачи Попов включил в цепь когерера и батареи телеграфное реле, которое при замыкании когерера срабатывало и, в свою очередь, включало цепь, состоящую из обычного электрического звонка. Сам же звонок располагался таким образом, чтобы молоточек при движении ударял о когерер и встряхивал его. Так родился принцип автоматического "декогерирования". Четко понимая роль достигнутого автоматизма действия прибора, А. С. Попов отмечал, что "такая комбинация, конечно, удобнее, потому что будет отвечать на электрические колебания, повторяющиеся одно за другим".<sup>2</sup>

В начале 1895 года Попов сконструировал переносный прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний, существенно отличавшийся от лабораторных индикаторов Бранли и Лоджа, которые не предназначались для технических нужд. Прибор Попова был первым техническим средством индикации электромагнитных волн, практически пригодным для целей связи.

Продолжая работу, А. С. Попов вместе со своим ассистентом П. Н. Рыбкиным перенес эксперименты в сад Минного офицерского класса в Кронштадте. Для увеличения чувствительности прибора и увеличения возможностей обнаружения электромагнитных волн на значительно больших расстояниях к когереру в качестве антенны был присоединен отрезок проволоки.

Присоединением антенны Попов завершил создание классической принципиальной схемы приемного устройства, которая, можно сказать, без изменений сохранилась вплоть до наших дней. Современные радиоприемные устройства также имеют и антенну, и волноуказатель (детектор), и регистрирующий прибор на выходе.<sup>3</sup> Позднейшая техника добавила к этим основным частям лишь усилительные каскады. Электромагнитное устройство, служившее у Попова для встряхивания заключенного в когерере металлического порошка, на современном языке может быть названо системой обратной связи, так как это устройство, воздействовавшее на входную цепь приемника, срабатывало от того эффекта, который создавался на входе (замыкание реле, соединенного с оконечным устройством). Именно использование принципа обратной связи позволило Попову создать качественно отличный от предыдущих прибор – первый практически действующий радиоприемник.

Изобретение прибора, способного принимать радиотелеграфные сигналы, и первые успешные опыты с ним в Минном офицерском классе показали всю практическую ценность нового средства электрической связи, которое не требовало никаких соединительных проводов.

Закончив первый этап работ, А. С. Попов решает выступить с сообщением о своих опытах перед аудиторией ученых. Его доклад состоялся на заседании физического отделения Русского физико-химического общества, которое происходило в помеще-

<sup>1</sup> Попов А. С. Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний // Журнал РФХО. Часть физич., 1896, т. XXVIII, вып. 1, отд. 1, с. 1–14.

<sup>2</sup> Изобретение радио: А. С. Попов. Документы и материалы. М., 1966, с. 64.

<sup>3</sup> Электроника: Энциклопедический словарь / Гл. ред. В. Г. Колесников. М., 1991, с. 458–459.

нии физической аудитории Петербургского университета 25 апреля 1895 года. А. С. Попов подробно рассказал о результатах своих опытов и продемонстрировал действие "прибора для обнаружения и регистрирования электрических колебаний" от герцевского вибратора, включенного во вторичную обмотку катушки Румкорфа; в первичной цепи катушки имелся выключатель.<sup>1</sup>

Первое печатное сообщение о докладе и работах А. С. Попова было помещено в морской газете "Кронштадтский вестник" 30 апреля 1895 года. В заметке, в частности, говорилось:<sup>2</sup>

"<...> Уважаемый преподаватель А. С. Попов, делая опыты с порошками, комбинировал особый переносный прибор, отвечающий на электрические колебания обыкновенным электрическим звонком и чувствительный к герцевским волнам на открытом воздухе на расстоянии 30 сажен. Об этих опытах А. С. Поповым в прошлый вторник [25 апреля] было доложено в физическом отделе Русского физико-химического общества, где было встречено с большим интересом и сочувствием. Поводом ко всем этим опытам служит теоретическая возможность сигнализации на расстоянии без проводников, наподобие оптического телеграфа, но при помощи электрических лучей".

В декабре 1895 года А. С. Попов подготовил подробную статью о своих работах, которая была опубликована в январском номере Журнала русского физико-химического общества.<sup>3</sup> В этой статье он подробно изложил ход своих исследований, в том числе наблюдения над влиянием атмосферного электричества на его прибор. Подчеркивая высокую чувствительность построенного прибора, Попов отмечал, что он "может служить для различных лекционных опытов с электрическими колебаниями и, будучи закрыт металлическим футляром, с удобством может быть приспособлен к опытам с электрическими лучами". И далее говорит еще об одном, метеорологическом применении прибора, если его присоединить к проводнику громоотвода, "когда этот проводник подвергается действию электромагнитных пертурбаций, происходящих в атмосфере". Полагая, что дальнейшее развитие работ по использованию прибора для беспроводной связи на большие расстояния будет связано с совершенствованием также и передающего устройства, т. е. с увеличением его мощности, А. С. Попов заканчивает статью следующими словами:

"В заключение могу выразить надежду, что мой прибор при дальнейшем усовершенствовании его может быть применен к передаче сигналов на расстояние при помощи быстрых электрических колебаний, как только будет найден источник таких колебаний, обладающий достаточной энергией".

Именно этим можно объяснить тот факт, что первое применение радиоприемник А. С. Попова нашел в области метеорологии для регистрации гроз, получив название "грозоотметчика".

Летом 1896 года в зарубежной печати появились сообщения об опытах с электромагнитными волнами, которые проводил итальянец Г. Маркони. Молодой итальянец получил домашнее образование, при этом частные уроки физики ему давал профессор В. Роза. Кроме того, Г. Маркони посещал институт Кавалеро во Флоренции и Национальный институт в Ливорно. Занятия эти были нерегулярными и, главным образом, частными, поэтому ему не удалось получить никакого официального документа об образовании.<sup>4</sup>

Проведя ряд опытов с электромагнитными волнами, Маркони решил применить их для создания системы беспроводной связи. В 1896 году он приехал в Англию, где ему удалось заинтересовать своей идеей английское почтово-телеграфное ведомство

<sup>1</sup> Журнал Русского физико-химического общества. Часть физич., 1895, т. XXVII, вып. 8, с. 259.

<sup>2</sup> Кронштадтский вестник. 1895, 30 апреля.

<sup>3</sup> Попов А. С. Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний // Журнал Русского физико-химического общества. Часть физич., 1896, т. XXVIII, вып. 1, отд. 1, с. 1–14.

<sup>4</sup> См.: Гуаланди Л. Гульельмо Маркони: официальная версия и историческая правда // Петербургский журнал электроники. 1999, №1, с. 83–84.

и адмиралтейство. Директор британских телеграфов, физик и электротехник В. Прис принял деятельное участие в испытании приборов Маркони и помог ему провести работы по осуществлению опытов беспроводной связи.

В сентябре 1896 года в газетах сообщалось о беспроводной передаче сигналов, проведенной Маркони в районе Солсбери Плейн на расстоянии около 7 км. Весной 1897 года Маркони достиг в Бристольском канале дальности около 16 км. Эти опыты привлекли внимание представителей деловых кругов Великобритании, и в 1897 году Маркони организовал крупное акционерное общество "Marconi Wireless Telegraph and Signal Company Ltd", много сделавшее для развития беспроводной связи.<sup>1</sup>

В июне 1896 года Г. Маркони подал в Британское патентное ведомство заявку на "усовершенствования в передаче электрических импульсов и сигналов на расстояние и в аппаратуре для этого", 2 марта 1897 года уточняет свою заявку на изобретение и в июле 1897 года получил патент.<sup>2</sup> После этого в докладе, сделанном В. Присом в Королевском институте, были описаны приборы Маркони и стал ясен их принцип действия.<sup>3</sup>

За исключением второстепенных деталей, аппаратура Маркони по схеме и принципу действия была полностью аналогична приборам для беспроводной связи, которые разработал А. С. Попов за 14 месяцев до этого. Использовал он и автоматическое восстановление чувствительности когерера. В качестве передатчика Маркони использовал вибратор А. Риги с излучателем (в форме шаров в масле), работавшим на волнах длиной около 120 см.

Следует подчеркнуть, что сходство первых приемных аппаратов А. С. Попова (1895) и Г. Маркони (1896) было еще и в том, что индикация сигналов производилась на слух по звукам электромагнитного ударника, встряхивающего когерер (у Попова – молоточка электромагнитного звонка, у Маркони – специального электромагнитного ударника). Включение встряхивателя и у Попова, и у Маркони производилось чувствительным телеграфным реле, которое было включено последовательно с батареей в цепь когерера. Некоторые незначительные отличия были у них в конструкции когерера: когерер Попова представлял собой стеклянную трубку с полуцилиндрическими платиновыми электродами, между которыми был небольшой зазор с мелкими железными опилками; у Маркони когерер был также в виде стеклянной трубки с плотно введенными в нее с двух сторон цилиндрическими серебряными электродами, зазор между которыми был заполнен мелкими железными опилками.

Не вдаваясь в детальный анализ многолетнего спора о приоритете в изобретении радио, переместившегося уже давно из научной плоскости в плоскость демагогии,<sup>4</sup> отбросив симпатии и антипатии, а также эмоции, следует обратиться к правовым аспектам данной проблемы. Так, согласно основополагающим положениям патентного законодательства большинства стран, выступление А. С. Попова перед научной об-

<sup>1</sup> Очерк развития радиотелеграфных сообщений в России и за границей. СПб., 1913, с. 38.

<sup>2</sup> См.: Урвалов В. А. Гульельмо Маркони: возвращаясь к напечатанному // Радиотехника и связь. 1995, №1(9), с. 44–52. Pat. № 12039 (Gr. Brit.). Improvements in transmitting Electrical impulses and signals, and apparatus therefor. / G. Marconi. – Date of application, 2nd June, 1896. Complete specification left, 2nd Mar., 1897. – Accepted, 2nd Juli, 1897.

<sup>3</sup> Изобретение радио: А. С. Попов. Документы и материалы. М., 1966, с. 84–97.

<sup>4</sup> Примером публикаций подобного рода являются статьи итальянского радиотехника Людовико Гуа-ланди "Гульельмо Маркони: официальная версия и историческая правда" (Петербургский журнал электроники. 1999, №1, с. 83–96) и "Гульельмо Маркони в России" (Петербургский журнал электроники. 2002, №2, с. 90–97). Не вдаваясь в подробный анализ указанных статей, следует лишь отметить слишком свободное жонглирование автором терминами "открытие", "оригинальность изобретения" и т. п. Кроме того, призывая отрешиться от "интерпретаций", свойственных "академическим источникам", и обратиться к "внимательному рассмотрению фактов и документов" автор ничего нового читателям журнала не сообщил. Мало того, по целому ряду фрагментов статьи автор демонстрирует полнейшее незнание не только истории науки и техники, но и всеобщей истории.

шественностью России (неограниченным кругом лиц) 25 апреля 1895 года с изложением устройства и принципа работы изобретенного им прибора для обнаружения и регистрации электрических колебаний (радиоприемника) является основанием, **во-первых, к отдаче приоритета в изобретении радиоприемника А. С. Попову и, во-вторых, к признанию данного доклада как источника, который мог порочить новизну любого аналогичного устройства (в том числе и заявленного Г. Маркони в Англии 2 июня 1896 года и уточненного 2 марта 1897 года) при попытке получить на него охранный документ в патентном ведомстве любого государства, патентным законом которого предусматривалась мировая новизна заявляемого объекта при экспертизе заявки на изобретение.**<sup>1</sup>

Кроме того, в дополнение к многочисленным материалам, относящимся к данному вопросу,<sup>2</sup> следует привести редко упоминающееся, но весьма убедительное мнение министра почт и телеграфов Германии Кретке, высказанное в речи перед делегатами международной Берлинской предварительной конференции по беспроволочному телеграфу в 1903 году. Отмечая вклад А. С. Попова в изобретение радио, Кретке сказал:<sup>3</sup>

"В 1895 году Попов... пришел на мысль воспользоваться волнами Герца для передачи телеграфных знаков и он устроил первый аппарат искровой телеграфии."

Относительно изобретения Г. Маркони было сказано что он

"...первый употребил воздушную проволоку также для передающей станции и открыл новые пути практическому применению искровой телеграфии. Одновременно с ним и другие известные изобретатели работали над усовершенствованием этого телеграфа".

Таким образом вклад Г. Маркони оценивался именно "усовершенствованием" радиоаппаратуры, как это и отмечено в его заявке на изобретение и формуле изобретения.<sup>4</sup> В связи с этим уместно также привести слова академика Л. И. Мандельштама.<sup>5</sup>

"Настоящим изобретателем по праву может считаться тот, кто дал идее конкретное осуществление, кто конкретными устройствами слил идею и осуществление в одно органическое целое, после чьих работ не остается сомнения в том, что поставленная практическая цель достигнута".

**Человеком, решившим данную задачу в области радиотехники, является русский физик А. С. Попов.**

Изобретение прибора, способного принимать радиотелеграфные сигналы, и первые успешные опыты с ним, проведенные А. С. Поповым в России и Г. Маркони в Англии, ясно показали миру всю практическую ценность нового электрического средства связи, которое не требовало никаких соединительных проводов. Стадия лабораторных опытов, представлявших чисто научный интерес, была уже пройдена. Появилась новая область техники, получившая в то время название техники беспроволочной (искровой) телеграфии.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Богуславский М. М. Патентные вопросы в международных отношениях. М., 1962, с. 306.

<sup>2</sup> Например, А. С. Попов в характеристиках и воспоминаниях современников. М. – Л., 1958, 454 с. А. С. Попов. Сборник документов. Л., 1945, с. 228–234. Бренев И. В. Начало радиотехники в России. М., 1970. и др.

<sup>3</sup> Предварительная международная конференция по беспроволочному телеграфу // Почтово-телеграфный журнал. Отдел неофициальный. 1903, сентябрь, с. 896.

<sup>4</sup> Маркони Г. Усовершенствования в передаче электрических импульсов и сигналов и в устройстве, предназначенном для этих целей // Английский патент. Дата присуждения: 2 июля 1897 г. Дата заявки: 2 июня 1896 г. Полное описание конструкции подано 2 марта 1897 г.

<sup>5</sup> Из предьстории радио. М. – Л., 1948, с. 32.

<sup>6</sup> В 1906 году на Берлинской радиотелеграфной конференции было рекомендовано новую отрасль связи именовать радиотелеграфом (от лат. *radio* – луч).

## РАЗВИТИЕ РАДИОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

В современном понимании радиопередатчик представляет собой устройство, предназначенное для генерирования и усиления высокочастотных колебаний и изменения одного из параметров этих колебаний в соответствии с характером передаваемого сигнала.<sup>1</sup> При этом для связи используются гармонические высокочастотные колебания различной частоты. Первые же радиопередающие устройства решали лишь задачи генерирования затухающих электромагнитных колебаний и передачи их посылками различной длительности в процессе передачи сообщений.

**"Простая" схема передатчика электромагнитных волн** На начальном этапе (до 1910–1915 годов) развития радиосвязи использовалось несколько методов получения затухающих колебаний. Исторически первым нашел техническое применение метод возбуждения электромагнитных колебаний посредством

искрового разряда в заряженном до определенного потенциала проводнике. По своему принципу действия искровые генераторы могли создавать только посылки затухающих электромагнитных колебаний, следующих друг за другом во времени в соответствии с принятым кодом передачи информации.<sup>2</sup> Накопленная в антенне энергия была пропорциональна квадрату электрического потенциала, при котором происходил искровой пробой, что в конечном итоге определялось свойствами разрядника. Чем электрически более прочной была среда, в которой помещались шарики разрядника, и чем больше расстояние между ними, тем выше был пробивной потенциал и больше энергия колебаний. Однако еще Г. Герц показал, что, несмотря на эти соображения, наиболее интенсивные колебания получались в разрядниках с небольшим искровым промежутком. Как стало впоследствии ясно, причина заключалась в том, что более длинная искра имела большее сопротивление и вибратор излучал сильно затухающие волны. Поэтому размер искрового промежутка имел оптимальное значение для конкретных генераторов.

В первых линиях радиосвязи применялись вибраторы Герца в виде линейных проводников различной длины, присоединенных к искровому разряднику и имеющих иногда на концах металлические пластины, шары, диски, тарелки конической формы и т. п. Такие приспособления увеличивали емкость вибратора, а это, в свою очередь, повышало мощность излучения.

Важнейшей задачей радиосвязи, вытекающей из самой ее сути, т. е. из передачи на расстояние информации, было увеличение дальности действия в линиях связи. Еще А. С. Поповым в его опытах с электромагнитными волнами было отмечено влияние на дальность связи металлического проводника (антенны), присоединенного к вибратору. Чем выше был поднят проводник и чем он был длиннее, тем больше была дальность связи. При этом сам вибратор уже переставал выполнять свою первоначальную роль, т. е. генерировать и излучать электромагнитные волны (мощность которых определялась его геометрическими размерами, емкостью и напряжением) – практическая длина волны определялась параметрами антенны. Антенна становилась новым колебательным контуром и излучателем одновременно, а вибратор как таковой вырождался в искровой разрядник. Поэтому практическая радиосвязь с первых шагов своего развития стала осуществляться

<sup>1</sup> См.: Электроника. Энциклопедический словарь. М., 1991, с. 458. Политехнический словарь. М., 1976, с. 407.

<sup>2</sup> Общим моментом всех схем генерации затухающих колебаний является следующее: конденсатор колебательного контура заряжается до некоторого значения, в результате чего в нем запасается электрическая энергия; в определенный момент времени конденсатор начинает разряжаться вследствие образования замкнутого колебательного контура, который образуется благодаря появлению искры в разряднике, включенном последовательно с катушкой индуктивности и емкостью. Разряд конденсатора происходит в виде затухающих колебаний высокой частоты. Периодическое повторение заряда конденсатора позволяет получить периодические серии высокочастотных колебаний (*Родионов В. М. История радиопередающих устройств. М., 1969, с. 20*).

на более длинных электромагнитных волнах, чем в опытах А. С. Попова: стали использовать волны средние (гектометровые) и длинные (километровые).

Этот переход в длинноволновую область частотного диапазона не был простой случайностью, связанной с присоединением к вибратору антенных систем. Эксперименты подтвердили, что электромагнитные волны распространяются на большие расстояния при использовании антенн, состоящих из большого числа разнесенных в пространстве проводов, поднятых на мачтах или башнях. И хотя в первые годы еще мало был изучен механизм и особенности распространения радиоволн различной длины, уже было хорошо известно, что высокие антенны и мощные искровые генераторы позволяют достигать значительных расстояний, что на дальность большое влияние оказывают высота и разветвленность антенны, равно как и мощность передатчика. Это и определило дальнейшую тенденцию в мировой и отечественной радиосвязи к применению все более длинных волн.

В качестве источника напряжения для вибраторов использовались высоковольтные индукционные катушки, одна из конструкций которых была предложена Г. Румкорфом ("катушка Румкорфа"). Катушки небольших размеров имели электромагнитный механический прерыватель. Ток в первичной цепи катушек большой мощности прерывался ртутным прерывателем, рассчитанным на большие токи, или электролитическим прерывателем Венельта. Поскольку первичный ток больших катушек достигал нескольких ампер, для включения и выключения катушки при манипуляции в первичной цепи, например кодом Морзе, обычный телеграфный ключ не годился и применялись специальные сильноточные манипуляторы.

В ранней радиосвязи быстро сложилась типичная конструкция искрового передающего устройства, состоящего из высоковольтной катушки, источника питания, прерывателя, манипулятора и излучающего провода, одновременно являющегося частотозадающей колебательной системой. Источник питания постоянного тока (батарея) с первых лет XX века стал заменяться электрической машиной как повышенной, так и обычной промышленной частоты.

В первых радиопередающих устройствах в первичной цепи последовательно с батареей включались прерыватель, тепловой амперметр на 16–18 А, первичная обмотка повышающего трансформатора (высоковольтной катушки) и телеграфный ключ. Батарея состояла из 12–16 элементов и имела напряжение порядка 24 В; вместе с тем станция могла работать и от 100-вольтового генератора постоянного тока, для чего требовалось вводить реостат. Прерыватель – ртутный, представлявший собой иголку, которая, периодически погружаясь в ртуть, создавала прерывистый контакт; иголка приводилась в движение от специального двигателя; обычное число замыканий равнялось 600 в минуту. Параллельно прерывателю включался искрогасительный конденсатор, состоящий из нескольких соединенных параллельно лейденских банок. Телеграфный ключ давал возможность замыкать и размыкать первичную цепь и тем самым передавать требуемые знаки. Полученный таким образом прерывистый ток проходил по первичной обмотке повышающего трансформатора. Во вторичной цепи трансформатора создавались импульсы высокого напряжения, которые создавали большую разность потенциалов между антенным проводом и землей. Разрядник при некотором критическом напряжении пробивался, образовавшаяся искра соединяла антенный провод с землей и в антенне образовывались затухающие электромагнитные колебания, излучаемые в эфир.

Антенный провод, примененный в качестве колебательного контура генератора электромагнитных волн, не позволял запасти значительную энергию, поэтому емкость антенны искусственно увеличивали. Для этого в ее верхней части сооружали дополнительные провода, появилась так называемая "горизонтальная часть" антенны.

Использование антенны (с искровым разрядником в ней) в качестве частото задающего колебательного контура или отдельного контура, связанного с антенной, но имеющего в себе искровой разрядник, не позволяло получать дальние передачи. Увеличение напряжения на контуре для повышения мощности требовало удлинять искру в разряднике, а это приводило к внесению больших потерь в контур и ослабляло все усилия по увеличению мощности.<sup>1</sup> Кроме того, передатчики, работавшие непосредственно на антенну с включенным в ее разрыв искровым промежутком, излучали широкий спектр частот, создавая помехи радиоприему других радиостанций, что требовало решения проблемы их электромагнитной совместимости.<sup>2</sup> Поэтому конструкторы и изобретатели стали искать способы одновременного повышения напряжения на контуре и уменьшения затухания в нем. Конструкторская мысль создателей искровых передатчиков пошла по пути отделения частото задающей колебательной системы, которой являлась антенна, от контура, в котором происходил искровой разряд.

#### **Радиопередатчики затухающих колеба- ний по сложной схеме**

Применение отдельного контура с сосредоточенными параметрами давало возможность более четко осуществлять настройку изменением и подбором параметров контура. Производилась настройка и антенн включением в антенный провод емкостей и индуктивностей. И все же практика показывала, что использование сильно затухающих волн, амплитуда которых резко уменьшалась во времени и через десяток периодов падала почти до нуля, не позволяло достигать дальней связи, так как энергия каждой такой посылки была небольшой. Было установлено также, что при сопоставимых условиях менее затухающие "пакеты", или посылки радиоволн, можно было принимать на большем расстоянии. Позже выяснилось и еще одно немаловажное для связи обстоятельство: чем больше применялось передатчиков затухающих волн, тем больше возникало от них помех радиоприему соседних станций. В дальнейшем, по мере роста количества радиостанций, это стало серьезным недостатком в технике связи.

Поэтому вполне естественно возникли исследования с целью построить такие передатчики, которые излучали бы посылки радиоволн, затухающие во времени как можно слабее. Одной из плодотворных попыток в этом направлении было применение связанных колебательных контуров и перенесение искрового разрядника из антенной цепи в отдельный контур. В технической литературе того времени передающие устройства с двумя связанными колебательными контурами и разрядником, вынесенным из антенной цепи, иногда называли "отправителями колебаний по сложной схеме", чтобы подчеркнуть их отличие от ранних "простых" схем, где в качестве частото задающего колебательного контура использовалась антенна, в которой находился разрядник. В числе исследователей, экспериментировавших со "сложными схемами", в первую очередь должно быть названо имя К. Ф. Брауна, который сделал весьма существенный вклад не только в радиотехнику, но и в физику.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Например, мощность колебаний высокой частоты, которую можно было получить в первых схемах генерации электромагнитных колебаний при емкости антенны в 1000 пФ, напряжении пробоя искрового промежутка в 10000 В и 600 разрядах в секунду, равнялась 30 Вт, что было явно недостаточно для обеспечения связи на значительные расстояния, выдвигаемые практикой.

<sup>2</sup> Под электромагнитной совместимостью радиоэлектронных средств, в современном понимании этого термина, подразумевают их свойство функционировать без ухудшения качественных показателей в заданной электромагнитной обстановке, когда устройство не должно неблагоприятно воздействовать на работу других устройств и должно противостоять его воздействию (*Дональд Р. Ж. Уайт. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи. М., 1977, с. 11*).

<sup>3</sup> К. Ф. Браун сконструировал катодную трубку с магнитным управлением (1897) – предшественницу современных кинескопов. Его метод возбуждения колебаний посредством искрового разряда явился важным шагом в развитии ранней искровой радиотехники. В 1906 году Брауну удалось обнаружить униполяр-

В начале 1900 года К. Браун построил экспериментальный передатчик, в котором колебательный контур был связан с антенной трансформаторно, а разрядник находился в этом контуре. Система работала от высоковольтной индукционной катушки. В антенной цепи, имевшей малые потери, возникали слабозатухающие колебания.<sup>1</sup> Связанные колебательные цепи Браун применил и в приемниках для более острого резонанса.

При искровом возбуждении колебаний в системе двух связанных контуров энергия, поступающая из возбуждающего контура в антенну, определялась связью между ними. При слабой связи получалось наименьшее затухание колебаний в антенне, но поступающая в антенну мощность была мала. Сильная связь позволяла передать достаточную мощность при небольшом затухании, однако возникало явление двухволнистости, т. е. двух резонансных частот ("частот связи"), и связанная система была способна работать на любой из них или на обеих частотах одновременно. Экспериментаторы, обнаружив это явление, очень быстро дали ему теоретическое обоснование, пользуясь простейшим тригонометрическим анализом, применяемым в электротехнике того времени. Вследствие сильной связи в системе возникали биения электромагнитных колебаний на частотах связи, а при достаточно больших амплитудах возникали повторные пробои искрового разрядника, так как энергия переходила из возбуждающего контура в антенный и обратно.

Антенная цепь, когда из нее убирался разрядник, имела достаточно высокую добротность и в то же время сильную трансформаторную связь с разрядным контуром. Разрядник же, помещенный в этом контуре, сильно снижал добротность контура. Общее затухание в системах Брауна определялось потерями как в контуре, так и в антенне и степенью связи между ними. Практически оно не превышало 20–30%. При сильной связи затухание возбужденных колебаний было больше, чем в отдельно взятой антенне, но значительно меньше, чем в таких же системах с разрядником, помещенным в антенну. Затухание колебаний в системах Брауна имело на нижней частоте связи меньшее значение, чем в случае работы антенны с включенным в нее искровым разрядником.

В самом начале XX века радиопередатчики Брауна получили широкое распространение. По системе Брауна изготовлялись радиостанции во Франции (фирма "Дюкрете"), Германии ("Телефункен") и в ряде других стран. Применялись станции системы Брауна и в России. Это были зарубежные образцы аппаратуры, изготовленные упомянутыми фирмами, а также станции отечественного производства, сделанные в Кронштадтской радиотелеграфной мастерской.

#### **Радиопередатчики на основе быстро-гаснущих искровых разрядников**

Главный недостаток систем Брауна – повторные зажигания разрядника и разделение излученной энергии между двумя частотами – приводил к существенным неудобствам в применении построенных по ней радиостанций. Производились поиски таких методов искрового возбуждения колебательных контуров, при которых воздействие возбуждающего контура было бы кратковременным и прекращалось сразу после того, как амплитуда в антенне достигала максимального значения, с тем чтобы отсутствовали биения и излученные колебания меньше затухали во времени. Именно такой метод получил наименование "метода

---

ную проводимость кристаллов сернистого цинка, перекиси свинца, карборунда и др., и он применил это свойство для создания кристаллических детекторов, сделавших эпоху в радиоприемной технике. За заслуги в развитии радиотехники в 1909 году К. Браун (вместе с Г. Маркони) был удостоен Нобелевской премии (БСЭ, т. 4. Изд. третье. М., 1971, с. 10. Урвалов В. А. Нобелевский лауреат К. Ф. Браун. К 150-летию со дня рождения // Материалы 55 научно-технической конференции СПб НТОРЭС им. А. С. Попова. СПб., 2000, с. 110–111).

<sup>1</sup> Браун К. Мои работы по беспроволочной телеграфии и электрооптике. Одесса, 1910.



ударного возбуждения". В русской технической литературе начала XX столетия этот метод назывался "реформированный искровой метод".

Первым шагом на новом пути было введение в возбуждающий контур поглощающего сопротивления, чтобы колебания в нем быстро прекращались и таким образом антенный контур получал кратковременное (ударное) возбуждение. Искровые передатчики такого типа излучали пакеты радиоволн с меньшим затуханием во времени, а их радиус действия был больше по сравнению с передатчиками простейших типов. Такая станция была, например, построена в Поладью (Англия) и имела радиус действия до 2000 км. Главный недостаток этих систем состоял в заметных потерях мощности в возбуждающем контуре.

Развитие идеи кратковременного воздействия на антенну посредством отдельного возбуждающего контура с разрядником привело к конструированию специальных искровых разрядников с быстрой деионизацией. Предполагалось, что если бы разрядник особой конструкции после пробоя погасал в момент первого нуля биений и не зажигался вновь, пока колебательный процесс полностью не прекратился, то такие условия соответствовали бы идеальному ударному возбуждению антенны (или частото задающего контура).

Исследованию режимов искрового разряда и конструированию разрядников с быстрой деионизацией (по терминологии того времени – "быстрогаснущих") были посвящены работы многих физиков и электриков.

Большие мощности искровых передатчиков, а следовательно и достаточно большой радиус их действия, как уже отмечалось, можно было получить тремя путями: увеличением рабочего напряжения (пропорционально его квадрату), увеличением емкости контура и увеличением частоты разрядов. Значительно увеличивать емкость колебательного контура было нельзя – это приводило в область очень длинных волн и сопровождалось значительными конструктивными трудностями. Длины волн искровых радиостанций очень быстро достигли десятков километров.

В искровых передатчиках раннего периода мощность увеличивалась в основном повышением рабочих напряжений и частоты повторения разрядов. Для этого требовались специальные разрядники с высоким пробивным напряжением и быстрой деионизацией, а также высоковольтные источники питания высокой частоты. В создании разрядников очень плодотворной оказалась идея разбиения общего искрового разрядника на ряд вспомогательных искровых промежутков, расположенных последовательно один за другим. Эта мера позволяла облегчить физические условия работы разрядника, так как рабочее напряжение каждого промежутка было уменьшено пропорционально их количеству. При невысоком рабочем напряжении легче было выполнить меры по отводу тепла, что упрощало решение задачи улучшения деионизации, позволяло быстрее погасить разряд.

В 1906 году немецкий физик и электрик М. Вин сконструировал "многократный" разрядник, который состоял из набора медных дисков, разделенных между собой изоляционными прокладками небольшой толщины (около 0,2 мм). Число дисков выбиралось из условия, чтобы на каждый зазор приходилось около 1000 В рабочего напряжения. В качестве изоляционных прокладок применялась слюда. Диски имели радиаторы большого диаметра для отвода тепла в окружающее пространство.<sup>1</sup>

Благодаря хорошему уплотнению между прокладками и дисками каждый разрядный промежуток был герметизирован и после нескольких разрядов в нем образовывалась обедненная кислородом атмосфера, что улучшало условия деионизации и защищало от повторных паразитных разрядов. Разрядник предложенного М. Вином

<sup>1</sup> Wien M. Über die Intensität der beiden Schwingungen eines gekoppelten Senders // Phys. Ztschr., 1906, Bd. 6., S. 872.

типа с достаточно большим числом "дисков" мог хорошо работать и на малых мощностях. Для этого подключалось меньшее число разрядных промежутков.

Многочисленные дисковые разрядники довольно быстро распространились в искровых радиостанциях. Ряд конструктивных усовершенствований в них был сделан немецкой фирмой "Телефункен", и дисковый разрядник типа "Телефункен" нашел широкое применение в искровых радиостанциях многих стран. Впоследствии появилось много разновидностей дисковой конструкции, принципиально аналогичных разряднику Вина (разрядники Г. Боаса, Дж. Стоун-Стоуна и др.).<sup>1</sup>

В России дисковые разрядники разрабатывались в период 1912–1914 годов Радиотелеграфным депо Морского ведомства – первым русским радиозаводом, возникшим на базе Кронштадтской радиомастерской. На базе этого предприятия большую работу по исследованию многократных разрядников проделали русские инженеры А. А. Реммерт, И. И. Ренгартен, Л. П. Муравьев, Н. Н. Циклинский, В. И. Волынкин, М. В. Шулейкин и др.<sup>2</sup>

Следующий шаг в развитии разрядников состоял в том, что расстояние между электродами делалось переменным. Это были вращающиеся разрядники. Между неподвижными электродами вращался диск с зубцами или стержнями, разряд происходил в моменты сближения зубцов и электродов. Этот тип разрядника был предложен Н. Теслой еще в 1896 году.<sup>3</sup> Частота разрядов задавалась числом зубцов и скоростью вращения диска. Максимальное напряжение в колебательном контуре определялось расстоянием между электродами и зубцами в момент их сближения. Вращающиеся разрядники получили значительное распространение в искровых радиостанциях. Известно много разнообразных видов вращающихся разрядников, рассчитанных на самые различные колебательные мощности, доходившие до 300 кВт и выше. В некоторых конструкциях с целью улучшения деионизации искрового промежутка для получения минимального времени разряда принимались специальные меры – в станциях большой мощности использовался обдув разрядника воздухом высокого давления.<sup>4</sup>

Как многократные, так и в особенности вращающиеся разрядники, позволили значительно увеличить число разрядов в единицу времени. Увеличение скорости вращения уменьшало время срабатывания разрядника, а это, в свою очередь, давало возможность значительно поднять рабочее напряжение, увеличить мощность и тем самым дальность действия станции. Кроме того, увеличение частоты разрядов до звуковых частот позволило при приеме телеграфных сигналов выделять их в виде звукового тона. Передатчики с большой частотой разрядов назывались в литературе того времени "звучащими", "со звучащей искрой" или "станциями с тональной пере-

<sup>1</sup> В частности, суда Русского общества пароходства и торговли вооружались радиостанциями системы "Виллиса-Боаса", в которой схема и конструкция аппаратуры были разработаны заведующим радиотелеграфом Общества И. Виллисом, использовавшим в радиопередатчике разрядник Г. Боаса (РГИА Ф. 95. Оп. 7. Д. 61. Л. 1–38; Ф. 107. Оп. 1. Д. 1–808).

<sup>2</sup> Так, например, М. В. Шулейкин и И. Г. Фрейман показали, что укоренившееся представление о возможности повышения мощности "звучащих радиостанций" путем значительного увеличения числа искровых промежутков в разряднике глубоко ошибочно. Они отметили причину, препятствовавшую увеличению мощности, которая заключалась в том, что при увеличении числа разрядных промежутков возрастала общая емкость системы относительно земли (Михаил Васильевич Шулейкин. Сборник статей. / Под ред. Б. А. Введенского. М., 1952, с. 29. Шулейкин М. В., Фрейман И. Г. О действии многократного разрядника типа Телефункен // Радиотехник. 1920, №13, с. 354–355).

<sup>3</sup> *Tesla N. Pat. № 568180 (US), 1896.*

<sup>4</sup> Одной из особенностей вращающихся разрядников было то, что при работе мощных станций, на которых они применялись, при каждом разряде издавался звук, напоминающий орудийный выстрел. Этот звук был слышен на расстоянии до 3 км. Опытный телеграфист по этим звукам мог "читать" передаваемые станцией сообщения на значительном удалении от радиостанции, что придавало данным установкам весьма низкую устойчивость к утечке передаваемой информации (Рогинский В. Ю. Михаил Александрович Бонч-Бруевич. М.–Л., 1966, с. 32).

дачей". Они были широко распространены вплоть до появления передатчиков незатухающих волн.

### **Опыты по радиотелефонии с применением искровых передатчиков**

К первому десятилетию радиосвязи относятся и первые опыты радиотелефонирования – передачи телефонных сигналов с помощью затухающих электромагнитных колебаний. В числе первых исследователей, предпринимавших попытки передачи речи с помощью искровых радиопередатчиков, следует назвать русского инженера С. Я. Лифшица, проводившего в 1902 году опыты под руководством А. С. Попова в Электротехническом институте императора Александра III. На третьем Всероссийском электротехническом съезде в 1904 году Лифшиц сделал доклад о своих опытах по радиотелефонной модуляции искрового передатчика.<sup>1</sup> Известны также опыты по радиотелефонированию итальянского физика К. Майораны в 1904 году.<sup>2</sup> Несмотря на неплохие результаты опытов, весьма невыгодные энергетические соотношения при модуляции искровых передатчиков (потери мощности достигали 80%) и присутствие в спектре излучаемых частот мощных составляющих звуковых помех, явились главной причиной поисков других, более выгодных и технически более совершенных методов генерирования электромагнитных волн, при которых радиотелефонирование имело бы более высокое качество.

Таким образом, использование в первых радиопередатчиках методов возбуждения затухающих электромагнитных колебаний вызывало многие неудобства в практике радиосвязи. Весьма малый коэффициент полезного действия передатчиков, плохое соотношение сигнал/шум, высокий уровень помех, создаваемых искровыми передатчиками работе других станций, сложность реализации радиотелефонной передачи делали искровые радиостанции бесперспективными. Это стимулировало усилия ученых и инженеров к поиску способов генерирования незатухающих волн, преимущества которых перед затухающими становились с течением времени все более очевидными.

### **Радиопередатчики незатухающих колебаний на основе дуговых генераторов**

Переход к использованию незатухающих колебаний произошел в радиотехнике постепенно и занял около десятилетия (1905–1915). За это время было разработано несколько методов генерирования незатухающих колебаний с помощью уже известных в технике устройств: электрической дуги, электрических машин повышенных частот и посредством нового прибора – электронной лампы.

Исторически первый способ получения электромагнитных колебаний неизменной амплитуды был связан с применением для этой цели электрической дуги. Еще в 1893 году, за два года до изобретения радиосвязи, Н. Тесла в лекции, прочитанной в Институте Франклина в Филадельфии, рассказал о методе преобразования постоянного тока в переменный посредством электрической дуги.<sup>3</sup> В 1900 году английский электротехник В. Дуддель получил сильные и устойчивые колебания высокой частоты в построенном им дуговом генераторе с угольными стержнями и предложил использовать его для нужд радиотехники.<sup>4</sup> Генератор Дудделя через дроссели присоединялся параллельно источнику постоянного тока, его контур был настроен на звуковую частоту, и при работе дуги он издавал музыкальный тон, поэтому генератор получил название "поющей дуги".

<sup>1</sup> Лифшиц С. Я. Телефонирование без проводов с помощью электромагнитных волн // Труды III Всероссийского электротехнического съезда. 1903–1904. СПб., 1906, т. III, с. 313–317.

<sup>2</sup> Majorana Q. Ricerche ed esperienze di telefonia elettrica Senza filo // Nuovo Cimento. 1904, ser. V, t. 8.

<sup>3</sup> Тесла Н. О колебательных явлениях при высокой частоте. – В кн.: Из предыстории радио. М., 1948, с. 421–423.

<sup>4</sup> Duddel W. Pat. №21629 (Gr. Brit.), Nov. 29, 1900. Duddel W. On rapid variations in the currents through the direct-current arc // Electrician. 1900, v. 46, h. 292.

По мере выявления несовершенств искровых систем затухающих колебаний интерес к дуговым генераторам усиливался. Конструктивное совершенствование дуговых генераторов шло по пути как увеличения мощности, так и повышения частоты колебаний. Наиболее существенные изменения в конструкцию дуговых передатчиков ввел датский инженер В. Паульсен в 1902 году.<sup>1</sup> Генераторы его системы получили наибольшее распространение и стали основой мощных радиостанций длинных волн.

В России интересные работы по применению дуговых генераторов для получения незатухающих радиоволн принадлежат С. М. Айзенштейну,<sup>2</sup> который экспериментировал с дуговыми радиостанциями, выполненными по усовершенствованной системе Дудделя и Паульсена.

Дуговые генераторы системы Паульсена позволяли получать незатухающие колебания на частотах до нескольких сотен килогерц и нашли широкое применение на многих радиостанциях в различных странах. Мощность генераторов составляла от единиц до тысячи и более киловатт. Это был первый тип генераторов незатухающих колебаний, использованный для радиопередачи. Вплоть до начала 20-х годов дуговые генераторы весьма широко использовались для радиотелеграфирования и отчасти для радиотелефонирования. Однако большие массогабаритные характеристики мощных дуговых генераторов системы Паульсена<sup>3</sup> ограничивали их широкое распространение. За время их применения появилось множество типов дуговых генераторов, различавшихся конструктивными особенностями, разработанных разными изобретателями, среди которых можно назвать имена Л. де Фореста, П. Педерсена, Э. Румера и др.

Кроме дуговых генераторов Паульсена, нашедших применение в радиотехнике для получения незатухающих электромагнитных колебаний, известны также генераторы, в которых по аналогии с искровыми дуговой промежуток разделялся на несколько секций для улучшения деионизации и охлаждения электродов. Это так называемые "генераторы с многократной дугой". Практическое применение получили несколько конструктивных вариантов таких генераторов. Фирма "Телефункен" в 1906 году разработала дуговой передатчик для радиотелефонии, состоящий из шести последовательно соединенных дуговых промежутков.<sup>4</sup> Радиостанция подобного типа мощностью около 2 кВт в Науэне с телефонной модуляцией от микрофона, включенного в антенную цепь, работала на волне 800 м.

В 1909 году французские инженеры В. Колен и М. Жанс разработали передатчик, предназначенный для радиотелефонирования на кораблях военного флота Франции.<sup>5</sup> В общей камере горения размещались три последовательно соединенных дуговых промежутка. С подобным генератором мощностью около 2,5 кВт на волне 1000 м в 1914 году удалось осуществить радиотелефонную связь на расстоянии 200 км.

Генераторы с многократной дугой сыграли существенную роль в развитии техники генерирования радиоволн. В отличие от стационарных конструкций Паульсена, они при той же мощности были более легкими и могли применяться в передвижных радиостанциях. Особенно широкое распространение они получили в странах Европы.

Некоторое распространение в маломощных радиостанциях нашли генераторы с дугой в режиме третьего рода, во многих отношениях похожие на искровые возбудители с тональной передачей.<sup>6</sup> Одним из примеров передатчиков данного типа является сис-

<sup>1</sup> *Poulsen V.* Pat. №5590 (Dan.), 1902.

<sup>2</sup> [Айзенштейн]. Труды IV Всероссийского электротехнического съезда. Киев, 1907.

<sup>3</sup> Так, например, на радиостанции в Бордо мощностью 1000 кВт генератор весил 80 т, а на радиостанции мощностью 500 кВт в Перл-Харборе – 54 т.

<sup>4</sup> *Nesper E.* Über drahtlose Telephonie // *Elektrotechn. Ztschr.* 1909, №24.

<sup>5</sup> *Colen V., Jeance M.* Pat. № 402171 (France). 1909.

<sup>6</sup> См.: *Родионов В. М.* История радиопередающих устройств. М., 1969, с. 44–46.

тема беспроволочной телеграфии, запатентованная в 1912 году японскими инженерами У. Ториката, Е. Йокояма и М. Китакура, получившая распространение под наименованием "ТИК" (ТҮК), составленном из первых букв имен изобретателей. Названная система нашла применение в период Первой мировой войны в японском флоте.

В своем развитии радиостанции с дугowymi генераторами претерпели ряд изменений. Первоначально в дугowych генераторах, как и в искровых радиостанциях, возбуждение колебаний производилось непосредственно путем включения дуги в антенную цепь. При этом антенна служила колебательным контуром. Из-за непостоянства параметров антенны частота генерируемых колебаний была неустойчивой. При работе дуги с отсечкой тока (режим колебаний второго рода) антенна излучала гармонические составляющие, уровень которых был велик. Станции с непосредственным включением дуги в антенну обладали единственным достоинством – простотой схемы и обслуживания. Они применялись в основном на ранних стадиях развития дугowych передатчиков в небольших установках связи.

При создании мощных станций удовлетворительная фильтрация гармоник не могла быть получена с помощью станций описанного типа. Для улучшения работы передатчиков дугу стали выносить из антенной цепи в отдельный контур, имеющий сильную индуктивную связь с антенной. При этом частота колебаний определялась главным образом параметрами контура.

По сравнению с искровыми методами генерации электромагнитных колебаний дугowe генераторы давали некоторую возможность улучшить качество модуляции телефонными сигналами. Применение незатухающих волн и сужение вследствие этого спектра энергии излучаемого сигнала позволили, соответственно, уменьшить полосу принимаемого сигнала, снизить уровень помех и, таким образом, улучшить электромагнитную совместимость работающих станций.

**Радиопередатчики незатухающих колебаний на основе электромашинных генераторов**

Дугowe генераторы, несмотря на ряд положительных характеристик по сравнению с искровыми методами генерации, снискавших им определенную известность как первого технически пригодного средства получения незатухающих колебаний, имели и много недостатков. Основной из них, пожалуй, состоял в сильной зависимости амплитуды и частоты от параметров. Дугowe генераторы работали очень неустойчиво и были капризны в настройке и обслуживании, требовали непрерывного внимания от обслуживающего их технического персонала. Вполне естественным было стремление улучшить их или найти иные способы генерирования незатухающих радиоволн.

В поисках генераторов незатухающих колебаний закономерным в истории радиотехники было обращение к уже известным в электротехнике машинам переменного тока, но специально предназначенным для высоких частот. Период применения электрических высокочастотных машин переменного тока как непосредственных генераторов радиоволн длился с начала века до 30-х годов. За это время во многих странах было построено большое число радиостанций, в которых для получения высокочастотных колебаний использовались электромашинные генераторы. Мощности электромашинных радиостанций составляли от единиц до многих сотен киловатт. Даже после появления ламповых передатчиков машина высокой частоты еще долгое время была недостижимой в области больших мощностей на длинных волнах.

Развитие электрических высокочастотных машин началось с повышения частоты в обычных конструкциях генераторов переменного тока путем увеличения числа полюсов и скорости вращения ротора машины.<sup>1</sup> Увеличение числа полюсов при созда-

<sup>1</sup> Первые генераторы повышенной частоты были выполнены Н. Теслой (1889) и И. Томсоном (1899).

нии машин обычного типа (с чередующимися полюсами) довольно быстро привело к большим конструктивным трудностям, из-за чего инженеры отказались от применения таких машин для получения токов высокой частоты.

Наряду с машинами с переменными полюсами применялись машины и индукторного типа, которые при равных условиях (число полюсов и оборотов) могли генерировать токи вдвое большей частоты.<sup>1</sup> До 1906 года было предпринято много попыток создания машин, рассчитанных на большие частоты, однако ни одна из них не предназначалась для применения в радиостанциях. Лишь в 1906 году генератор конструкции американского ученого Р. Фессендена мощностью 60 кВт был использован при создании первого машинного радиопередатчика для радиостанции в Брант-Рок (США), работавшего на частоте 50 кГц.

Опыты Фессендена вызвали интерес к машинам высокой частоты как к генераторам незатухающих колебаний. Его работы, а также опыты Ч. Штейнмеца, в 1908 году продолжил американский инженер Э. Ф. Александерсон. Среди его конструкций<sup>2</sup> можно отметить три машины: мощностью 2 кВт на частоте 100 кГц, 50 кВт – 50 кГц и 200 кВт – 25 кГц. Все эти машины были индукторного типа и отличались друг от друга размерами и второстепенными конструктивными особенностями. Наибольшая частота, которая была достигнута в машине Александерсона, составляла приблизительно 200 кГц при мощности в несколько киловатт, используемая на радиостанции Нью-Брансвик (США). Подобные же машины широко применялись на радиостанциях Англии, Швеции и Польши. Однако машины Александерсона были конструктивно сложны и требовали большой точности при изготовлении. Они были сравнительно дорогими, имели недостаточно хороший коэффициент полезного действия и, конечно, строились как объекты единичные, уникальные.

Технические трудности создания высокочастотных машинных передатчиков заставили искать принципиально новые пути их построения. Одним из наиболее распространенных способов получения колебаний более высоких частот в машинных передатчиках было умножение частоты. Оно осуществлялось двумя путями: применением особых устройств – умножителей, не составлявших одного целого с машиной, либо конструированием специальных установок, в которых повышение частоты происходило в самой машине.

Среди попыток увеличения частоты в машине следует отметить работы немецкого инженера Р. Гольдшмидта и французского электрика Ж. Бетено. Гольдшмидт в 1907 году построил машину высокой частоты индукторного типа, в которой происходило четырехкратное увеличение частоты по сравнению с основной расчетной частотой машины. Первая практически пригодная машина системы Гольдшмидта была установлена в 1910 году на немецкой радиостанции "Эберсвальд". Она давала ток с частотой 30 кГц при мощности 12,5 кВт. Позже, в 1914 году, Гольдшмидт разработал машину мощностью 150 кВт, работавшую на частоте 40 кГц. Эта машина была установлена на радиостанции в Лекене близ Брюсселя, разрушенной в начале первой мировой войны.<sup>3</sup> Машина Гольдшмидта мощностью около 100 кВт использовалась также на радиопередатчике в Туккертоне (США).

<sup>1</sup> Устройства этого типа конструктивно более просты, потому что не несут на роторе обмотки. На заре электротехники выяснилось, что на частотах около 50 Гц индукторные машины получают значительно тяжелее и обходятся дороже, чем машины с переменными полюсами. Поэтому в технике энергомашиностроения от них отказались. Однако при получении токов высокой частоты, где важно было увеличение числа полюсов и окружной скорости ротора, индукторные машины оказались более простыми и эффективными, чем машины с переменными полюсами.

<sup>2</sup> Александерсон Э. Приборы большой частоты для беспроволочной телеграфии и телефонии // Вестник телеграфии без проводов. 1912, № 2, с. 58.

<sup>3</sup> Destruction of the radiostation at Laeken, Brussels // Electrician. 1915, v. 74.

В конструкции высокочастотных генераторов, предложенной в 1912 году Бетено, повышение частоты происходило в самой машине. Несколько машин Бетено мощностью 150 кВт с частотой 40 кГц и мощностью 250 кВт с частотой 20 кГц использовались на европейских радиостанциях, однако из-за их несовершенства широкого применения не нашли.

Трудности непосредственного получения высоких частот в индукторных машинах заставили конструкторов пойти по пути создания машин для генерирования токов сравнительно невысоких частот при хорошем коэффициенте полезного действия и высокой мощности с последующим умножением частоты в отдельных устройствах – статических умножителях. Этот метод, как наиболее надежный и экономичный, в дальнейшем использовался многими фирмами, при этом более всего были распространены машины системы Арко производства фирмы "Телефункен"<sup>1</sup> и системы Лоренц-Шмидта – в Германии,<sup>2</sup> В. П. Вологодина – в России.<sup>3</sup>

По сравнению с дуговыми передатчиками машинные радиостанции имели ряд преимуществ. Прежде всего машинные передатчики имели более высокий коэффициент полезного действия. В дуговых станциях на ранней стадии их развития этот показатель был порядка 10–20%, и лишь после усовершенствования Паульсена удалось довести отдачу до 50–60%. Машина высокой частоты позволяла работать с коэффициентом полезного действия порядка 80% и выше. В электромашинных передатчиках проще было освободиться от паразитных излучений и легче обеспечить большую устойчивость частоты, чем в дуговых передатчиках.

Несмотря на значительные преимущества перед дуговыми генераторами, машина высокой частоты не смогла стать универсальным передатчиком, способным работать на нескольких волнах или плавно перестраиваться по диапазону. В связи с уплотнением каналов связи, неуклонно происходившим в процессе развития радиотехники, необходимо было повышать скорости радиообмена, а это в подавляющем большинстве случаев было неосуществимо с машинами высокой частоты. Нельзя было использовать машины высокой частоты и для качественной радиотелефонной работы и радиовещания. Эксплуатация машинных передатчиков к тому же оказывалась сложной.

Все эти особенности стимулировали техническую мысль в поисках новых, более совершенных способов получения колебаний высокой частоты. Своей технической зрелости электромашинные передатчики смогли достигнуть лишь тогда, когда в значительной мере развились и вошли в передающую технику ламповые генераторы высокой частоты. И хотя отдельные электромашинные радиостанции просуществовали почти до Второй мировой войны (а в Германии они использовались и в военное

---

<sup>1</sup> Машины системы Арко работали на частотах от 6 до 10 кГц. Радиостанции с машинами Арко были построены в Науэне (Германия), где были использованы два генератора по 150 кВт и два – по 400 кВт, в Мадриде (Испания) – 150 кВт, в Буэнос-Айресе (Аргентина) – два по 400 кВт, Малабаре (Индия) – 400 кВт, в Коотвике (Голландия) – два по 400 кВт и в Японии – 600 кВт.

<sup>2</sup> Машины системы Лоренц-Шмидта мощностью от 5 до 5000 кВт, работавшие на частотах от 5 до 10 кГц с дальнейшим умножением в статических умножителях, имели коэффициент полезного действия около 80%, работали на средних волнах и перестали применяться только после повышения требований по стабильности частоты радиопередатчиков до 0,1%.

<sup>3</sup> Первая машина В. П. Вологодина мощностью 2 кВА генерировала ток на частоте 60 кГц, поступавший в статический умножитель, была построена в 1912 году на заводах "Глебов и К<sup>о</sup>" и "Дюфлон, Константинович и К<sup>о</sup>" в Петербурге. Машина была заказана Морским ведомством и предназначалась для опытов по применению на флоте незатухающих радиоволн. Вторая машина типа ВВ-6-6000 с частотой 20 кГц, построенная в 1913 году также по заказу Морского ведомства для опытов по радиотелефонной связи между Гребным портом и Главным Адмиралтейством в Петербурге. В 1915 году была создана трехкиловаттная машина типа ВВ-3-10000, работавшая на частоте 20 кГц, использовавшаяся для работы в длинноволновом диапазоне как непосредственно, так и с умножением частоты в 4–6 раз (Володин В. П. Машина большой частоты и ее развитие в России // Телеграфия и телефония без проводов. 1922, № 14, с. 56).

время для связи с подводными лодками на километровых волнах), машина высокой частоты в конце концов уступила свое место электронной лампе, которая открыла перед радиотехникой новые широкие перспективы.

### МЕТОДЫ ПРИЕМА ЗАТУХАЮЩИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ

В период своего зарождения радиотехника призвана была решать только одну задачу – использовать открытые наукой электромагнитные волны для практических целей сигнализации. Вместе с тем развитие этой новой отрасли техники и нужды практики очень скоро определили и те специальные требования, которым должна была удовлетворять радиоаппаратура в целом и радиоприемные средства в частности.

Одно из главнейших таких требований было самым непосредственным образом связано с дальностью действия радиопередачи. Так как от передающей станции к месту приема доходили лишь ничтожно малые доли излученной электромагнитной энергии, то для надежного телеграфирования на далекие расстояния необходимо было, чтобы способность каждого приемника к улавливанию этой энергии, или, как теперь говорят, чувствительность приемного устройства, была по возможности большей.

Другое, возникшее вслед за первым техническое требование, оказалось не менее важным. Необходимо было найти средства защиты приемника от воздействия на него других работавших посторонних передающих станций, а также разного рода атмосферных помех. Эта задача, сводившаяся к повышению избирательности (селективности) приемного устройства, стала особенно настойчиво требовать своего разрешения после заметного расширения сети и увеличения мощностей передающих радиотелеграфных станций.

Наконец, в полной, если не в большей мере, относилось к приемным устройствам общее для всякой технической аппаратуры требование, заключающееся в надежности ее работы в условиях технической эксплуатации.

#### **Повышение чувствительности когерентного радиоприемника**

С первых же дней появления радиосвязи чувствительность приемника была именно той его характеристикой, улучшение которой самым непосредственным образом влияло на увеличение дальности передачи. Одно из первых важных открытий, позволивших значительно повысить чувствительность принимающего устройства, заключалось в присоединении к нему внешнего провода – антенны.<sup>1</sup> Первые же экспериментальные наблюдения показали, что дальность приема заметно возрастала при подъеме антенны над землей. Поэтому для увеличения дальности телеграфирования стали строить высокие антенные мачты и в отдельных случаях даже поднимать антенные провода с помощью воздушных змеев и аэростатов.

Первое радиоприемное устройство, созданное А. С. Поповым в 1895 году, и последовавшие за ним конструкции приемников (Г. Маркони, А. Слаби, Г. Арко и др.) представляли собой приборы релейного типа, которые срабатывали от проходящей электромагнитной волны и фиксировали лишь наличие сигнала или его отсутствие. Изменения силы сигнала они не использовали.

Одним из главных элементов первых радиоприемных схем являлся когерент – прибор, непосредственно отзывавшийся на доходившие до приемника электромагнитные волны. Естественно поэтому, что и основные усилия изобретателей, стремившихся улучшить чувствительность приемных аппаратов, были сразу же направлены на совершенствование конструкции и электрических характеристик именно

<sup>1</sup> Попов А. С. Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний // Журнал Русского физико-химического общества. Часть физич. 1896, т. XXVIII, вып. 1, отд. 1, с. 8.



этого прибора. Однако многочисленные эксперименты показали, что изменение материала порошка-наполнителя и самой конструкции когерера не сказывались сколько-нибудь существенно на повышении чувствительности радиоприемников. Поэтому в поисках иных способов решения данной задачи исследователи вскоре обратили внимание на весьма важное свойство когерера, остававшееся до того времени неиспользованным, а именно на зависимость его действия от значения приложенного к нему напряжения высокочастотных колебаний.

Первую успешную попытку использования этого свойства когерера для повышения чувствительности приемника предприняли инженеры фирмы Маркони, применившие для повышения напряжения высокочастотных колебаний принцип обыкновенной трансформации. Возможность трансформирования на высоких частотах была уже известна в то время из опытов Н. Теслы,<sup>1</sup> поэтому английским инженерам оставалось лишь применить его практически. Так, в 1898 году появился широко известный в свое время радистам "джиггер"<sup>2</sup> – высокочастотный трансформатор, первичная обмотка которого включалась в антенную цепь, а вторичная – подводилась к когереру.<sup>3</sup> Таким образом, применение обычного трансформатора в антенной цепи уже позволяло сделать антенный ток в некоторой степени более "ощутимым".

Джиггер фирмы Маркони сыграл свою положительную роль и позволил намного повысить чувствительность первых радиоприемных станций. Достаточно сказать, что с применением джиггерного приемника дальность передачи в опытах Маркони удалось увеличить с 30 до 85 миль, т. е. примерно в 2,5 раза.<sup>4</sup>

Иной способ повышения чувствительности радиоприемных устройств был применен в самом начале 90-х годов известным немецким радиоинженером профессором А. Слаби. Как и конструкторы фирмы Маркони в схеме с джиггером, Слаби пошел по пути максимального увеличения подводившегося к когереру напряжения высокой частоты. Он использовал в этих целях уже ставшее известным в то время явление, связанное с распределением тока и напряжения в вертикальном заземленном вибраторе. Поскольку было установлено, что в таком вибраторе напряжение высокой частоты распределяется по его высоте неодинаково и имеет максимум или "пучность" на верхнем конце, а нулевое значение или "узел" в месте заземления, у Слаби возникла совершенно верная мысль о новом более целесообразном включении когерера в антенную цепь. Слаби решил, что включение когерера в нижней части антенны, вблизи от заземлявшейся точки, как это практически и делалось тогда во всех приемных установках, было менее выгодным, чем помещение когерера в верхней части антенны, имеющей более высокое напряжение. Но как можно было поместить когерер в пучность напряжения? Практически нечего было и думать о перенесении самого когерера или всего приемного аппарата к верхнему концу наружной антенны.

Найденное А. Слаби решение этой задачи выглядело весьма простым и оригинальным. Если трудно было поднять приемную установку к верхнему концу антенны, т. е. к пучности напряжения, то значительно проще оказалось "снизить" самую пучность напряжения. Для этого Слаби устроил специальное ответвление от вертикальной антенны, присоединенное к когереру. Подбирая вводимую в это ответвление

<sup>1</sup> Тесла Н. Опыты над переменными токами весьма высокой переменяемости и их применение к методам искусственного освещения // *Электричество*. 1892, №15–16, с. 197–208.

<sup>2</sup> Marconi G. and the Wireless Telegraph and Signal Co. Improvements in apparatus employed in wireless telegraphy. Pat. № 12326 (Gr. Brit.). Date of Application 1 June 1898. Complete specification left 4 Apr. 1899. Accepted 1 July 1899.

<sup>3</sup> Lodge O. Improvements in syntonised telegraphy without line wires. Pat. № 11575. (Gr. Brit.). Date of application 10 May 1897. Complete specification left 5 Feb. 1898. Accepted, 10 Aug. 1898.

<sup>4</sup> Marconi G. Recent progress in wireless telegraphy // *Electrician*. 1900, v. 44, p. 555–557.

катушку индуктивности, можно было настроиться на принимаемую волну и получить на конце ответвления пучность напряжения, подобную антенной. Испытания экспериментального радиоприемника по схеме Слаби показали, что по своим характеристикам он ничуть не уступает джиггерному приемнику фирмы Маркони, представляя одновременно несколько большие возможности в отношении настройки.<sup>1</sup>

**Изобретение радиоприемника для слухового приема** Другой практически чрезвычайно важный шаг в направлении увеличения чувствительности приемника и повышения дальности телеграфирования был сделан в результате экспериментального наблюдения.

Во время практической работы с радиоаппаратурой А. С. Попова 10 июня 1899 года ближайшие помощники изобретателя радио – П. Н. Рыбкин и Д. С. Троицкий совершенно случайно обнаружили возможность приема радиотелеграфных сигналов с помощью телефонной трубки непосредственно на слух.

На основе открытия своих товарищей А. С. Попов сконструировал специальный телефонный (слуховой) радиоприемник и 14 июля 1899 года подал на него заявку в Комитет по техническим делам Департамента торговли и мануфактур.<sup>2</sup> Важной особенностью нового приемника являлось то, что когерер здесь не требовал встряхивания.

Сущность самого действия нового когерера, не требовавшего для своей работы механических встряхиваний, оставалась в то время совершенно неясной. Лишь последующее изучение различного рода волноуказателей<sup>3</sup> и принципов их работы позволили внести определенное суждение о характере действия телефонного когерера Попова. Если обычный когерер, основанный на использовании трубки Бранли, в результате спекания металлических зерен менял свое сопротивление почти от бесконечности до нескольких десятков или сотен ом, то телефонный когерер Попова, не требовавший встряхивания, действовал на совершенно иной основе и представлял собой не что иное, как детектор в современном понимании этого слова, имеющий одностороннюю проводимость.

Слуховой радиоприемник был первым приемным устройством уже не релейного, а линейно-амплитудного типа. Приемник этого типа не только был способен отмечать факт приема электромагнитного сигнала, но и различал сигнал по амплитуде, имел значительно большую чувствительность.

Характерной особенностью раннего периода радиотехники был повсеместный переход от применения пишущих телеграфных аппаратов, как оконечных устройств радиоприемников, к слуховым индикаторам – телефонным трубкам. Главная причина такого перехода определялась свойствами человеческого слуха выделять полезный сигнал на фоне помех, что было невозможно при записи на телеграфную ленту.<sup>4</sup> В связи с этим заметно снизилось влияние на такой приемник атмосферных помех. Если при пишущем приеме, работавшем на телеграфный аппарат, помехи от грозовых разрядов часто приводили к ложным срабатываниям реле и искажению принимаемых сообщений, то прием на слух при известном навыке радиотелеграфиста давал боль-

<sup>1</sup> Slaby A. Abgestimmte und mehrfache Funkentelegraphie (Vortrag gehalten am 22 Dez. 1900 im Konferenzsaal der Allgemeinen Elektrizitäts-Ges.) // Elektrotechn. Zschr., v. 22, H. 2, s. 38–42.

<sup>2</sup> РГИА Ф. 24. Оп. 9. Д. 943. Л. 1–33. Попов А. С. Описание приемника депеш, посылаемых с помощью электромагнитных волн. Привилегия № 6066 от 30 сентября 1901 г., заявлено 14 июля 1899 г. // Свод привилегий, выданных в России. СПб., 1901, в. 11, с. 3651–3653.

<sup>3</sup> Волноуказателями называли в то время все приборы, выполнявшие функции детектирования сигнала; термин "детекторы" (от англ. *detect* – открывать, обнаруживать) возник позже.

<sup>4</sup> При приеме на слух возможно обеспечение связи при соотношении сигнал/шум в точке приема равном 1, а высококвалифицированный радиотелеграфист может обеспечить связь и в условиях, когда сигнал по уровню ниже помех, за счет разности в тональности полезного сигнала и шума. Для автоматического приема сигнала требуется соотношение сигнал/шум в точке приема, равное 3 (Глуценко А. А. Корабельные радиоприемники ВМФ. Петродворец, 1992, с. 27).

шие возможности для выделения правильно чередующихся телеграфных знаков на фоне хаотического треска помех. Кроме того, исключение из комплектации слуховых радиоприемников телеграфных аппаратов Морзе и питающих их батарей делало конструкцию нового приемника более компактной, дешевой и надежной по сравнению с пишущим приемником. Но самым существенным преимуществом нового приемника, как уже отмечалось, явилась значительно более высокая его чувствительность, позволившая сразу же резко повысить дальность действия радиотелеграфа.<sup>1</sup>

#### **Совершенствование конструкции когерера и появление детекторов**

В последующие годы, после открытия Д. С. Троицкого и П. Н. Рыбкина, стали разрабатываться конструкции когереров, не требующих встряхивания. Интересную конструкцию имел когерер швейцарского исследователя М. Томмаса (1899),<sup>2</sup> в котором между двумя угольными или латунными электродами была помещена капля ртути. Когерерный эффект возникал вследствие резкого падения сопротивления в слое окиси ртути на концах электродов при воздействии электромагнитной волны. В отсутствие сигнала пленка окисла восстанавливалась и сопротивление когерера быстро возрастало. Этот тип когерера был использован в опытах Маркони в 1901 году по передаче сигнала из Англии (Поладью) в Америку (Ньюфаундлен).

Аналогичная конструкция самовосстанавливающегося когерера была разработана Лоджем, Мюирхидом и Робинсоном в 1902 году. В этом приборе между ртутным электродом и непрерывно вращающимся стальным диском находилась пленка масла, которая пробивалась во время приема электромагнитного сигнала. В отсутствие сигнала пленка восстанавливалась.<sup>3</sup>

Одним из интересных по принципу действия самовосстанавливающихся волноуказателей был так называемый "магнитный детектор", принцип действия которого основывался на влиянии магнитного гистерезиса на электромагнитное поле катушки, где возбуждались высокочастотные принимаемые токи. Внутри катушки непрерывно двигалась ферромагнитная лента в дополнительном поперечном неизменном по значению магнитном поле, создаваемом полюсами постоянного магнита. Движение ленты производило непрерывное перемагничивание материала: проходя под полюсами магнита, лента намагничивалась сначала в одном, затем в противоположном направлении. Высокочастотное поле от принимаемого сигнала наводило ток в катушке и создавало переменное магнитное поле в ленте в момент ослабления гистерезиса.

<sup>1</sup> Увеличение дальности связи при использовании слухового приема в 1,8 раза по сравнению с пишущим приемом (РГА ВМФ Ф. 417. Оп. 1. Д. 3290. Л. 77) давало кораблям Российского флота существенные преимущества в решении ряда оперативно-тактических задач относительно флотов других государств, в связи с чем открытая публикация сведений о новом способе радиоприема в интересах обороноспособности страны представлялась нецелесообразной, однако никаких запретов на патентование нового радиоприемника А. С. Поповым от Морского министерства не последовало. В связи с этим представляется неубедительным сложившееся в отечественной историографии утверждение, что препятствием к подаче заявки на первый радиоприемник А. С. Попова образца 1895 года явились соображения секретности (Коваленко Ю. Я., Стрелов А. Б. У истоков радиосвязи. СПб., 1997, с. 24. Стрелов А. Б. Клятвенное обещание А. С. Попова // Наука и техника: вопросы истории и теории. СПб., 1997, вып. XIII, с. 141–142. Морозов И. Д. Влияние "клятвенного обязательства" А. С. Попова на характер его публикаций // Наука и техника: вопросы истории и теории. СПб., 1998, вып. XIV, с. 101–102. Стрелов А. Б. О секретности и первом приемнике А. С. Попова // Наука и техника: вопросы истории и теории. СПб., 1998, вып. XIV, с. 104–105 и др.). Об отсутствии каких-либо ограничений на работы А. С. Попова говорил в 1897 году корреспонденту "Петербургской газеты" профессор физики и метеорологии Санкт-Петербургского Лесного института Д. А. Лачинов. На вопрос были ли опыты А. С. Попова "обставлены строгой тайной", Лачинов ответил отрицательно: "Ничуть не обывало. Меня даже удивляет, почему до сих пор о них в печать не проникли известия: он работает над своими опытами два года, о чем знают все его ученики и приближенные" (Петербургская газета. 1897, 8 июля).

<sup>2</sup> Thomassin M. T. Sur un coherer tres sensible, obtenu par le simple contact de deux charbous... // C. r. Acad. Sci., 1899, vol. 128, p. 666–668.

<sup>3</sup> Lodge O. Pat. № 13521 (Gr. Brit.), 1902.

Вследствие этого наводились индукционные токи в другой катушке, соединенной с телефоном. В момент приема сигнала в телефоне появлялся звук. Идея магнитного волноуказателя была высказана Э. Резерфордом, первое же конструктивное воплощение она нашла в магнитном детекторе фирмы Маркони в 1902 году.<sup>1</sup>

К особой группе относятся так называемые "электролитические волноуказатели", представлявшие собой сосуд с электролитом, в который опускались электроды. Под воздействием приложенного к электродам постоянного напряжения создавались условия, когда ток поляризации электролита был равен нулю. Высокочастотный сигнал действовал как деполяризационный фактор, и в момент его появления возникал ток, вызывавший в телефоне звук. Среди электролитических волноуказателей известны конструкции М. Пупина (1898), Ли де Фореста (1902), В. Шлемильха (1903), Г. Феррье (1905) и других изобретателей.

#### **Развитие теории и практики кристаллических детекторов**

Все упомянутые типы приборов (кроме, пожалуй, когерера Попова в его слуховом приемнике, который работал как амплитудно-линейный детектор), несмотря на различные принципы действия, могут быть отнесены с достаточной условностью к устройствам релейного действия. Позже появились волноуказатели принципиально другого класса, работа которых была основана на выпрямлении (детектировании) высокочастотных токов и получении в оконечном устройстве (телеграфном аппарате или телефоне) низкочастотной огибающей сигнала.

Прогрессивным шагом в развитии радиоприемных устройств раннего периода было применение кристаллических детекторов. По сравнению с другими волноуказателями детекторы этого типа были чувствительнее и надежнее в работе. В основе их действия лежал эффект односторонней электрической проводимости контактов между определенными металлами и кристаллическими веществами. Еще задолго до открытия электромагнитных волн немецкий физик К. Браун обнаружил одностороннюю проводимость металлических сульфидов и ряда других веществ. Впоследствии, в 1901 году, он описал и применил несколько кристаллических детекторов для радиоприема.<sup>2</sup>

Практическое использование этого явления в радиотехнических устройствах осуществил американский военный электротехник Г. Денвуди, получивший в 1906 году один из ранних патентов на кристаллический детектор. В течение первого десятилетия XX века появилось множество патентов и журнальных статей о технике и теории детектирования посредством кристаллов и полупроводников. Многие сделали в этой области в период 1907–1909 годов японские исследователи У. Ториката, Е. Йокаяма и М. Китамура. В 1910 году английский электротехник У. Икклз провел сравнительное исследование различных веществ в качестве детекторов. Он один из первых разработал основы теории детектирования и ввел в инженерный обиход характеристику детектирования, т. е. зависимость выпрямленного тока от приложенного напряжения.<sup>3</sup>

В практику радиотехники первого десятилетия XX века стали широко входить детекторы с контактными парами металл–кристалл. Такие детекторы выполнялись в виде металлической пружинки с заостренным концом, контактирующей под некоторым давлением с полупроводниковым кристаллом (например, сталь–свинцовый блеск, сталь–корборунд, медь–железный колчедан и др.). Применялись контактные пары, составленные из двух кристаллов (например, окиси цинка и медного колчедана). В работе такие детекторы были устойчивы, а при потере выпрямляющих свойств контакт восстанавливался перемещением его по кристаллу. Наиболее устойчиво работала контактная пара, образованная стальной пружинкой и кристаллом галена, т. е.

<sup>1</sup> *Marconi G. Pat. № 10245 (Gr. Brit.), 1902.*

<sup>2</sup> *Браун К. Ф. О прохождении тока через сернистые металлы. – В кн. : Из предистории радио. М., 1948, с. 359–363.*

<sup>3</sup> *Eccles W. H. On coherers // Proc. Phys. Soc., 1910, vol. 22.*

свинцового блеска. Галеново-стальные кристаллические детекторы получили чрезвычайно широкое распространение благодаря своим хорошим выпрямительным свойствам и устойчивости, а также широкой доступности и дешевизне. Пожалуй, самой привлекательной чертой кристаллического детектора было то, что он не требовал дополнительного источника тока, а радиоприемник мог быть безбатарейным, что значительно удешевляло его и в ряде случаев позволяло выполнить его переносным.

**Создание и развитие перестраиваемых дистанционных радиоприемников** Первые же попытки перейти от опытов к практическому использованию электромагнитных волн для передачи сигналов на расстоянии со всей остротой показали, что дальнейшее развитие этого нового рода связи и его широкое применение окажется возможным лишь в том случае, если будут найдены эффективные средства, позволяющие одновременно передавать в одно и то же место сообщения от двух и более передающих станций. Опыт работы первых станций А. С. Попова и Г. Маркони сразу же вскрыл все несовершенство в этом отношении применявшейся тогда аппаратуры. Прием сигналов в зоне действия двух одновременно работающих станций оказывался из-за взаимных помех, создаваемых этими станциями, совершенно невозможным.

Выход был найден в передаче радиотелеграфных сигналов волнами различной длины с использованием для их выделения в приемном устройстве явления резонанса, известного в физике задолго до изобретения радио. Резонанс достигался соответствующим подбором индуктивности и емкости электрической цепи, причем цепи (или контуры) оказывались в этом случае настроенными на одну и ту же частоту, или, как в то время говорили, "синтонными".

В мае 1897 года О. Лодж предложил систему так называемой "синтонической телеграфии без проводов",<sup>1</sup> в которой настройка и передающей и приемной станций в резонанс достигалась подбором индуктивностей и емкостей в антенных контурах. Почти одновременно с Лоджем, но своими путями, А. Слаби и инженерно-технический персонал фирмы Маркони успешно вводили в радиотелеграфию настроенные системы.<sup>2</sup> Описанная выше система Слаби с когерером, помещенным в пучность напряжения, фактически использовала резонансные свойства четвертьволновых вибраторов. Конструкторы фирмы Маркони также достигали путем настройки весьма значительного улучшения избирательности и чувствительности приемных устройств. Для этого они или настраивали антенные контуры передающей и приемной станций подбором емкости включенных ими в антенную цепь двух металлических концентрических цилиндров, или же, используя свой джиггер, т. е. трансформаторную связь, не только в приемной, но и в передающей установке, настраивали контуры, образованные обмоткой джиггера и подключаемым к этой обмотке конденсатором.

После первых описанных выше удачных опытов резонансные контуры становятся неотъемлемой частью всех как приемных, так и передающих радиотехнических устройств. Были предложены и испытаны на практике самые разнообразные варианты выполнения приемных резонансных колебательных цепей. Различия их заключались прежде всего в способе связи колебательного контура приемного устройства с так называемым внешним колебательным контуром, т. е. с антенной цепью, являющейся первичным приемником электромагнитных колебаний.

Большим завоеванием радиотехники в области использования настраивающихся контуров явилось изобретение фирмой Маркони в 1900 году приемного устройства, позволяющего вести в одном пункте одновременный прием от двух передающих

<sup>1</sup> Lodge O. J. Improvements in syntonised telegraphy without line wires. // Pat. №11575 (Gr. Brit.). Date of application 10 may 1897. Complete specification left 5 Feb. 1898. Accepted, 10 Aug. 1898.

<sup>2</sup> Marconi G. Sintonic wireless telegraphy // Electrician. 1901, v. 47, p. 172–174, 211–213.

станций. Дальнейший существенный шаг вперед в развитии настраиваемых приемных схем был сделан в 1907 году, когда Дж. Стоун<sup>1</sup> и независимо от него К. Франклин<sup>2</sup> предложили многоконтурную систему. Сущность этой системы заключалась в использовании промежуточного настраиваемого контура между катушкой индуктивности антенны и настраиваемым контуром, воздействующим на детектор. Такая строенная комбинация контуров давала возможность получить за счет изменения формы резонансной кривой дальнейшее улучшение избирательных свойств приемника.

Таким образом, к концу первого десятилетия XX века резонансные контуры прочно вошли в практику радиотелеграфии. Появилось большое количество резонансных схем с различными элементами настройки, числом контуров и видами связи между ними. Избирательность приемников намного возросла. Представилась реальная возможность осуществлять прием телеграмм, не опасаясь мешающего действия соседних станций. И только все еще применявшийся наряду с новой системой незатухающих колебаний метод искровой передачи не позволял до конца использовать все возможности и преимущества настраиваемых систем.

### РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ НАЧАЛЬНОГО ПЕРИОДА ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ В РАДИОСВЯЗИ

Изобретение электронной лампы (радиолампы) – важнейший этап, революционизировавший развитие радиотехники и тесно связавший ее прогресс с достижениями электронной техники. Электронная лампа – техническое нововведение начала XX века, которое коренным образом изменило методы использования электромагнитных волн, способствовало интенсивной перестройке элементной базы беспроводной телеграфии и определило становление и быстрый расцвет радиотехники. Появление радиолампы стало также важным этапом того направления развития и применения теории и практики радиотехники, которое позже получило название "электроника".

#### **Изобретение вакуумного диода с накаленным катодом**

Электронная лампа как новый технический прибор появилась в первые годы XX столетия, а в основе ее действия лежали явления, обнаруженные еще в начале последнего десятилетия XIX века. Опираясь на научные и экспериментальные результаты предшественников, Д. А. Флеминг в 1899 году выполнил целую серию логически стройных физических исследований, которые легли в основу его дальнейших работ, приведших к изобретению в 1904 году вакуумного диода с накаленным катодом. Используя одностороннюю проводимость лампы с введенной в колбу металлической пластинкой для выпрямления переменных токов, Флеминг создал новый прибор, который назвал "термоионной лампой", или "диодом".<sup>3</sup> Он представлял собой стеклянный баллон с впаянной в него, как в осветительных лампах, нитью накаливания, окруженной металлическим цилиндром, провод от которого был выведен через стекло. Флеминг обнаружил, что для "увеличения чувствительности" такого детектора на цилиндр, который был назван "анодом", следует подавать небольшой положительный потенциал.

Диоды Флеминга были столь же чувствительны, как магнитные или кристаллические детекторы, отличались большей стабильностью и требовали специального источника питания. Это была первая электронная двухэлектродная лампа с нагретым катодом, получившая практическое применение в радиотехнике раннего периода.

<sup>1</sup> Stone J. Improvements in systems for wireless telegraphy. // Pat. №4123 (Gr. Brit.). Date claimed for patent in the U. S. 27 Feb. 1906. Date of application in the U. S. 19 Feb. 1907. Accepted 19 Feb. 1908.

<sup>2</sup> Franklin C. S. and Marconi's Wireless Telegraph Co. Pat. № 12690 (Gr. Brit.), 1907.

<sup>3</sup> Fleming J. A. Pat. № 248850 (Gr. Brit.). Nov. 16, 1904.

**Изобретение вакуумного триода и появление электронных усилителей**

В 1907 году американский инженер Ли де Форест запатентовал изобретенный им прибор – трехэлектродную лампу, которую он разработал в результате многочисленных экспериментов.<sup>1</sup> Де Форест поместил в диод третий электрод, названный им "сетка" (grid); изменяя потенциал на этом электроде, оказалось возможным изменять ток между катодом и анодом лампы. В процессе опытов было обнаружено, что чрезвычайно малые изменения напряжения на сетке приводят к заметным изменениям тока лампы. Таким образом, новый электронный прибор был способен производить электрическое усиление сигнала (хоть и незначительное). Построенный на триоде усилитель низкочастотных колебаний звуковой частоты де Форест назвал "аудион"; позже лампы с тремя электродами стали называться "триоды".<sup>2</sup>

Ранние катодные лампы – диоды и триоды – были очень несовершенными приборами: из-за недостаточно высокого вакуума в колбе было большое количество молекул газа, которые при прохождении тока через лампу ионизировались и наряду с электронами участвовали в переносе электрических зарядов от катода к аноду. В то же время они бомбардировали катод, осаждались на стенки, создавая зоны поверхностного заряда, и ухудшали работу прибора.

Изобретение де Фореста дало толчок к изучению процессов в катодных лампах, вызвало к жизни большое количество конструкций триодов различного назначения, в которых делались попытки преодолеть трудности, возникавшие из-за неумения в то время получить хороший вакуум. Однако лишь в 1915 году И. Ленгмюром был создан триод с чистым вакуумом ("жесткая" лампа). Ленгмюр сконструировал также и высоковакуумный диод, предназначенный для работы в качестве выпрямителя при питании радиоаппаратов переменным током и дал ему название "кенотрон", закрепившееся до настоящего времени за выпрямительными электронными лампами.

Период развития радиоламп до Первой мировой войны скорее отличался внутренним совершенствованием этой области, появлением множества новых идей, принципиальных подходов, чем расширением практического применения ламп. Использование катодных ламп в радиоаппаратуре было единичным и ограничивалось главным образом радиоприемной техникой. В то же время происходило быстрое развитие этой техники в стенах исследовательских лабораторий. Закладывались основы теоретического рассмотрения процессов, протекавших в вакуумных приборах, формировались предпосылки их инженерного расчета. В отличие от всех ранее существовавших элементов радиотехники катодные лампы (очевидно, вследствие сложных и тонких физических явлений и процессов, которые в них имеют место) не могли развиваться чисто эмпирически, а требовали глубокого теоретического осмысления.

Несмотря на то, что широкое промышленное производство и применение электронных ламп началось только во втором десятилетии XX века, весь предшествующий период их лабораторного развития отличался интенсивными поисками различных принципов их построения для применения в радиоприемниках, генераторах, а также в качестве выпрямителей переменного тока в устройствах электропитания радиоустановок.

Среди ученых и инженеров, много сделавших в развитии принципов действия и построения конструкций приемно-усилительных ламп начального периода, можно

<sup>1</sup> De Forest L. The audion as generator of high-frequency current // Electrician. 1914, vol. 73.

<sup>2</sup> Следует, однако, отметить, что в ранней радиотехнике, развивавшейся на основе приборов дискретного действия, сложились и весьма стойкие терминологические традиции, вытекающие из чисто электротехнических принципов. Поэтому после изобретения триода, который был по своему принципу действия не дискретным, а аналоговым устройством, т. е. позволял производить не релейное (включение-выключение) действие, а плавное изменение напряжений и токов управляющим сигналом (т. е. усиление), сложившаяся терминология поначалу не изменилась, триод называли "реле", "катодное реле".

назвать Д. Флеминга, Л. де Фореста, Р. Либена, Э. Рейсса, Г. Арко, Г. Раунда, Пери, Р. Виганта. В России в этой области работали Н. Д. Папалекси (1914), П. А. Остряков и М. А. Бонч-Бруевич (1915). На производстве радиоламп специализировались многие фирмы: "Маркони-Осрам", "Мэллард", "Томсон-Густон" (британские предприятия), "Эдисван", "Коссор", "Радионс" (США), "Русское общество беспроволочных телеграфов и телефонов" (Россия) и др.

Большой известностью пользовались лампы французского производства, появившиеся во время Первой мировой войны. Это так называемые лампы типа "R", патент на которые был взят Пери в 1916 году. Триоды типа "R" применялись как в радиоприемниках, так и в маломощных передатчиках. Они были сравнительно экономичны, работали при напряжении накала 3,78 В и токе 0,52 А. Анодное напряжение равнялось 75 В. Еще одним широко распространенным типом ламп были так называемые "лампы Раунда" (известные также под фирменным названием "Маркони, тип Q"). В Германии в начале Первой мировой войны использовались сильно отличавшиеся от французских ламп детекторного и усилительного типа, разработанные фирмой "Телефункен" и конструктивно напоминавшие лампы Раунда, но с цоколем специальной формы, исключавшей их использование во французской аппаратуре. Эти лампы хорошо работали в усилительных схемах, хотя они имели невысокий коэффициент усиления. Выпускали эти лампы предприятия компании АЕГ, "Телефункен", "Сименс и Гальске".

В России в 1915 году на Радиотелеграфном заводе Морского ведомства конструированием и выпуском приемно-усилительных ламп занимался В. И. Вольнкин. Его лампы имели вольфрамовый катод прямого накала, коэффициент усиления их был равен 10. В 1915–1917 годах на Тверской приемной радиостанции М. А. Бонч-Бруевич и В. М. Лещинский наладили выпуск сконструированных ими приемно-усилительных ламп, выпускавшихся в небольших масштабах серийно и используемых в приемной аппаратуре для замены французских ламп типа "R", ставших дефицитом во время Первой мировой войны. На этих лампах Бонч-Бруевич разработал гетеродинный приемник ("катодный прерыватель") для приема сигналов от передатчиков незатухающих волн.

#### **Многоэлектродные электронные лампы в радиоприемной технике**

К началу мировой войны относятся также опыты с многосточными приемно-усилительными лампами, хотя широкое применение в радиотехнике они нашли лишь в 30-е годы. Из очень большого числа работ в этой области отметим только наиболее значительные.

По-видимому, первая многоэлектродная лампа была предложена Э. Александерсоном в 1913 году.<sup>1</sup> Она имела нить накала, сетку и два анода. Еще один электрод был экранирующим и предназначался для устранения влияния анодов друг на друга. Лампа предназначалась для управляемого двухполупериодного выпрямления переменного тока, а также для усиления сигнала.

В 1916 году триод с дополнительной сеткой, расположенной вблизи анода, на которую подавался нулевой или небольшой положительный потенциал, построил А. Хелл. Сетка устраняла динатронные явления в триоде, тем самым увеличивая его коэффициент усиления. На этой лампе Хелл строил и генераторные усилительные схемы.

#### **Начало применения электронных ламп в радиопередатчиках**

Первое применение электронной лампы в передающем устройстве относится к 1913 году и является, несомненно, знаменательным событием, показавшим, что радиолампа может быть использована не только для работы на малых токах и напряжениях, но и для управления токами больших значений. Уже к началу Первой мировой войны относятся работы по созданию радиоламп, специально пред-

<sup>1</sup> *Alexanderson E. Pat. №147147 (Gr. Brit.), 1913.*



назначенных для радиопередатчиков. Постепенно в радиоинженерии складываются конструктивные особенности генераторных ламп, одна из которых определила необходимость отвода тепла от электродов, главным образом от анода, когда естественного охлаждения электродов уже недостаточно. Другой особенностью была потребность в катодах с большим значением эмиссионных токов.

Среди первых простейших конструкций еще не очень мощных ламп с принудительным охлаждением анода были триоды де Фореста (1915) и А. Никольсона (1916). Первые русские генераторные лампы были построены Н. Д. Папалекси в 1914 году. Выпускал эти лампы в малых количествах завод рентгеновских трубок в Петрограде. Технология их производства была разработана самим Папалекси, причем он впервые применил прогрев электродов токами высокой частоты от дугового генератора для удаления поверхностных газов. Это было сделано в 1916 году, на два года раньше, чем взят патент на этот технологический прием (1918) немецкой фирмой "Хут".

Ко времени Первой мировой войны относится появление идеи разборной генераторной лампы. Недолговечность катодов ламп, трудности получения надежных спаев стекла с металлом в мощных лампах, нерентабельность выбрасывания металлоемкой конструкции мощной лампы с вполне пригодным анодом, сеткой и системой водяного охлаждения при выходе из строя катода – все эти особенности эксплуатации мощных ламп с водяным охлаждением натолкнули конструкторов на оригинальную мысль делать лампу разборной, со сменными деталями. Однако ограниченные возможности техники в первом двадцатилетии XX века не позволили создать разборные радиолампы. Расцвет и развитие этого типа радиоламп относится к середине 30-х – началу 40-х годов.

#### **Эволюция приемно-передающих устройств на основе электронных ламп**

Изобретение электронной лампы произвело существенные изменения в методах радиоприема и повлекло разработку множества радиотехнических приборов, в которых она стала непосредственно применяться. Ее влияние на прогресс техники беспроводной связи было широким по масштабам, охватив многие направления связи, и вместе с тем отличалось глубиной, заставив пересмотреть принципиальные основы функционирования многих радиотехнических средств.

Наиболее интенсивному воздействию (и одной из первых) подверглась радиоприемная техника. Это было особенно заметным, так как довольно длительное время ее развитие шло медленными темпами и применявшиеся технические средства принципиально почти не менялись: сначала это были когерер и реле, включавшие сигнальный звонок, пишущий телеграфный аппарат, затем детекторы разных типов, в том числе наиболее распространенные – кристаллические, с головными телефонами в качестве оконечных устройств. Между тем развитие другой важной области радиотехники – радиопередающих устройств – отличалось стремительными темпами и ознаменовалось появлением нескольких принципиально различных приборов, в том числе мощных безламповых передатчиков. В это время произошел также переход на незатухающие волны, что создало целый комплекс предпосылок к появлению ламповой техники.

Электронная лампа изменила и характер, и темпы развития приемно-передающей техники. В области радиоприема началось бурное развитие, в области же передающей техники изобретение радиолампы сначала прошло почти незамеченным. Причина этого весьма проста: в технике генерирования электромагнитных колебаний был уже накоплен достаточно большой технический опыт и столь маломощные приборы, как первые электронные лампы, не могли изменить сложившееся положение. В области же радиоприемной техники с появлением лампы возникла возможность усиления слабых сигналов. Ламповые устройства позволяли строить новые по принципу действия приборы – усилители для усиления высокочастотных сигналов в невиданных тогда масштабах – в десятки и сотни раз. Резко возросла чувствительность приемников.

Электронная лампа пришла в технику радиоприема, когда там господствовали кристаллические детекторы, а "усиление" сигнала производилось путем выделения напряжения на острорезонансном контуре и применения головных телефонов, которые в сочетании с органами слуха человека также осуществляли селекцию полезных сигналов на фоне помех. Появление диодов Флеминга мало что изменило в технике детектирования. Лампа-детектор была малонадежным прибором, она требовала источника питания для нити накала, а срок ее службы был существенно меньше кристаллических детекторов.

Изобретение триодов явилось революционирующим моментом в ранней радиотехнике. И хотя для их работы, кроме источника питания нити накала, требовался еще один источник напряжения для питания анода, возможность многократного усиления сигналов стоила дополнительных мер и затрат.

В 1907 году де Форест предлагает схему для детектирования с последующим усилением сигнала на изобретенном им триоде.<sup>1</sup> В этой схеме (если пользоваться позднейшей терминологией), работающей в режиме анодного детектирования, в анодную цепь лампы включались телефоны, в которых благодаря специально выбранному режиму питания лампы прослушивались усиленные принятые радиосигналы. Режиму лампы на было уделено внимания, поэтому попытки де Фореста использовать в 1907 году триод специально для усиления сигналов к успеху не привели, так как рабочая точка на характеристике лампы была выбрана неправильно. Однако де Форест интуитивно понял, что на усилительные свойства радиолампы можно влиять изменением питающих напряжений, и применил хорошо известное в дальнейшем "смещение на сетку", т. е. подачу между катодом и сеткой постоянного потенциала для получения наивыгоднейшего усилительного или детекторного режима. Так в 10-х годах XX века появился ламповый триодный детектор и усилитель.

Важным моментом в развитии детекторно-усилительных схем, в особенности после разработки триодов с достаточно высоким вакуумом, явилось использование в цепи сетки так называемого "гридлика" (от англ. *grid-leak* – буквально "утечка сетки"), заблокированного резистором с большим сопротивлением (порядка 1 МОм), включенного между сеткой и катодом лампы.<sup>2</sup> В триодах со свободной сеткой часто наблюдалось явление "запираания" анодного тока через некоторое время после включения лампы. Это происходило потому, что на сетке скапливался большой отрицательный заряд. Гридлик предназначался для того, чтобы отрицательные заряды, наведенные на сетке, стекали через него, создавая на резисторе падение напряжения, пропорциональное сигналу на сетке,<sup>3</sup> тем самым гридлик стабилизировал автоматически анодный ток. Через этот резистор также удобно было подавать постоянное "напряжение смещения" (относительно катода) для выбора рабочей точки характеристики лампы.

**Изобретение регенеративного радиоприемника** В опытах с ламповыми усилителями исследователи натолкнулись на одно из важнейших для всей радиотехники явлений – возможность обратной связи в радиотехнических цепях. Трудно установить точную дату и указать, кому первому пришла счастливая мысль осуществить в детекторно-усилительном каскаде положительную обратную связь, т. е. электрическую связь анодной цепи с сеточной так, чтобы, как это тогда представлялось, определенное усиленное напряжение (энергия) подавалось вновь на сетку лампы и вновь усиливалось. Можно лишь утверждать, что эта мысль непосред-

<sup>1</sup> De Forest L. Pat. № 1170881 (US), 1914.

<sup>2</sup> De Forest L. Audion-circuit. // Pat. № 1377405 (U. S.). Original application filed 9 Apr. 1915. Publ. 10 May 1921.

<sup>3</sup> В "мягких" лампах этот отрицательный сеточный заряд снимался в результате бомбардировки сетки положительными ионами находившегося в лампе газа.

ственно вытекала из логической цепи всех экспериментов с ламповыми схемами, и могла быть реализована многими исследователями.<sup>1</sup>

Практическое осуществление идеи положительной обратной связи показало, что детектор-усилитель способен значительно повысить чувствительность радиоприемников и обеспечить прием сигналов с очень малым значением напряженности электромагнитного поля. Одновременно было замечено, что после увеличения положительной обратной связи сверх некоторого предельного значения чувствительность детекторно-усилительного лампового каскада резко падала, в лампе возникали незатухающие колебания, и усилительный каскад превращался в генератор колебаний тока. Обратная связь, меньшая предельной, но близкая к ней, была названа "регенеративной", а сам каскад, работавший в этом режиме – "регенератором".

Регенеративный детектор-усилитель появился почти одновременно в лабораториях нескольких радиотехнических фирм разных стран. Среди радиоинженеров, предложивших регенеративную схему, следует отметить прежде всего американцев Э. Армстронга<sup>2</sup> и Л. де Фореста<sup>3</sup>, англичан К. Франклина<sup>4</sup> и Г. Раунда<sup>5</sup>, немцев А. Мейсснера и Г. Арко<sup>6</sup>. По-видимому, наиболее ранние работы о регенеративном усилении, а также о возможности генерирования незатухающих колебаний "катодной лампой" появились в Австрии в 1912 году и принадлежат З. Штрауссу.<sup>7</sup> Однако его исследования остались почти незамеченными и не повлияли на аналогичные работы за пределами Австрии и Германии. В Соединенных Штатах Америки, где регенератор был запатентован одновременно Армстронгом и де Форестом, патентное ведомство и Верховный суд длительное время вынуждены были рассматривать тяжбу между компаниями, в которых сотрудничали эти два исследователя, и спустя 20 лет первенство в создании регенератора было признано за де Форестом.<sup>8</sup> Между тем решение это не смогло переубедить радиоспециалистов, и изобретение регенератора до сих пор многие связывают с именем Армстронга, тем более что Американский институт радиоинженеров наградил его в 1914 году за это почетной медалью.

В 1913 году А. Мейсснер сделал в Германии патентную заявку на изобретение регенеративного каскада и, одновременно, лампового генератора незатухающих колебаний с использованием индуктивной (трансформаторной) обратной связи.<sup>9</sup> При этом он отмечает влияние работ Э. Штраусса на свои опыты.<sup>10</sup>

<sup>1</sup> *Armstrong E.* Regenerative amplification // Proc. IRE, 1915, vol. 3, №4.

<sup>2</sup> *Armstrong E. H.* Wireless receiving system // Pat. № 1113149 (U. S.). Filed 29 Okt. 1913. Publ. 6 Oct. 1914.

<sup>3</sup> *De Forest L. and Logwood C.* Wireless receiving system // Pat. № 1170881 (U. S.). Filed 12 March 1914. Publ. 8 Feb. 1916. *De Forest L.* Pat. № 3950 (Gr. Brit.). Conventional date 12 March 1914.

<sup>4</sup> *Franklin C. S. and Marconi's Wireless Telegraph Co.* Improvements in receivers for use in wireless telegraphy and telephony // Pat. №13636 (Gr. Brit.). Date of application 12 June 1913. Complete specification left 12 Jan. 1914. Accepted 11 June 1914.

<sup>5</sup> *Round H. J. and Marconi's Wireless Telegraph Co.* Improvements in receivers for use in wireless telegraphy // Pat. №28413 (Gr. Brit.). Date of application 9 Dec. 1913. Complete specification left 8 July 1914. Accepted 9 Dec. 1914.

<sup>6</sup> *Arco G. und Meissner A.* Gesellschaft für drahtlose Telegraphie // Pat. № 290256 (Germ.). Patentiert 16 Juli 1913. Ausg. 17 Juni 1919.

<sup>7</sup> *Strauss S.* Pat. №71340 (Osterr.), 11 Dec. 1912.

<sup>8</sup> Account of law-lase between Armstrong and De Forest to regenerative of feedback valve circuits // *Radio Rev.*, 1921, vol. 2, p. 424–430. Л. де Форест, предъявивший Э. Армстронгу иск по спорному патенту, первоначально проиграл процессы в 1921 и 1923 годах, когда на слушаниях в суде Форест не смог объяснить, как и почему его электронная лампа "аудион" генерировала колебания. Армстронг же, в свою очередь, дал подробное и ясное объяснение регенерации. В 1930 году по ошибке судьи были неправильно истолкованы термины "oscillation" (колебание) и "regeneration" (регенерация) и Форест выиграл 13-й по счету судебный процесс.

<sup>9</sup> *Meissner A.* Pat. №291604 (Germ.), 9 Apr. 1913; Pat. №252 (Gr. Brit.), Jan. 5, 1914.

<sup>10</sup> *Meissner A.* Über Raumstrahlung // *Telefukun Ztschr.*, 1919, 13 Febr.

Хотя первым применением положительной обратной связи было создание регенеративного детектора-усилителя, как уже отмечалось, почти одновременно появилась мысль увеличить связь анодной цепи и сеточной до такой степени, когда в ламповом усилителе возникают непрерывные собственные колебания. Эта идея легла в основу всей последующей ламповой генераторной техники.

В период Первой мировой войны в технике радиоприема регенеративные каскады получили более широкую известность, так как давали возможность значительно улучшить характеристики радиоприемников, делая их более чувствительными. Ламповые же генераторы пробивали себе дорогу в более трудных условиях, конкурируя с электрической дугой и машинами высокой частоты; да и искровые передатчики, достаточно мощные по тем временам, еще не ушли из радиотехники. Поэтому генераторы на электронной лампе рассматривались сначала лишь как средство получения радиоколебаний весьма небольшой мощности и их применение ограничивалось маломощными радиостанциями и экспериментальными устройствами, в частности при освоении методов радиотелефонных передач.

В начале войны появилось много разнообразных схем ламповых регенераторов, которые различались способом обратной связи анодного контура с сеточным, способами питания лампы от источников питания, методами связи лампы с антенной цепью и некоторыми частностями. В ранней радиотехнической литературе различные схемы регенеративных приемников носили обычно имена их изобретателей, например схемы Раунда, Виганта, Рейнарца, Лейтхаузера и др.

Изучение регенеративных схем привело к появлению ряда существенных модификаций их, которые легли в основу новых типов радиоприемных устройств, новых методов радиоприема. Хотя приемник суперрегенеративного типа, в котором регенеративный детектор управлялся отдельной лампой, отпирающей и запирающей регенератор с большой частотой, был запатентован в Соединенных Штатах Америки Э. Армстронгом в 1921 году, задолго до этого было доказано, что сверхрегенерацию возможно осуществить и в одноламповом приемнике. Так, Г. Раунд в 1913 году запатентовал несколько вариантов схем, за которыми в радиотехнике тех лет закрепилось наименование "автодин" и "автогетеродин" и процессы в которых напоминали сверхрегенерацию.<sup>1</sup> Эти схемы особенно широко распространение получили в 20-е годы в радиолюбительской практике многих стран.

#### **Развитие теории и практики радиоэлектронной техники раннего периода**

К 1913 году относится применение на практике метода гетеродинного приема, предложенного еще в 1902 году Р. Фессенденом.<sup>2</sup> После появления триодов этот метод пережил второе рождение и воплотился в приборах с преобразованием частоты в супергетеродинных приемниках. Изобретение супергетеродина составило весьма существенный этап в развитии лампового радиоприема, позволивший освоить в этой области новые принципиальные возможности радиоприема и создать радиоаппараты более совершенных конструкций. Супергетеродинный принцип радиоприема был предложен в 1917 году почти одновре-

<sup>1</sup> Round H. Pat. № 28413 (Gr. Brit.), 1913.

<sup>2</sup> Патент №706740 от 12 августа 1902 года. В отдельных работах, посвященных истории радио (например, *Винокуров В. И.* Заметность и секретность в информационных радиоэлектронных системах // *Известия СПбГЭТУ (ЛЭТИ)*, серия "История науки, образования и техники", 1998, вып. 1, с. 20–28), утверждается, что в целях повышения разведзащищенности своих радиолиний с началом Первой мировой войны германский флот перешел на работу незатухающими электромагнитными колебаниями, в результате чего англичане, французы и русские не могли обнаружить их работу в эфире. Во-первых, в документах оборонных ведомств России времен Первой мировой войны о данном случае упоминаний не имеется. Во-вторых, как следует из рассмотрения эволюции развития радиоприемных устройств, к 1914 году радиоприем незатухающих колебаний был известен не только теоретически, но и был реализован практически.

менно французским инженером Л. Леви, немцами Г. Арко и В. Шоттки, а также в Соединенных Штатах Америки – Э. Армстронгом.

В большинстве работ по истории радиотехники авторство изобретения гетеродина приписывается Э. Армстронгу. Нельзя согласиться с подобными утверждениями, так как принцип приема с изменением входной частоты разрабатывался многими учеными. Право первенства в этом изобретении законодательство отдало Л. Леви. Армстронг и Шоттки согласились с приоритетом французского инженера.

Применение радиоламп для усиления высокочастотных сигналов создало возможность увеличения уровня как напряжения, так и мощности радиоколебаний. Для получения достаточного ощутимого усиления по напряжению использовалось большое количество последовательно включенных ламповых каскадов, так как лампы (особенно раннего периода) имели малую крутизну характеристики и небольшой коэффициент усиления.

Вместе с тем, при конструировании ламповых усилителей сразу же встала весьма трудная проблема устранения самовозбуждения в многоламповых усилителях. Экспериментальное исследование этой проблемы дало двойные плоды: с одной стороны, привело к изобретению метода лампового генерирования высокочастотных колебаний, а с другой – к созданию регенеративного метода радиоприема. Это были как бы две параллельные проблемы, объединенные практическим применением принципа обратной связи. Решение проблемы многолампового усиления оказалось достаточно трудным и растянулось на многие годы.

Создание устойчивых в работе ламповых усилителей с большим коэффициентом усиления стало многоплановой задачей всей радиотехники. В процессе ее решения создавались лампы с большим коэффициентом усиления и с большой крутизной характеристики, пригодные для работы в радиоприемниках, а в дальнейшем и в генераторах. Создавались специальные детали усилителей: резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, – и при этом были найдены многие принципиальные и конструктивные решения. Наконец, много интересных принципиальных находок относится к области конструктивного построения усилительных каскадов, среди которых прежде всего следует назвать методы электромагнитного экранирования. На основе большого практического опыта в конце 20-х годов начинают складываться теоретические предпосылки для расчета усилителей как низкой, так и высокой частоты, формируются основы расчета значений сигналов в схемах с обратными связями.

История создания эффективных, т. е. устойчивых в работе и обладающих требуемым коэффициентом усиления, ламповых усилителей имеет и еще несколько направлений развития, связанных с появлением, например, рефлексных схем для радиоприема, с применением методов нейтринирования лампового каскада. Не менее важным было появление в 10-х годах XX века резистивно-емкостных и двухтактных усилителей для работы сначала в диапазоне звуковых, а затем и на более высоких частотах.

#### **Ламповые генераторы незатухающих электромагнитных колебаний**

Своеобразной вехой в развитии и совершенствовании радиопередающих устройств стало изобретение в 1913 году А. Мейсснером генератора незатухающих электромагнитных колебаний на электронной лампе<sup>1</sup> и создание лампового однокаскадного передатчика по схеме, получившей в истории радиотехники название по имени ее автора ("схема Мейсснера"). В июне 1913 года Мейсснер провел экспериментальную радиотелефонную передачу с помощью такого передатчика между Науэнгом и Берлином на расстоянии около 36 км.

<sup>1</sup> Meissner A. Pat. № 291604 (Germ.), 9. Apr., 1913. Pat. № 252 (Gr. Brit.), Jan. 5, 1914.

В 1914 году Г. Раунд предложил аналогичную схему лампового генератора с двумя колебательными контурами и гридликом, через который автоматически подавалось на сетку лампы отрицательное смещение. Эта первая двухконтурная схема автогенератора использовалась в ранних ламповых радиопередатчиках фирмы Маркони.<sup>1</sup>

Весьма существенным моментом в развитии ламповых генераторов были так называемые трехточечные схемы, в которых лампа присоединялась к простому параллельному колебательному контуру в трех точках. Эти схемы получили в последующем наименование "одноконтурных". По-видимому, первое сообщение о возможности построения трехточечных схем содержится в работе Э. Армстронга (1914).<sup>2</sup> Первый патент на трехточечную схему выдан инженеру американской фирмы "Вестерн электрик" Р. Хартлею (1915),<sup>3</sup> имя которого она и носит в радиотехнической литературе. Инженер той же фирмы Э. Колпитц запатентовал в 1918 году схему лампового трехточечного генератора,<sup>4</sup> принципиально отличную от схемы Хартлея. Эквивалентную схеме Хартлея модификацию автогенератора с положительной обратной связью через емкость сетка-анод триода запатентовала в 1917 году германская фирма "Хут" с авторством инженера предприятия Л. Кюна ("схема Хут-Кюна").<sup>5</sup>

Схемы Мейсснера, Хартлея и Колпитца являются основными схемами автогенераторов и прототипами всех исторически более поздних автогенераторов.<sup>6</sup>

Особенность конструкции первых ламповых передатчиков заключалась в том, что одноламповый автогенератор был непосредственно связан с антенной. В отечественной технической литературе за таким конструктивным оформлением ламповых передатчиков закрепилось название "простая схема", аналогично тому, как в искровых безламповых передатчиках называлась простейшая первоначальная схема. Передатчики по "простой схеме" получили на раннем этапе развития ламповой техники очень широкое распространение во всех странах именно из-за своей простоты.

Непосредственная связь автогенератора с антенной в простой схеме, в особенности когда модуляция производилась в антенном контуре, приводила к неустойчивости режима работы передатчика, а на волнах достаточно коротких – к нежелательной нестабильности частоты. Схема радиопередатчика, в котором для связи автогенератора с антенной стали использовать промежуточную цепь, получила название "сложной". Сложная схема не только позволяла ослабить влияние антенны на колебательный контур автогенератора, но и обладала способностью ослаблять гармоники, поскольку промежуточный контур служил заградительным фильтром.

Начальные шаги практической ламповой генераторной техники относятся к Первой мировой войне, что было в значительной степени вызвано военными нуждами. К этому же времени относятся первые применения многоламповых передатчиков. Между тем широкое применение ламповых усилителей в радиопередатчиках началось лишь после войны, когда были преодолены технологические трудности в изготовлении ламп большой мощности. С появлением мощных автогенераторов в послевоенные годы открылись новые возможности и для развития нового направления радиотехники – радиотелефонии.

<sup>1</sup> Round H. T. Pat. № 13248 (Gr. Brit.), 1914.

<sup>2</sup> Armstrong E. H. Operation features of the audion // Elec. World, 1914, vol. 29, p. 1149.

<sup>3</sup> Hartley R. V. Pat. № 1356763 (U.S.), 1915 (publ. 1920).

<sup>4</sup> Colpitts E. H. Pat. № 1624537 (U.S.), 1918 (publ. 1920).

<sup>5</sup> {Kuhn} E. F. Huth Ges. Pat. № 333777 (Germ.), 15. Dez., 1917.

<sup>6</sup> См.: Родионов В. М. История радиопередающих устройств. М., 1969, с. 90.

## РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ АНТЕНН

Одним из элементов радиосистем являются сооружения для излучения и приема наиболее целесообразным образом энергии электромагнитных волн. Эти элементы радиосистем называются антеннами; они появились одновременно с изобретением радио и развивались совместно с совершенствованием средств передачи и приема сигналов.

Первой передающей антенной можно считать вибратор Герца, служивший одновременно и генератором затухающих колебаний. В ходе своих опытов с электромагнитными волнами Г. Герц изобрел три физические модели излучающих устройств: симметричный электрический элементарный вибратор, симметричный элементарный вибратор ("резонатор Герца") и зеркальные антенны.

**Конструктивные разновидности антенн раннего периода радиотехники** Симметричный электрический элементарный вибратор в опытах Герца выполнялся в виде двух толстых стержней или шаров, соединенных друг с другом тонкими стержнями, между которыми располагался разрыв для размещения искрового промежутка. Вибратор вместе с искровым промежутком, являвшийся первым в мире генератором затухающих колебаний, был объединен с излучающим устройством. Симметричный магнитный элементарный вибратор являлся первой приемной антенной рамкой. Включением искрового промежутка Герц объединил приемный индикатор с антенной. Кроме того, в своих опытах Герц использовал параболические и цилиндрические зеркала из металлических листов, вдоль фокусной линии которых располагались симметричные электрические вибраторы.

В качестве излучателя-антенны вибратором Герца пользовался и А. С. Попов в своих ранних опытах. В 1896 году он использовал диполь Герца в фокусе приемного параболического цилиндра. Однако развитие радиотехники пошло по пути использования несимметричных антенн в виде вертикального заземленного провода. Появление этих антенн также связано с именем А. С. Попова. Изобретатель радио сделал вывод о зависимости дальности передачи сигналов от высоты подвеса и размеров антенного провода.

От симметричного горизонтального излучающего вибратора (1895) Попов перешел к вертикальному излучателю с шарами, дисками или двойными конусами на концах (1896–1897). В 1896 году он использовал также вертикальный вибратор Риги с шарами. В ходе опытов на кораблях в 1898 году А. С. Попов применил береговые передающие антенны в виде вертикального провода с двухпроводной горизонтальной частью. Один зажим индукционной катушки присоединялся к этому проводу, второй – заземлялся. На кораблях использовалась сложная сеть из проводов, натянутых горизонтально на мачтах и реях в форме "коробчатого змея". К этому же времени относится использование Поповым высоко поднятого (воздушным шаром или змеем) вертикального провода. Приемные антенны системы А. С. Попова, начиная с его первых опытов в саду Минного офицерского класса, представляли собой вертикальный провод.

Несимметричный вертикальный заземленный провод и система таких проводов в качестве антенны получили преимущественное распространение во всех ранних системах радиосвязи. В 1901 году Г. Маркони для передачи сигнала из Англии в Америку использовал вертикальную заземленную антенну в виде веера из 50 медных проводов, расходящихся кверху и растянутых между мачтами высотой 48 м. Расстояние между мачтами составляло около 60 м. Эта антенна была установлена на британском берегу (в Поладью). В Америке (Ньюфаундленд) вертикальная приемная антенна была поднята с помощью змея.

Одним из первых дал объяснение физической природы явления возбуждения вертикального заземленного провода и излучения им энергии в пространство немецкий инженер А. Слаби.<sup>1</sup> Математическое обоснование работы заземленного вертикально-

<sup>1</sup> Slaby A. Die Funkentelegraphie. Berlin, 1901.

го вибратора было сделано еще в 1900 году немецким ученым М. Абрагамом.<sup>1</sup> По теории Абрагама, вертикальный заземленный провод над поверхностью земли можно рассматривать по принципу зеркальных изображений. Основным положением теории Абрагама является рассмотрение вертикального провода как совокупности элементарных вибраторов-диполей, у которых длина стремится к нулю, а значение заряда – к бесконечности и, таким образом, электрический момент остается конечным. Эквивалентная схема вертикального провода содержит последовательно включенные самоиндукции (тонкие стержни в модели Герца) и параллельно включенные емкости на землю (толстые стержни в физической модели Герца). Работа Абрагама имела большое значение для создания расчетного аппарата заземленных антенн. В немецкой технической литературе элементарный несимметричный вибратор получил впоследствии название "вибратор Абрагама".

Изобретение несимметричного вибратора связано также с именами французских ученых А. Блонделя и Г. Феррье – пионеров радиосвязи во Франции.<sup>2</sup> Блондель в 1898 году указал, что при анализе работы вертикального провода следует учитывать влияние земли. Для этого он представил землю как идеальный проводник и заменил зеркальным изображением антенны. Феррье в сотрудничестве с Блонделем представил Электротехническому конгрессу в 1900 году доклад "Действительное состояние и успехи беспроводной связи при помощи волн Герца". В этом докладе антенна рассматривается как половина вибратора Герца, т. е. развиты те же представления, что и у Абрагама.

Отделение колебательного контура от антенной сети, несомненно, сыграло большую роль и в приемно-передающей технике, и в развитии антенн, поскольку позволило сосредоточить внимание на вопросах работы антенной системы как специфически излучающего или принимающего электромагнитные волны устройства, преобразующего их в высокочастотные токи. С этого времени область антенных устройств приобретает черты самостоятельности и быстро завоевывает место в радиотехнике как отдельное направление.

С первых лет развития радиосвязи получили применение два основных диапазона волн: средние волны (в диапазоне от 300 до 600 м) и длинные волны (свыше 2000 м). Первые находили применение в морских радиостанциях – как стационарных береговых, так и подвижных судовых. Длинные волны использовались в магистральных станциях для дальних связей. Антенны длинных волн представляли собой чрезвычайно большие сооружения, требовавшие высотных мачт и прочных изоляторов, которым к тому же приходилось нести огромные механические нагрузки.

Мощные искровые радиостанции работали с очень высокими напряжениями возбуждения колебаний, достигавшими многих сотен и даже нескольких миллионов вольт. Такие тяжелые энергетические условия работы выдвигали чрезвычайно жесткие условия к проектированию антенн. Расчет изоляции антенных проводов приходилось вести по значению первой полуволны напряжения, и при напряжениях в несколько киловольт вставали вопросы, связанные с коронированием проводов и с появлением вследствие этого неустраняемых электрических потерь, что значительно снижало и без того невысокий коэффициент полезного действия радиостанций. Кроме того, необходимость хорошей изоляции антенн осложняла проблему механической прочности изоляторов. Для повышения мощности в антенне необходимо было повышать ее емкость, т. е. увеличивать горизонтальную часть.<sup>3</sup> В соответствии с конструкцией горизонтальной и вертикальной частей стали различаться и сами антенны.

<sup>1</sup> Abraham M. Electricische Schwingungen in einem frei endigenden Draht // Ann. d. Phys., 1900, Bd. 2, H. 5.

<sup>2</sup> Blondel A. Avancement des sciences // C. r. Assoc. France, 1898, p. 212. Cutton C. Dix annees de T. S. F., 1922–1932 // Onde elec., 1932, vol. 11, № 131/132.

<sup>3</sup> Shaughnessy E. H. Rugby radio station // Post Office Electr. Eng. J., 1927.



Для магистральных связей конструктивно сложились антенны Г-образные и Т-образные в зависимости от того, где происходило присоединение вертикального провода к горизонтальной части – в одном из ее концов или в середине, а также антенны с одиночным вертикальным проводом или пучком проводов с развитой небольшой горизонтальной частью в форме зонта – зонтичные антенны. Для станций меньшей мощности применялись антенны наклонные, арфообразные, веерообразные, подвешиваемые на одной или двух опорах, а также на трех опорах.

**Параметры антенн раннего периода радиотехники** В первое десятилетие развития радиотехники были предложены эмпирические методы конструктивного расчета антенн затухающих волн и нахождения их электрических параметров, в частности емкости горизонтальной части. Однако уже во втором десятилетии намечается стремление ученых прибегнуть к выработке теоретических начал расчета антенн длинных и средних волн на основе физико-математических представлений о происходящих процессах. Это было тем более важно, что антенны (главным образом передающие) были весьма крупногабаритными и трудоемкими сооружениями и их стоимость была достаточно высокой. Широкое развитие радиосвязи, расширение круга ее применений предъявляло новые требования к технике радиосвязи, в том числе и к антенным устройствам. Для эффективной работы антенн необходимо было определить круг их физико-технических параметров, которые обусловили бы эту эффективность.

Одним из первых таких параметров была "действующая высота" антенны. Уже первые опыты по изучению распространения радиоволн, проводившиеся в Англии Г. Маркони и в Америке Л. Остиным, показали, что дальность действия станций длинных и средних волн пропорциональна произведению силы тока в основании антенны на ее высоту. Было установлено, что под высотой антенны следует понимать не геометрическую высоту подвеса и не центр тяжести статических зарядов антенны, а эффективную или действующую высоту. На основании представления Герца и Абрагама действующей высотой антенны стали называть такую вертикальную длину, при которой распределение тока в антенне является эквивалентным распределению тока в несимметричном вибраторе Герца-Абрагама, т. е. прямоугольным. Теория определения действующей высоты антенны была развита Р. Рюденбергом в 1908 году.<sup>1</sup> Этот параметр широко вошел в теорию и практику длинноволновой антенной техники и используется поныне. Результаты работы Рюденберга были впоследствии развиты многими физиками и инженерами, в том числе советским радиотехником М. В. Шулейкиным, предложившим в 1920–1921 годах методы расчета действующей высоты длинноволновых антенн различных конструкций.<sup>2</sup>

Для приближения действительной антенны к теоретической антенне Абрагама поверхность земли под антенной стали металлизировать (выполнять заземление) или помещать под антенной сетку из металлических проводов (устраивать противовес) на небольшой высоте в сравнении с высотой самой антенны (1,5–3% высоты антенны). Экспериментально было установлено влияние способа выполнения заземления или воздушного противовеса на силу тока в антенне при заданной мощности. Та доля мощности, которая излучается в пространство при известной силе тока в основании может характеризоваться особой величиной – сопротивлением излучения, пропорциональной квадрату отношения действующей высоты к длине волны. Экспериментально было установлено также, что при любом выполнении заземления или противовеса сопротивление антенны остается значительно больше ее сопротивления излу-

<sup>1</sup> Rudenberg R. Begriff des Strahlungswiderstandes // Jahrbuch drahtlos. Telegr. u. Teleph., 1912, Bd. 6.

<sup>2</sup> Шулейкин М. В. Расчет действующей высоты радиосети и ее сопротивления // Радиотехник. 1921, №14, с. 402–421.

чения. Таким образом, еще в 1908 году было введено Р. Рюденбергом понятие о сопротивлении антенны и о коэффициенте полезного действия антенны, равном отношению сопротивления излучения к полному сопротивлению антенны. Этот параметр явился важной характеристикой эффективности работы антенны, позволявшей рассчитывать излучаемую мощность, согласовать нагрузку передатчика (и входное сопротивление приемника) для оптимального излучения энергии в пространство (и для приема энергии с наибольшим коэффициентом полезного действия). В дальнейшем сопротивление излучения стало одним из основных показателей в расчете и анализе не только длинноволновых антенн, но и антенных систем всех диапазонов. Работы Рюденберга дали возможность сравнивать эффективность радиостанций, определять их действительную мощность и тем самым дальность действия систем связи.

Для определения емкости простейших антенн обычно в первом приближении использовались методы физики и электротехники, т. е. брались геометрические соотношения для проводников, определялись их потенциалы и т. д. Однако для сложных антенн, состоящих из многих проводов, определение емкости превращалось в довольно сложную задачу. Достаточно эффективный метод вычисления емкости антенн был разработан Г. В. Хоу.<sup>1</sup> Метод состоял в нахождении среднего потенциала, который наводится в системе проводов при равномерном распределении заряда по их поверхности. Хоу определял емкость как отношение поверхности системы к функции размеров системы. Это отношение давало средний потенциал при умножении на плотность заряда. Метод Хоу ("наведенных потенциалов") широко использовался в практике радиотехнических расчетов раннего периода. Вытекающие из него методы расчета емкости антенных систем были развиты Л. Остином и У. Икклзом.

#### **Совершенствование конструкций и параметров антенн**

Стремление повысить дальность и надежность радиосвязи было связано и с созданием направленных антенн длинных волн, методы создания которых были известны уже в раннем периоде развития радиотехники. Тем не менее они почти не использовались, так как на волнах в диапазоне длинных волн и даже на волнах в несколько сот метров построить направленные антенны было весьма трудно. Некоторые попытки их выполнения проводились фирмой Маркони в связи с созданием радиомаяков.

Чисто экспериментальным путем фирма Маркони обнаружила, что Г-образные антенны обладают направленным действием в сторону снижения вследствие неидеальной проводимости земли.<sup>2</sup>

Направленный эффект Г-образных антенн с длинной горизонтальной частью теоретически обосновал в 1911 году немецкий ученый Г. Гершельман.<sup>3</sup>

Вторым типом антенны, которой приписывали некоторый направленный эффект, была антенна Э. Александерсона для диапазона сверхдлинных волн.<sup>4</sup> Антенна имела подвешенную на 140-метровых опорах горизонтальную часть. Сеть была разветвленной, состояла из 12 проводов, которые через равные промежутки были заземлены посредством удлинительных катушек индуктивности, настроенных в резонанс на рабочую частоту. Пролеты между мачтами составляли около 400 м. Антенна представляла собой систему из 6 вибраторов. Общая длина ее была около 2 км. Она имела сопротивление излучения на 50–70% больше, чем 6 одиночных заземленных вибраторов. Конструкция антенны давала значительно меньшие потери в земле. Это была

<sup>1</sup> Howe G. W. The capacity of inverted cone and the distribution of its charge // Proc. Phys. Soc., 1916/1917, vol. 29.

<sup>2</sup> Hogan J. L. A new Marconi Transatlantic Service // Electr. World, 1914, v. 64.

<sup>3</sup> Herschelman H. Über die Wirkungsweise des geknickten Marconischen Senders in der drahtlosen Telegraphie // Jahrb. Drahtlos. Telegr. u. Telef., 1912, Bd. 5, 14.

<sup>4</sup> Alexanderson E. F. W. Trans-oceanic radio communication // Proc. IRE., 1920, v. 8, №4.

первая вертикальная синфазная антенна, имевшая направленный эффект, перпендикулярный ее горизонтальным частям.<sup>1</sup>

Для решения задачи об уменьшении потерь в заземлении необходимо было уточнить роль заземления вибратора Абрагама, так как представление земли в качестве идеально проводящего проводника являлось слишком элементарным. Уточнение этого вопроса было проведено в 1910 году немецкими учеными М. Райхом и Г. Труэ путем экспериментального изучения распределения токов в земле.<sup>2</sup> Эти опыты дали возможность подойти по-новому к сооружению систем заземления в зависимости от следующих факторов.<sup>3</sup>

1. От длины волны. Чем короче длина волны, тем выше плотность токов у поверхности земли и тем быстрее она уменьшается с увеличением глубины.

2. От высоты антенны. Чем ниже антенна и чем меньше ее горизонтальная часть, тем глубже проникают в землю токи большой плотности.

3. От проводимости земли. Чем больше проводимость земли, тем больше плотность токов в земле.

Использование результатов опытов Райха и Труэ, несмотря на всю их ценность, не привело к резкому уменьшению потерь в заземлениях, тем более, что снижение антенных потерь связано было с потерями не только в земле, но и в различных элементах самих антенн.

Из их опытов очевидна была принципиальная возможность уменьшения потерь в земле лишь в том случае, если бы оказалось возможным основную часть токов смещения антенны подвести непосредственно к нижнему концу удлинительной катушки, минуя толщу земли.

Решение этой проблемы требовало значительного усовершенствования всей техники антенного строительства, так как при больших потерях в любом из элементов антенны или даже в одном из них нельзя было бы обнаружить улучшений, вносимых более совершенным заземлением. Вся проблема распадалась на ряд частных проблем, так как каждый элемент антенны вносил свои потери, а устранение их требовало весьма дорогостоящих экспериментов.

В начальный период развития радиотехники проблема уменьшения потерь в земле решалась путем совершенствования отдельных элементов антенных сооружений, начиная от опор и кончая системой заземления.

Во-первых, антенны длинных волн в большинстве случаев подвешивались на металлических опорах. Весьма легко было установить наличие в теле мачты и в ее оттяжках токов высокой частоты. С этими наблюдениями и были связаны представления о потерях мощности антенны в опорах и оттяжках.<sup>4</sup> Проблема эта была решена, правда частично, путем секционирования оттяжек изоляторами и путем изоляции от земли башен или тела мачты. При этом повышались требования к качеству изоляции и значению потерь в керамических материалах, из которых изготовлялись изоляторы.

Во-вторых, требовалось уменьшить потери в проводах антенны. Эта часть задачи решалась легче всего, причем для больших полотен – автоматически, так как при большом числе проводов, включенных параллельно и подвешенных высоко над землей, потери в них были невелики. Решение этой задачи было связано с вопросом о

<sup>1</sup> См. подробнее: Об антенне Александерсона // Радиотехника, 1921, №1.

<sup>2</sup> Reich M. Über die Strahlung einer Antenne in Abhängigkeit von ihrer Form // Phys. Zschr., 1912, Bd. 13, №6. True H. Über die Erdströme in der Nähe einer Senderantenne für drahtlose Telegraphie // Jahrb. Drahtlos. Telegr. u. Teleph., 1911/1912, Bd.5.

<sup>3</sup> Домбровский И. А. Эволюция антенных систем. – В кн.: Очерки истории радиотехники. М., 1960, с. 217, 218.

<sup>4</sup> Miller S. E. Waveguide as a communication medium // Bell System Techn. J. 1954, v. 33.

применении минимального числа проводов для получения заданной максимальной погонной емкости горизонтальной части антенны.

В-третьих, необходимо было уменьшить потери в изоляции проводов антенны от опор. Это была трудная задача, так как при напряжениях до 160 кВ и при необходимости выдерживать механическую нагрузку на растяжение в 1,5–2 т, создать высокочастотные материалы с малыми потерями было весьма сложно.<sup>1</sup> Эта задача была решена как повышением качества изоляции, так и применением электростатической защиты изоляторов. Тело керамического изолятора защищалось от протекания токов смещения специальными конусными головками, и токи смещения пропускались помимо него по воздуху. Широкое применение получили основанные на этом принципе палочные изоляторы английской фирмы "Буллерс".

В-четвертых, следовало уменьшить потери в местах ввода антенн в помещение радиостанций. Для решения этой задачи было решено повысить качество изоляции и применять параллельное включение вводов при монтаже самих вводов на толстых зеркальных стеклах.

В-пятых, для уменьшения потерь в органах настройки требовалось изучение теории скин-эффекта в катушках и конструирование каркасов для уменьшения диэлектрических потерь. Задача была решена для волн длиннее 2000–3000 м и путем применения специального высокочастотного провода, сплетенного из многих тонких эмалированных проводов, получившего название литцендрата. Для станций в 500 кВт диаметр его доходил до 5 см. Уменьшение диэлектрических потерь достигалось применением для каркаса специальных сортов сухой древесины, так называемого белого дерева, получаемого из некоторых тропических древесных пород.

Однако, самой сложной проблемой при повышении коэффициента полезного действия антенн оказалась задача уменьшения сопротивления заземления. При ее решении происходило небезынтересное соревнование основных радиотехнических фирм мира: Маркони, "Телефункен" и Французской генеральной компании.

Фирма Маркони решила задачу снижения потерь путем применения воздушных противовесов, исходя из работ английского ученого Т. Л. Эккерслея.<sup>2</sup>

Французская генеральная компания решила ее путем сплошной металлизации с индивидуальными настраиваемыми ответвлениями от отдельных точек заземления. Французская система оказалась очень удобной для больших Т- и Г-образных антенных систем.<sup>3</sup>

Наиболее широко к решению проблемы заземления подошла фирма "Телефункен". Экспериментальные работы по исследованию методов снижения потерь заземлений были проведены известным немецким ученым и изобретателем А. Мейсснером.<sup>4</sup> Он же исследовал методы работы в одном центре нескольких передающих антенн одновременно.<sup>5</sup> В указанных работах Мейсснер рассматривает технику выполнения заземлений для основных типов антенн. Кроме того, он установил оптимальное число проводов заземлений для различных Г-образных антенн. Его опыты в основном подтвердили упоминавшиеся ранее выводы Труэ и Райха.

В проводной связи довольно быстро нашла применение дуплексная работа, в то время как радиосвязь в первые годы своего существования допускала лишь симплексный обмен, сущность которого состоит в том, что радиотелеграфист сначала передавал радиограмму, а потом выключал передатчик и, включив на ту же антенну

<sup>1</sup> Луценко Н. Н. К вопросу о расчете изоляторных подвесок для радиотелеграфных сетей // Телеграфия и телефония без проводов, 1919, №5.

<sup>2</sup> Eckersley T. L. An investigation of transmitting aerial resistances // JIEE, 1922, v. 60, №309.

<sup>3</sup> Bouvier P. Antennen mit Vielfach-Erdung // Jahrb. Drahtlos. Telegr. u. Teleph., 1923, Bd. 22, H 1.

<sup>4</sup> Meissner A. Über den Erdwiderstand von Antennen // Jahrb. Drahtlos. Telegr. u. Teleph., 1921, Bd. 18, H. 5.

<sup>5</sup> Meissner A. Über Raumstrahlung // Telefunken-Ztg, 1923, №29.

приемник, получал ответ. Организация симплексной работы была самой различной и определялась прежде всего тем, что в одном помещении одновременно не могли работать передающее и приемное устройства.

Ближнее поле передающей антенны оказывалось настолько сильным, и к тому же у искровых передатчиков захватывало такую широкую полосу частот, что осуществить одновременно прием и передачу в одном помещении было невозможно. Использование одной и той же антенны для приема и передачи вызывалось также невысоким еще уровнем техники как антенных, так и приемных устройств. При слабой чувствительности детекторных приемников требовалась большая действующая высота приемной антенны, поэтому антенное сооружение как элемент или отдельное звено системы связи изменялось по мере того, как изменялись радиоприемные устройства.

В условиях использования кристаллического детектора и усилителей вскрылась непригодность применения высоких передающих антенн в качестве приемных. Уровень шумов у высоких антенн оказался непропорционально больше, чем у низких. Для уменьшения влияния своего передатчика на приемно-передающем устройстве потребовалось удаление приемной антенны за пределы ближней зоны поля антенны передатчика, т. е. по крайней мере на одну длину волны.

Первая дуплексная работа была проведена между Германией и Америкой (Айльвезе – Туккертон) в 1911 году.<sup>1</sup> Приемный пункт в Гагене на германской стороне этой радиолинии был удален на несколько десятков километров от передатчика и для приема была использована низкая антенна в один провод длиной в несколько километров. Эту антенну можно рассматривать как прообраз антенн бегущей волны, изобретенных в 1923 году в США Г. Бевереджем. Вскоре выделенный прием получает всеобщее применение для радиотелеграфной связи. В России Военное ведомство в 1914 году также организует дуплексную связь и строит с началом Первой мировой войны радиоцентр в Твери для приема радиogramм от союзников и ведения радиоперехвата германских телеграмм.<sup>2</sup>

Специфика дуплексной связи с выделенным приемным центром привела к изобретению наиболее подходящих для этого антенных систем. Простые вертикальные антенны небольшой высоты почти сразу же заменяются направленными антеннами, конструкции которых уже были достаточно хорошо известны. В 1900 году И. Ценнек изобрел антенну, состоящую из двух вертикальных антенн. В первую антенну включался приемник, а вторая настраивалась в резонанс на рабочую частоту. В 1904 году американский радиоинженер Ли де Форест впервые предложил для целей радиоприема рамочную антенну.<sup>3</sup> В 1905 году К. Ф. Браун изобрел антенну из трех проводов, которые работали с определенным сдвигом фаз. За период времени с 1902 по 1913 год он же разработал рамочную антенну, т. е. антенну, состоящую из нескольких витков, намотанных на каком-либо каркасе. Практически эта антенна является развитием резонатора Г. Герца в более конструктивной для длинных волн форме.<sup>4</sup>

Весьма интересной работой в области создания антенн направленного действия было предложение Г. Пикара (1907) использовать комбинацию рамочной антенны и вертикального провода для получения кардиоидной диаграммы направленности приемной антенны.<sup>5</sup> Диаграмма направленности таких антенн имела минимум, направленный назад, что уменьшало помехи при приеме и, кроме того, они позволяли решить задачу пеленгации, т. е. определить направление на источник радиоизлучений. Впоследствии кардиоидные антенны нашли широкое применение в пеленгаторной

<sup>1</sup> Hogan J. L. The Goldschmidt Transatlantic Radio Station Tuckerton // *Electr. World*, 1914, v. 64.

<sup>2</sup> РГВИА Ф. 811. Оп. 1. Д. 2, 18, 19, 26. Архив ЦМС Ф. Радио Оп. 1. Ед. хр. 1, 328, 331, 338.

<sup>3</sup> De Forest L. Pat. 771819 (U.S.), 1904.

<sup>4</sup> Braun F. On directed wireless telegraphy // *Electrician*, 1906, v. 57, № 6,7.

<sup>5</sup> Pickar G. W. Static elimination by directive reception // *Proc. IRE*, 1920, vol. 8, №10.

технике. К этому времени в технике антенн твердо сформировалось понятие "диаграмма направленности" антенны как важный ее параметр, под которым понимался пространственный график интенсивности сигнала для приемных антенн, а для передающих – излученной мощности.

В 1908 году Э. Беллини и А. Този изобрели свою гониометрическую антенну, состоящую из двух взаимно перпендикулярных рамок. В цепи обеих рамочных антенн включался гониометр, представлявший собой расположенные перпендикулярно катушки самоиндукции, между которыми вращалась третья катушка, индуктивно связанная с первыми двумя.<sup>1</sup> Система Беллини и Този, использованная в приемных антеннах, давала возможность изменять в пространстве диаграмму направленности антенн в целом. Это изобретение было существенным шагом в зарождении и развитии нового направления в радиотехнике, задачей которого являлось определение направления на работающий радиопередатчик и которое впоследствии сформировалось в самостоятельную область радиотехники – радиопеленгацию.

### ЭВОЛЮЦИЯ ЗНАНИЙ В ОБЛАСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ РАДИОВОЛН

В ранний период развития радиосвязи были предложены в основном три механизма дальнего распространения радиоволн: распространение посредством поверхностной волны вдоль земли, дифракция волн за горизонт (т. е. за пределы прямой видимости) и ионосферное распространение.

**Этап накопления эмпирических знаний по механизму распространения радиоволн** После удачных опытов А. С. Попова, регистрировавшего своим приемником грозовые разряды на расстоянии 25–30 км, стало ясно, что такой же или даже большей дальности можно добиться, используя радиопередающую аппаратуру. Увеличение радиуса действия своих приборов явилось главным направлением дальнейших опытов А. С. Попова, проводившихся им на флоте.

Из зарубежных исследователей, занимавшихся опытами по радиосвязи, на первое место по их результативности вскоре, опережая своих конкурентов, вышел Г. Маркони. Используя свои организаторские и коммерческие способности, он учредил фирму, в которой стали работать многие видные ученые и инженеры. Широкий размах опытов, которому способствовало их надлежащее интеллектуальное и финансовое обеспечение, позволили Маркони добиться больших дальностей передачи раньше, чем это удалось другим ученым.

Об особенностях распространения радиоволн тогда думали очень мало. Все заботы экспериментаторов были направлены на улучшение аппаратуры, а радиоволны считались изученным явлением, подчинявшимся уравнениям Максвелла с теми дополнениями, которые были внесены в них Герцем. Считалось, что электромагнитные волны не могут огибать кривизну Земли, поэтому стремились делать антенны приемника и передатчика взаимно видимыми.<sup>2</sup>

И все же с первых опытов по радиосвязи начал накапливаться экспериментальный материал об особенностях распространения электромагнитных волн, о свойствах реального околоземного пространства, роли Земли, влиянии проводящих и непроводя-

<sup>1</sup> *Bellini E. und Tosi A. System einer gerichteten drahtlosen Telegraphie // Jahrb. drahtlos. Telegr. u. Teleph., 1908, Bd. 1.*

<sup>2</sup> Например, в 1899 году после опытов по радиосвязи во время морских маневров в Англии, где была достигнута дальность радиосвязи в 60 морских миль, Маркони заявил, что для дальнейшего увеличения дальности связи "по геометрическому вычислению потребовалось бы установить мачты в 700 футов высоты в каждом конце, ...чтобы прямая линия между их вершинами возвышалась над кривой поверхности земного шара" (Действие беспроволочного телеграфа во время морских маневров в Англии // Почтово-телеграфный журнал. Отдел неофициальный. 1899, ноябрь, с. 1161).

щих предметов на пути их распространения. Стало ясно, что распространение радиоволн в реальных условиях значительно отличается от распространения их в лабораторных опытах Герца между симметричным вибратором и приемной рамкой. Во-первых, на практике получили применение несимметричные вертикальные излучатели. Во-вторых, эти антенны имели заземление. Кроме того, в реальных условиях волны распространялись вдоль земной или водной поверхности в атмосфере, имеющей облака, туман, дождь и пр. Все эти факторы не могли не влиять на характер прохождения радиоволн и, конечно, требовали осмысления и научного объяснения. Это было тем более актуально, что многие наблюдавшиеся факты противоречили результатам классической теории Максвелла-Герца. В целом представления о распространении радиоволн были ограничены и неясны.

В ходе первых же опытов постепенно стали накапливаться наблюдения, позволившие впоследствии разработать более подробные и близкие к действительности выводы о природе распространения электромагнитных волн. Так, уже в 1897 году А. С. Попов указывал, что на распространение радиоволн от вертикального заземленного вибратора влияют такие предметы как мачты, трубы, снасти кораблей и не мешают туман, дождь и снег.<sup>1</sup> В 1899 году немецким исследователем А. Слаби было замечено, что связь над морем может быть осуществлена на расстоянии в 2–3 раза больше, нежели над сушей. Он указал также, что электрические возмущения легче следуют вдоль проводников.<sup>2</sup> Поповым в 1900 году была высказана мысль, что при использовании комбинации заземления и вертикальной антенны наряду с волнами того же типа, что и излучаемые вертикальным вибратором Герца, излучаются волны, распространяющиеся вдоль поверхности земли.<sup>3</sup> К подобному же выводу пришел через 10–12 лет известный немецкий физик А. Зоммерфельд, а также многие другие ученые.

В ходе позднейших исследований подтвердилось также и другое наблюдение Попова. Было однозначно установлено мешающее действие различных предметов, находящихся на пути радиоволн, таких, как лес, острова, корабли и т. п.

В 1905 году Д. Маццотто предположил, что радиоволны движутся вдоль земли, как бы скользя над ней, огибая все препятствия, тогда как вдоль водной поверхности этот путь был менее протяженным. Этим он объяснял большую дальность распространения волн над водой.

Среди первых описаний характера распространения радиоволн от заземленного вертикального вибратора наиболее физически правильное объяснение этого процесса дал А. С. Попов. Он считал (1900), что эти волны сохраняют вид волн Герца от вибратора с "вертикальной осью", на которые накладываются ("присоединяются") возмущения, идущие по поверхности земли, в результате чего и сказывается влияние предметов, находящихся на земле (лесных и горных массивов, населенных пунктов, судов с металлическим такелажом и т. п.).<sup>4</sup>

Весьма обескураживающей поначалу казалась способность радиоволн распространяться за горизонт. Еще в опытах 1899–1900 годов А. С. Попов обнаружил эту особенность при дальности связи 150 км. И хотя Г. Герц в опытах с короткими электромагнитными волнами наблюдал явление их дифракции, этот факт требовал новых как экспериментальных, так и теоретических обобщений. Уже первые опыты радиосвязи на море показали способность радиоволн огибать препятствия в пределах прямой видимости. В опытах 1897 года на кораблях Учебно-минного отряда П. Н. Рыб-

<sup>1</sup> Отчет об опытах электрической сигнализации без проводников, произведенных на Минном отряде в кампанию 1897 г. (РГА ВМФ Ф. 440. Оп. 1. Д. 108. Л. 48–52).

<sup>2</sup> Slaby A. Die Funkentelegraphie. 2-e Aufl. Berlin, 1901.

<sup>3</sup> Попов А. С. Телеграфирование без проводов // Физико-математический ежегодник. 1900, №1, с. 100–121.

<sup>4</sup> Попов А. С. Телеграфирование без проводов // Физико-математический ежегодник. 1900, №1, с. 100–121.

кин заметил влияние пересекавшего линию прямой видимости корабля на характер связи. А. С. Попов объяснил это явление отражением волн, но предположил также, что тут проявляется дифракция.<sup>1</sup> И если на малых расстояниях еще могли быть сомнения во влиянии дифракции на загоризонтное распространение радиоволн, то они рассеялись после опытов по радиосвязи через Атлантику.

Основной целью всех исследований и опытов описываемого времени было, как уже отмечалось, "завоевание пространства". Увеличение дальности действия радиостанций происходило очень быстро. Так, если в 1897 году дальность действия радиостанций А. С. Попова составляла 5 км, то в 1899 году она равнялась 35 км, а летом 1901 года достигла 150 км.

Еще значительнее были расстояния, достигнутые фирмой Маркони, получившей вскоре после своего образования поддержку со стороны правительства и общественности Великобритании, заинтересованных в оснащении флота новым средством связи, а также в установлении связи с многочисленными заморскими владениями. В мае 1897 года Маркони осуществил связь на расстояние 16 км. В 1899 году связь была осуществлена им через Ла-Манш (74 км). К январю 1901 года было достигнуто расстояние 286 км, а в декабре 1901 года передача станции в Поладью (Англия) была принята Маркони в Ньюфаундлене на расстоянии около 3500 км.<sup>2</sup> В феврале 1902 года достигнутая дальность составила 4000 км. Вскоре она выросла до 5000 км, а затем и еще более – фирмой Маркони была установлена связь с Южной Америкой на расстоянии 10000 км.<sup>3</sup>

В ходе проведения опытов по радиосвязи через Атлантику, проводимых фирмой Маркони в 1902 году, была обнаружена зависимость прохождения радиоволн от времени суток – дальность действия радиолинии ночью была приблизительно в три раза больше, чем днем. При этом дневной сигнал, хотя и слабый, отличался большей устойчивостью, чем ночной, значительно превосходящий его по силе. Было отмечено также, что при связи на большие расстояния высота антенны не играет роли. Объяснения, данные этим явлениям Маркони, были совершенно ошибочными, но ценность самих наблюдений бесспорна. Правильного ответа на эти вопросы в то время не мог бы дать никто из ученых, работавших в области радио.

#### **Первые научные гипотезы по теории распространения радиоволн**

Осуществление трансатлантической связи привлекло к вопросам распространения радиоволн внимание выдающихся физиков и математиков Англии, Франции, США и Германии. Трудями многих ученых была постепенно создана теория, удовлетворительно объяснявшая экспериментальные данные. Одновременно с дифракционными воззрениями в начале XX века были высказаны предположения о возможном влиянии на дальнейшее распространение волн также ионизированных газовых слоев в атмосфере.

<sup>1</sup> Отчет об опытах электрической сигнализации без проводников, произведенных на Минном отряде в кампанию 1897 г. (РГА ВМФ Ф. 440. Оп. 1. Д. 108. Л. 48–52).

<sup>2</sup> Это общеизвестный факт, тиражируемый отечественной и зарубежной историографией. Однако Л. Крыжановский и Дж. Рыбак пишут по этому поводу: «...в 1901 г. Маркони задумал грандиозную демонстрацию: показать возможность трансатлантической радиосвязи. С передающей станции в Поладью (Англия) на приемную станцию на холме Сент-Джонс (Ньюфаундлен, Канада) в определенное время азбукой Морзе передавалась буква "S" (три точки). При этом Маркони с помощником вели прием на слух с помощью наушника. До сих пор достоверно неизвестно, принял ли Маркони 12 декабря 1901 г. в самом деле сигналы "S" или это были атмосферные помехи». Свое сомнение названные авторы основывают на принципиальной невозможности достижения таких расстояний с учетом условий распространения радиоволн, отмечая, что "...длина волны (оценки колеблются в пределах от 366 до 3000 м) и время суток (день) были выбраны неудачно" (Крыжановский Л., Рыбак Дж. Гульельмо Маркони и зарождение радиосвязи // Радио. 1995, № 1, с. 16).

<sup>3</sup> В первые же годы применения радиосвязи станции создавали взаимные помехи одна другой и работа обычно проводилась поочередно, по расписанию. К 1899 году Маркони осуществил одновременную радиосвязь нескольких пар станций, что считалось тогда большим достижением (См.: Косиков К. М. Развитие знаний о распространении и применении радиоволн. – В кн.: Очерки истории радиотехники. М., 1960, с. 307).



Так, уже в 1902 году А. Кеннели и независимо от него О. Хевисайд высказали предположение о том, что распространение радиоволн на большие расстояния можно объяснить наличием электропроводящего слоя в верхних областях атмосферы.<sup>1</sup> Согласно их гипотезе, радиоволны распространяются как бы между двумя искривленными направляющими поверхностями – моря и "проводящего" атмосферного слоя. Однако это мнение, далеко опережавшее уровень знаний того времени, не находило поддержки среди большинства ученых в течение почти десятилетия. Многие физики согласились с мыслью И. Ценнека о невозможности объяснить разницу в слышимости и дальности связи днем и ночью повышением электропроводности воздуха вследствие дневной ионизации. А. Тейлор, а затем Дж. Флеминг объясняли эту разницу именно ионизацией. Но они считали, что ионизированный светом воздух становится как бы "мутной" средой для радиоволн.

Пожалуй наиболее верно загоризонтное распространение радиоволн объяснялось в книге А. Риги и Б. Дессау.<sup>2</sup> По аналогии со световыми волнами и звуком авторы предлагали считать, что радиоволны огибают предметы путем дифракции в том случае, если длина волны превышает размеры препятствия. Поэтому длинные волны, соизмеримые с размерами находящихся на пути радиотрассы объектов, способны распространяться далеко за горизонт.

Таким образом, в течение первого десятилетия радиосвязи были очерчены области явлений, связанных с распространением длинных и сверхдлинных радиоволн в двух зонах – ближней (когда кривизной земли можно пренебречь) и загоризонтной (где сказывается дифракция, а в ряде случаев и ионизация атмосферы).

К концу периода применения затухающих волн еще не существовало прочного теоретического базиса, не сложились единые научные представления о физической картине распространения радиоволн; однако уже появились отдельные гипотезы, отдельные теоретические взгляды, подтвержденные практическими результатами.

Для объяснения явлений в ближней зоне, где кривизной Земли можно пренебречь, наиболее интересных результатов достигли И. Ценнек и А. Зоммерфельд.

В 1907 году Ценнек, исследуя задачу о волнах над плоской поверхностью, обнаружил, что уравнения Максвелла допускают существование "поверхностных" волн, распространяющихся вдоль поверхности раздела двух сред с фазовой скоростью, зависящей от свойств среды, и экспоненциально убывают по нормали к поверхности.<sup>3</sup> Когда поверхность раздела идеально проводящая, волна переходит в обычную плоскую волну (при этом Ценнек не касался условий возбуждения волн). Простота подхода Ценнека побудила Зоммерфельда в 1909 году при решении задачи о волнах, возбужденных диполем у поверхности Земли, искать поле вдали от источника в виде ценнековской поверхностной волны.<sup>4</sup> Решая задачу несколько иным способом, Х. Вейль получил результат, не содержащий эту волну.<sup>5</sup> Оказалось, что Зоммерфельд допустил при вычислении интеграла ошибку в знаке, и это привело к неправильному результату. На ошибку Зоммерфельда указал в середине 30-х годов В. А. Фок.

К 1912 году назрел кризис в знаниях о распространении радиоволн, так как дифракционная теория не могла объяснить наблюдаемых явлений, равно как и другие

<sup>1</sup> Kennely A. On the elevation of the electrically induction ...// Elec. World, 1902, vol. 39. Heaviside O. Telegraph theory // Encycl. Brit., 1902, vol. 10, № 35.

<sup>2</sup> Righi A., Dessau B. Die Telegraphie ohne Draht. Braunschweig, 1903.

<sup>3</sup> Zenneck J. Über die Fortpflanzung ebener elektromagnetischer Wellen langs einer Leiterfläche und ihre Beziehung zur drahtlosen Telegraphie // Ann. Phys. und Chem., 1907, Bd. 28.

<sup>4</sup> Sommerfeld A. Über die Ausbreitung der Wellen in der drahtlosen Telegraphie // Ann. Phys. und Chem., 1909, Bd. 28.

<sup>5</sup> Weyl H. Ausbreitung elektromagnetischen Wellen über einem ebenen Leiter // Ann. Phys. und Chem., 1919, Bd. 60.

теории, выдвинутые к тому времени. Чрезвычайно ценным для ученых был обмен мнениями при обсуждении доклада Дж. Флеминга на проходившей в 1912 году конференции Британской ассоциации наук. Отвечавший на многочисленные вопросы участников А. Зоммерфельд как бы подвел итог исследованиям, связанным с распространением радиоволн.<sup>1</sup> Несостоятельность дифракционной теории была доказана в выступлениях У. Икклза, А. Никольсона, Г. Хоу и других ученых. Икклз, опиравшийся на опыт, накопленный к этому времени в радиосвязи, и на гипотезу А. Кеннели и О. Хевисайда выдвинул теорию ионной рефракции, гораздо лучше объяснявшую распространение волн на большие расстояния. Эта теория в скором времени стала находить все большую поддержку в среде ученых, которые стали отходить от дифракционной теории.

Несмотря на отсутствие правильных представлений о механизме распространения радиоволн, радиосвязь развивалась быстро и успешно. После осуществления межконтинентальной связи встал вопрос о повышении надежности радиосвязи, причем, естественно, в первую очередь на большие расстояния.

В первом десятилетии XX века не существовало общепринятого критерия надежности радиосвязи. Различные фирмы "гарантировали" при одинаковых примерно мощностях различные дальности связи. При этом условия распространения волн не принимались в расчет при заказе радиостанций. Решающими факторами при выборе системы были конструкция аппаратуры и такие, не относящиеся к технике обстоятельства, как престиж фирмы.

#### **Начало исследовательских работ в области распространения радиоволн**

Отставание теории распространения волн привело к повышению роли наблюдений, проводимых в ходе эксплуатации радиоаппаратуры. В числе важных результатов, полученных практиками, следует отметить известное уже в то время всем радистам ухудшение приема на волнах 150–3000 м во второй половине дня по сравнению с первой. Ухудшение связи во время утренней полутени было отмечено на радиостанциях компании Маркони в первые же годы применения радио.

Большой интерес вызвал характер воздействия атмосферных помех на радиосвязь. Этому вопросу был посвящен ряд исследований того времени. Так, А. Никольсон, наблюдая за атмосферными помехами в 1912 году, пришел к правильным выводам о их природе и местах возникновения. Он обнаружил, что усиление и ослабление атмосферных помех происходит одновременно с усилением и ослаблением сигналов дальних станций. Другой исследователь – У. Икклз нашел, что число и сила разрядов при восходе и заходе солнца изменяется так же, как и сила сигналов дальних станций. В 1912 году во время солнечного затмения он наблюдал, что рост уровня атмосферных помех соответствует возрастанию сигнала дальних станций по мере увеличения солнечной тени. В те же годы А. Тейлор впервые заметил улучшение радиосвязи в высоких широтах во время полярных сияний.

Результаты наблюдений позволили уже в то время определять наилучшее время для связи. Так, например, в 1914 году международная линия радиосвязи между Россией и союзниками по Антанте работала с захода солнца до 10–12 часов утра, так как позднее увеличивался уровень атмосферных помех.<sup>2</sup>

Потребность в более точной количественной оценке распространения радиоволн постепенно нарастала. Для определения надежности радиосвязи необходимо было знать изменение силы сигнала с расстоянием. В этом отношении важной была рабо-

<sup>1</sup> Заборщиков Ф. Я., Федякина Н. И. О связи между полярными сияниями, распространением радиоволн, магнитными и ионосферными возмущениями // Проблемы Арктики. 1957, №2.

<sup>2</sup> РГИА Ф. 1289. Оп. 12. Д. 1784. Л. 97.

та, проведенная В. Дудделем и А. Тейлором; они установили, что уменьшение силы сигнала обратно пропорционально расстоянию в пределах до 100 км, т. е. при распространении волн вдоль Земли.

В 1909–1910 годах в США Л. Остин проводил важные экспериментальные исследования по распространению радиоволн над морем на волнах от 1000 до 3750 м на расстояниях до 2000 км. В результате этих исследований была получена экспериментальная формула, из которой следовало, что более длинным рабочим волнам соответствует большая сила сигнала в приемной антенне. На основании этих данных радиотехника становится на путь применения более длинных волн и тем самым все более высоких и сложных антенн, а также более мощных передатчиков. С учетом влияния длины волны на дальность передачи были выработаны рекомендации по использованию различных участков спектра для конкретных радиолиний: от 150 до 500 м – на малых судах, от 300 до 1200 м – на больших судах, от 300 до 3000 м – на береговых станциях, от 3000 до 10000 м – на станциях для связи в пределах одного континента, от 5000 до 20000 м – на станциях для межконтинентальной связи.

Уже к концу первого десятилетия XX века применение радиосвязи стало всеобщим. Так, если к 1 июня 1908 года по статистическим сведениям Международного бюро телеграфных управлений в мире насчитывалось 332 радиостанции (береговых – 76, судовых – 246),<sup>1</sup> на 1 января 1911 года – уже 1740 (без США) радиостанций (258 – береговые и 1482 – судовые),<sup>2</sup> то на 15 сентября 1912 года этот показатель составлял 2121 радиостанций (298 береговых и 1824 судовых).<sup>3</sup> Быстрый рост числа действующих радиостанций сделал необходимым расчет линий радиосвязи, т. е. определения мощности, потребной для создания достаточной напряженности поля в точке приема. Первые неудачные попытки таких расчетов делались сразу же после осуществления дальних передач. Однако только после опубликования работы Л. Остина эти расчеты стали возможны. Способы расчета линий были предложены в 1912 году в Японии (М. Китакура) и в России (Д. М. Сокольников).<sup>4</sup>

Таким образом, в первое двадцатилетие развития радиосвязи теоретически было установлено, что радиоволны, возбуждаемые реальными антеннами, представляют собой обычные пространственные волны, распространяющиеся со скоростью, близкой к скорости света. Явления, изученные И. Ценнеком, А. Зоммерфельдом и другими учеными, конечно, не только наблюдались на затухающих колебаниях, но и характеризовали незатухающие колебания. В этом их непреходящее значение для всей последующей радиотехники.

Попытки решить задачу для загоризонтного распространения были сделаны сразу же после обнаружения этого явления. В 1907 году И. Ценнек пытался представить этот случай как аналогию движения волны по лехеровской линии, считая Землю такой большой линией. В решении дифракционной задачи участвовали видные математики, такие как Г. Макдональд, А. Пуанкаре, Дж. Рэлей, А. Никольсон, Рыбчинский и др.<sup>5</sup> Но решения были либо неполными, либо неверными из-за неточных начальных допущений. И только в 1928 году Ватсон получил достаточно точное и строгое решение задачи.

<sup>1</sup> Крылов С. Б. Международно-правовое регулирование радиосвязи и радиовещания. М., 1950, с. 25.

<sup>2</sup> Косиков К. М. Развитие знаний о распространении и применении радиоволн. – В кн.: Очерки истории радиотехники. М., 1960, с. 312.

<sup>3</sup> Очерк развития радиотелеграфных сообщений в России и за границей. СПб., 1913, с. 32. При этом следует уточнить, что согласно официальным данным, издаваемым Бернским Международным телеграфным бюро, в бюллетене значилось всего 22 радиостанции России, в то время как их было 260 без учета установок научно-учебного характера (4 станции) и военно-полевых станций.

<sup>4</sup> Сокольников Д. М. К вопросу о расчете радиотелеграфных станций // Вестник телеграфии без проводов. 1913, №4.

<sup>5</sup> Rayleigh, Lord. On the bending of waves spherical obstacle // Proc. Roy. Soc. London., 1904, vol. 72.

## НОВЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИОТЕХНИКИ

Несмотря на техническое несовершенство и примитивность способов использования радиотехники раннего периода ее развития, она находит широкое применение не только для транспортировки информации, но и для решения насущных задач в других отраслях.

### Применение радио в гидрометеорологической службе

Исторически первым применением радио явилась метеорология. Продемонстрированный 25 апреля 1895 года А. С. Поповым первый радиоприемник в том же году был приспособлен для регистрации гроз, получив название "грозоотметчика".<sup>1</sup> Для этого параллельно звонку было присоединено электромагнитное реле с самописцем и добавлен барабан с бумагой, вращаемый часовым механизмом. Переделанный таким образом прибор А. С. Попов летом 1895 года передал своему товарищу по университету Г. А. Любославскому, профессору Петербургского лесного института, заведовавшему метеорологическим кабинетом. Здесь регистратор гроз был присоединен к приемной антенне – проводу, укрепленному на мачте, стоявшей на крыше. В том же 1895 году А. С. Попов, работая летом на электростанции в Нижнем Новгороде, изготовил еще один регистратор гроз и пользовался им для предупреждения о приближении грозы, во время которой, по правилам того времени, следовало выключать и заземлять воздушные линии электропередачи. Позже свой регистратор гроз А. С. Попов экспонировал на Всероссийской промышленной и художественной выставке 1896 года в Нижнем Новгороде. Этот прибор был удостоен диплома II степени.<sup>2</sup> Впоследствии радио настолько сильно соединилось с метеорологией, что открывшаяся в 1916 году на о. Диксон станция получила наименование "гидрометеорологической радиостанции".<sup>3</sup>

### Радио в международной системе точного времени

Другим ранним применением радио, вызванным потребностями социально-экономического и культурного развития цивилизации, явилась передача сигналов точного времени. Начало передачи сигналов времени было положено Канадой, которая в 1907 году организовала такие передачи с радиостанции Галифакс. В том же году аналогичные передачи начала производить радиостанция США в Арлингтоне близ Вашингтона. С 1910 года к названным двум радиостанциям в Америке присоединились две станции в Европе: Норддейх в Германии и Эйфелева башня во Франции.<sup>4</sup>

Для создания международной системы передачи сигналов точного времени в 1912 году в Париже состоялась международная конференция,<sup>5</sup> в работе которой приняли участие делегаты от 16 стран Европы и Америки. На конференции было решено унифицировать как форму передачи сигналов времени, так и ее организацию, определить состав предназначенных для данной цели радиостанций с мощностью до 100 кВт, а также разделить сигналы времени на три группы.

Первая группа объединяла "сигналы времени обыкновенные" с погрешностью не более 0, 5 сек., используемые для нужд мореплавателей, метеорологических и сейсмических станций, железнодорожного транспорта и общественных учреждений.

<sup>1</sup> Попов А. С. Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний // Журнал Русского физико-химического общества. Часть физич. 1896, т. XXVIII, вып. 1, отд. 1, с. 12.

<sup>2</sup> Общий указатель Всероссийской промышленной и художественной выставки 1896 года в Нижнем Новгороде. М., 1896, с. 17.

<sup>3</sup> Об организации гидрометеорологической радиостанции на о. Диксон (РГА ВМФ Ф. 404. Оп. 4. Д. 356. Л. 1–283). Об образовании метео- и гидрометеорологических станций в Белом море (РГА ВМФ Ф. 404. Оп. 4. Д. 342. Л. 8–32).

<sup>4</sup> РГИА Ф. 95. Оп. 6. Д. 1932. Л. 3.

<sup>5</sup> Отчет капитана 1 ранга А. М. Бухтеева о командировке в Париж в октябре 1912 года на Международную конференцию по вопросу о радиотелеграфной передаче времени (РГА ВМФ Ф. 404. Оп. 1. Д. 662. Л. 34).

Кроме обыкновенных сигналов времени конференция признала желательным иметь специальные сигналы для целей научных (введение единого времени, исследование ходов маятников и хронометров, определение точных географических координат и т. п.), которые были включены в группу "сигналы времени ритмические" и имели погрешность до 0,01–0,02 сек. Третья группа сигналов предусматривала "объединение времени для всех стран Земли", т. е. общемировую систему точного времени.

Для передачи сигналов точного времени были рекомендованы 9 радиостанций, расположенных в различных точках земного шара: Сан-Фернандо (Бразилия), Норддейх (Германия), Масауа (Эритрея), Могадишо (Сомали), Арлингтон, Манила и Сан-Франциско (США), Париж (Франция) и Томбе (Судан).

Так как каждая радиостанция применяла до этого индивидуальную форму радиосигнала для передачи сигналов точного времени. Различие структуры радиопередач каждой станции было сопряжено с определенными неудобствами при их использовании, в связи с чем конференция выработала единую структуру радиопередачи сигналов точного времени. Передача сигналов производилась в конце последних трех минут отведенного каждой радиостанции полного часа среднего гринвичского времени. При этом сам сигнал точного времени состоял из предварительного и непосредственно самого сигнала. Если сам сигнал точного времени для каждой из трех последних минут часа имел одну и ту же форму (три тире), то предварительный сигнал для каждой минуты имел свою форму: для 57-й минуты – тире и три точки, 58-й минуты – тире и точка, 59-й минуты – два тире и точка.

Таким образом, структура сигнала точного времени выглядела следующим образом. В 57 мин. 00 сек., т. е. за три минуты до точного полного часа среднего гринвичского времени, радиостанция начинала передачу "подготовительного" сигнала (тире и две точки). В 57 мин. 50 сек. этот сигнал заканчивался, и в 57 мин. 55 сек. осуществлялась передача сигнала точного времени, состоящего из трех тире. На 58 минуте сигнал, состоящий из тире и точки, передавался в промежутки времени, кратные десяти секундам, а затем с 55-й секунды передавались три тире. Аналогичная структура сигнала была и на 59-й минуте текущего часа, с той лишь разницей, что с 10-й до 50-й сек. сигнал состоял из двух тире и точки. При этом манипуляция радиопередатчиком производилась автоматически от маятника хронометра обсерватории. Длительность тире составляла 1 сек., точки – 0,25 сек., промежуток между тире и точками – 1 сек.

**Первые попытки создания электронных средств массовой информации** Переход от искровых радиопередатчиков к методам генерирования незатухающих колебаний на начальном этапе радиотехники ставил в повестку дня возможность эффективной передачи по радио человеческой речи, что позволило бы наряду с передачей индивидуальных радиogramм осуществить широкоэшелонные передачи на массовую аудиторию, т. е. реализовать радиовещание. Однако дальше опытов, пусть даже весьма успешных, в данный период радиотелефония не продвинулась.

В связи с насущной социально-политической потребностью в информировании широких слоев населения по отдельным вопросам внутриполитической и международной деятельности правительств в различных странах предпринимались попытки применения для этих целей радиотелеграфных передач.<sup>1</sup> Так, после Февральской революции 1917 года в России Министерство почт и телеграфов внесло для рассмотрения в правительство законопроект об ассигновании 1,5 млн. рублей на реализацию проекта устройства к началу работы Учредительного собрания сети приемных радио-

<sup>1</sup> Глуценко А. А. План радиофикации России 1917 года. – В кн.: Наука и техника: вопросы истории и теории. СПб., 2000, с. 136, 137.

телеграфных станций в количестве до 1000 штук.<sup>1</sup> Медлительность правительства в решении данного вопроса, а затем события октября 1917 года не позволили провести предполагаемый план в жизнь, хотя все предпосылки для его осуществления были налицо – согласие Военного и Морского ведомств предоставить для передачи информации свои мощные радиопередатчики, готовность выделить для данной цели необходимую ссуду Всероссийскими земским и городским союзами и т. д.<sup>2</sup>

**"Лжепроекты" применения радиотехники в различных отраслях**

История развития радиосвязи на раннем этапе не обошлась и без нашествия большого числа авантюристов от радио, предложения которых были нереализуемы. Это в равной степени относится как к некоторым сомнительного происхождения "фирмам", так и отдельным "изобретателям", о чем красноречиво сказал А. А. Реммерт.<sup>3</sup>

"...радиотелеграф тотчас устремились применять ко всему. Стали изыскивать способы управлять всякими предметами на расстоянии. Особенную приманку составляли приборы для управления самодвижущимися минами и уничтожения поставленных минных заграждений. Так как мы в это время воевали с Японией, то предложениям разных предпринимателей не было конца. Каждый по присущему ему характеру, кто шепотом, кто авторитетно, стремился навязать нечто, изобретенное на свойствах радиотелеграфа, запрашивая с прелюбезной улыбкой такие цены, какие никакому аферисту не снились. Воистину это были радиоаферисты.

Сколько пришлось пережить весьма понятных тревожений и потратить упорного труда, чтобы уберечь наши русские денежки от их цепких рук. О национальном самолюбии не могло быть и речи: эти господа не признавали его в русских и неприятно удивлялись, наталкиваясь на препятствия, что в России могут что-либо знать дельно, а не только что книжно".

Причем зачастую свои предложения названные дельцы производили на самом высоком уровне. Например, при нахождении осенью 1910 года Николая II за границей к нему обратился американец Ф. Гарднер с просьбой о предоставлении ему концессии на эксплуатацию в России изобретения Н. Теслы о передаче электрической энергии на расстояние. Проситель обещал провести опыты, во время которых предполагал "перебросить без помощи проводов [электрическую энергию мощностью] 5 лошадиных сил на расстояние не менее 10 км, давать движение вперед и назад и останавливать железнодорожный вагон, посылать сигналы или телеграфировать, а также доказать в малом масштабе, что упомянутое изобретение не только может быть использовано в больших масштабах, но и будет иметь огромное значение для промышленности".<sup>4</sup> Заявление Гарднера удостоилось высочайшей резолюции: "Признавая желательным применить это изобретение в России ранее его распространения в других странах, предлагаю Совету министров обсудить доверительно предложения Гарднера и о приемлемости этого проекта мне доложить". В соответствии с указанием императора правительством были задействованы несколько министерств, Междуведомственное радиотелеграфное совещание, видные ученые, а на проверку оказалась полная несостоятельность предложенного технического решения.

Кроме того, весьма активно рекламировались радиоустановки, способные эффективно работать в условиях естественных и искусственных помех радиоприему, обеспечивавших скрытность действия и др. Предлагались также патенты на управляемые по радио мины.

<sup>1</sup> В конечном итоге циркуляром Министерства почт и телеграфов от сентября 1917 года начальникам почтово-телеграфных округов предписывалось "в целях быстрого и одновременного осведомления страны с важнейшими событиями дня, а также разгрузки проволочного телеграфа" устроить приемные радиостанции только в 173 населенных пунктах России (Архив ЦМС Ф. Радио. Оп. 1. Д. 1406. Л. 1, 3, 5, 7).

<sup>2</sup> РГИА Ф. 1276. Оп. 14. Д. 378. Л. 1, 2.

<sup>3</sup> РГА ВМФ Ф. 417. Оп. 1. Д. 3837. Л. 323.

<sup>4</sup> РГИА Ф. 1276. Оп. 6. Д. 348. Л. 1,7,10,12.

**Применение радиотехники в военном деле**

Существенным двигателем развития новых областей применения радио явилось военное дело. Говоря о новых применениях радиотехнических средств, следует особо остановиться на вопросах радиоэлектронной борьбы.<sup>1</sup>

Первые основы для начала работ по радиообнаружению различных объектов были заложены А. С. Поповым и П. Н. Рыбкиным, обнаружившими не в лабораторных опытах, а в реальных условиях явление рассеивания радиоволн корпусами и надстройками кораблей. Это очень важное открытие впоследствии легло в основу радиолокации и радионавигации. На основе эмпирического опыта уже к 1904 году в постановочном плане идея о возможности ведения радиоэлектронной борьбы сформировалась в среде военных специалистов. Однако именно русским морякам принадлежит безусловный приоритет в деле перевода радиоэлектронной борьбы из области общих теоретических рассуждений в плоскость конкретных практических действий. Первый шаг в этом направлении был сделан выдающимся русским флотоводцем вице-адмиралом С. О. Макаровым. Вступив после начала войны с Японией в командование флотом Тихого океана, он 7 марта 1904 года издает исторический приказ №27, заложивший основы радиоразведки и радиомаскировки в русском флоте. 2 апреля 1904 года под Порт-Артуром русские моряки впервые применили преднамеренные радиопомехи для нарушения радиосвязи противника. Документы японского генерального штаба убедительно свидетельствуют, что благодаря этим действиям была полностью нарушена корректировка по радио артиллерийского огня по кораблям Тихоокеанской эскадры на внутреннем рейде Порт-Артура. В последующем в течение 1904–1905 годов русские моряки еще неоднократно прибегали к созданию радиопомех при столкновениях с силами японского флота.

Здесь следует особо отметить то обстоятельство, что за рубежом эпоху радиоэлектронной борьбы в военном деле принято исчислять с августа 1914 года, когда в ходе начавшейся Первой мировой войны были отмечены первые на Западе факты применения радиопомех.

Особое место в истории русского флота занимает радиоразведка. Именно в русском флоте впервые были созданы первые специальные средства радиоразведки – радиопеленгаторы, организованы первые подразделения радиоразведки. В этом большая роль принадлежит начальнику Службы связи Балтийского флота капитану 2 ранга А. И. Непенину, начальнику Службы связи Черноморского флота капитану 2 ранга В. Н. Кедрину и флагманскому радиотелеграфному офицеру штаба Балтийского флота старшему лейтенанту И. И. Ренгартену.<sup>2</sup> Известная своими достижениями радиоразведка военно-морского флота Великобритании первыми своими шагами и успехами обязана именно русскому флоту, предоставившему в распоряжение английского адмиралтейства сигнальную книгу немецкого флота и другие материалы для криптоанализа перехваченных неприятельских радиogramм, обнаруженных капитаном 2 ранга А. И. Непениным на германском крейсере "Магдебург" 13 августа 1914

<sup>1</sup> Глуценко А. А. и др. Военно-морской флот России – колыбель радио. Петродворец, 1995, с. 25–27. Биккенин Р. Р., Глуценко А. А., Партала М. А. Очерки о связистах Российского флота, СПб., 1997, с. 33–51. Красин В., Глазунов В., Партала М. Радиоэлектронная борьба в военно-морском флоте. М., 1996, с. 13–29. Партала М. А. РЭБ: вначале были русские // Флот, 1994, 30 июня. Партала М. А. В начале эпохи радиоэлектронных войн: Исторический очерк о зарождении и начале развития радиоэлектронной борьбы. М., Изд. дом "Оружие и технологии", 2004. Радиоэлектронная борьба в Военно-морском флоте: От Порт-Артура до наших дней. М., Изд. дом "Оружие и технологии", 2004.

<sup>2</sup> Биккенин Р. Р., Глуценко А. А., Непенин А. И., Кедрин В. Н., Ренгартен И. И. – создатели радиоразведки Российского флота // Материалы 50-й научной конференции НТОРЭС им. А. С. Попова. СПб., 1996, с. 96, 97.

года. Развитие радиотехники, наряду с прорывом в решении целого ряда практических задач, вызвало к жизни и поставило в полный рост перед специалистами значительное число новых научно-технических проблем. Одно из наиболее значимых мест среди них заняла проблема обеспечения электромагнитной совместимости радиотехнических средств. Глубокое понимание специалистами флота причин возникновения проблем электромагнитной совместимости и путей ее решения привело к тому, что именно Морское ведомство России стало инициатором решения этого вопроса в общегосударственном масштабе.

### **Зарождение и распространение радилюбительского движения**

Первое двадцатилетие развития радиосвязи в мире интересно еще одной отраслью его применения – радилюбительством. Учитывая новизну новой подотрасли связи, нерешенность проблемы электромагнитной совместимости работающих станций, достаточную простоту перехвата ведущегося радиообмена и ряд других вопросов, многие государства ввели разрешительный порядок установки и эксплуатации радиостанций, согласно которому подвижные станции могли быть оборудованы лишь на судах, носящих флаг данной страны, а береговые – только учебными обществами и учебными заведениями для производства научных опытов и исследований. Открытие и использование радиостанций частным лицам не разрешалось. Исключением являлось законодательство США, где законом от 13 августа 1913 года допускалось устройство любых станций без получения соответствующего правительственного разрешения, не превышающих дальность действия одного штата ("не нарушающих юрисдикцию других штатов"). Возможно именно это способствовало массовому развитию радилюбительства в США, где вскоре появилось несколько сотен любительских станций. В 1914 году в США учреждена "Американская радиорелейная лига" ("American Radio League") – общество радилюбителей, одним из основателей которой был Хирам Перси Максим, американский изобретатель, сын знаменитого изобретателя пулемета.

Определенный интерес может представить развитие этого движения в России. За попытку устроить в домашних условиях любительскую радиостанцию без надлежащего разрешения представителей власти техник киевского железнодорожного телеграфа С. С. Жидковский был арестован и два месяца отбыл в тюрьме.<sup>1</sup>

Подводя итог, следует отметить, что путь развития раннего периода радиотехники не так уж сильно ознаменован вкладом в него представителей русской научной школы. Объяснение сложившегося прецедента кроется в экономическом и политическом положении тогдашней России. Видные зарубежные физики, математики и электрики, внесшие свой вклад в развитие фундаментальных и прикладных задач радиотехники, были объединены в лабораториях ведущих радиотехнических фирм Запада. Наша национальная буржуазия не проявила инициативы в создании отечественных предприятий, специализирующихся на выпуске радиооборудования, а правительство, прекрасно понимая необходимость в подобном шаге, не стимулировало деятельность предпринимателей в этой отрасли. В итоге у нас не нашлось центра, способного объединить отечественные научные силы, и видные русские ученые, инженеры и техники вынуждены были работать на иностранные радиозаводы.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Биккенин Р. Р., Глуценко А. А., Партала М. А. "Криминальный" итог начала радилюбительства в России // КВ журнал. 1998, №2, с. 55–60.

<sup>2</sup> Глуценко А. А. Деятельность иностранных фирм в России: подготовка специалистов или "утечка мозгов"? – В кн.: Материалы 55-й научно-технической конференции НТОРЭС им. А. С. Попова. СПб., 2000, с. 105–107.



Сведения о составе мировой радиотелеграфной сети к 1 января 1915 года\*

Государство	Береговые радиостанции			Судовые радиостанции					Всего
	общего назначения	спец. назначения	без обозначения	итого	общего назначения	спец. назначения	без обозначения	итого	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Австро-Венгрия	2	1	–	3	36	55	–	91	94
Аргентина	6	5	–	11	20	32	–	52	63
Бельгия с колониями	2	10	1	13	19	–	–	19	32
Болгария	1	–	–	1	–	–	–	–	1
Бразилия	17	11	–	28	–	33	31	64	92
Англия с колониями	66	35	16	117	1008	509	4	1521	1638
Канада	47	–	–	47	59	17	–	76	123
Германия с колониями	26	–	–	26	450	144	3	597	623
Дания	1	7	–	8	11	17	–	28	36
Доминиканская респ.	2	–	–	2	–	–	–	–	2
Испания с колониями	13	13	–	26	57	10	–	67	93
Италия с колониями	22	8	1	31	56	110	–	166	197
Китай	1	1	–	2	–	–	–	–	2
Либерия	2	–	–	2	–	–	–	–	2
Мексика	8	–	–	8	–	1	–	1	9
Монако	–	–	–	–	1	–	–	1	1
Нидерланды с колониями	11	3	–	14	93	30	–	123	137
Норвегия	7	1	–	8	35	29	1	65	73
Португалия с колониями	6	–	–	6	14	4	–	18	24
Россия**	19	13	–	32	43	83	–	126	158
Румыния	1	–	–	1	5	1	–	6	7
Сиам	–	2	–	2	–	3	–	3	5
США с колониями	103	48	22	173	485	34/219***	180	699	811
Уругвай	1	–	2	3	–	6	–	6	9
Франция с колониями	28	4	4	36	337	4/189***	–	341	377
Чили	–	6	–	6	5	25	–	30	36
Швеция	5	–	–	5	24	37	–	61	66
Япония	7	–	–	7	35	66	–	101	108
Итого	404	173	46	623	2800	1276	219	4295	4918

\*РГИА Ф. 273. Оп. 6. Д. 1860. Л. 111об., 112.

\*\*В отношении России сведения Бернского бюро не соответствуют действительному состоянию радиотелеграфной сети империи, так кроме станций, приведенных в данной номенклатуре, в стране имелось значительное количество радиостанций специального назначения Военного и Морского ведомств, количество которых не подлежало оглашению.

\*\*\* В знаменателе обозначено общее количество военных и военно-морских радиостанций.

Кроме того, как отмечается в отечественной историографии, российской науке больше свойственны фундаментальные исследования и в значительно меньшей степени – их практическое приложение. Так, в июле 1897 года, когда зарубежные и отечественные средства массовой информации восторженно отзывались об изобретении Маркони, "Петербургская газета" отмечала:<sup>1</sup>

"<...> скромность русских ученых и изобретателей поистине легендарна. В то время как на Западе малейшие технические нововведения рекламируются чуть ли не на всех перекрестках, весьма многие ценные изобретения русских техников остаются почти неизвестными публике. У нас существует еще традиционная боязнь рекламы, которая истому русскому человеку всегда представляется чем-то вроде шарлатанизма XIX века".

<sup>1</sup> Русский изобретатель // Петербургская газета. 1897, 8 июля.

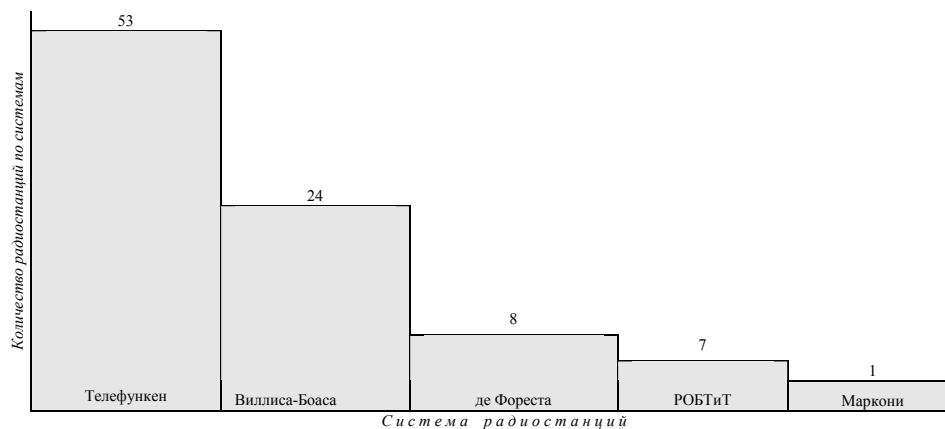
Характеризуя состояние радиосвязи в России в начале века, А. А. Реммерт так оценивал данную проблему.<sup>1</sup>

"...почему оспаривается у нас пальма первенства этого изобретения? ...мы посмотрели на открытие вместе с изобретателем глазами теоретиков, а Маркони с англичанами – глазами практиков. У нас теория – все, у них она тонет в практическом житейском море. Еще не успело изгладиться впечатление [от] изобретения, как за радиотелеграфирование взялись заграничные практики, и нас забили скопом, потому что у нас наиболее практичным был один А. С. Попов.

...наши русские ученые слишком далеки от практики. За что ни возьмешься в России, всегда столкнешься в конце концов с одним: отсутствием инициативы и практичности".

На 1 января 1915 года Бернским международным телеграфным бюро было зарегистрировано 4918 радиостанций, принадлежащих 28 государствам и образующих мировую радиотелеграфную сеть.<sup>2</sup> Из общего количества станций 623 относились к береговым установкам и 4295 были установлены на судах военного и коммерческого флотов.

Благодаря значительным финансовым средствам, вложенным в научные исследования в радиотехнике и привлечению для этого видных ученых и инженеров, а также образованием крупных радиотехнических фирм, специализирующихся на выпуске современных приемно-передающих устройств, ведущее место по радиовооруженности занимали Великобритания (1761 станция, или около 35,8% общемирового количества радиоустановок), Соединенные Штаты Америки (872 станции, или 17,7%) и Германия (623 станции, или 12,7%). Четвертое место с 377 радиостанциями занимала Франция, пятое – Италия с 197 станциями и шестое – Россия с 158 станциями,<sup>3</sup> из которых 93 (19 береговых и 74 судовых) предназначались для обмена публичной корреспонденции.<sup>4</sup> Распределение радиостанций общего пользования России по радиотелеграфным системам представлено следующей диаграммой.



Распределение радиостанций общего пользования России по радиотелеграфным системам

<sup>1</sup> РГА ВМФ Ф. 417. Оп. 1. Д. 3837. Л. 323.

<sup>2</sup> При этом необходимо иметь в виду, что с началом Первой мировой войны по соображениям секретности некоторые страны (в том числе и Россия) не представляли в Бернское бюро сведений о введенных в строй после начала боевых действий радиостанциях. В целом же динамика развития мировой сети радиостанций выглядела следующим образом: на 1 июля 1908 года в мире было 322 станции (76 береговых и 246 судовых), на 4 июня 1912 года – 1865 станций (286 береговых и 1577 судовых), на 15 сентября 1912 года – 2359 станций (371 береговая и 1998 судовых), на 1 января 1913 года – 4501 станция.

<sup>3</sup> В связи с этим следует отметить, что кроме Морского министерства и Министерства торговли и промышленности (точнее, Русского общества пароходства и торговли), наладивших выпуск радиоаппаратуры на своих предприятиях, все остальные ведомства ориентировались на поставки заграничных фирм или их филиалов, открытых в России под видом русских.

<sup>4</sup> РГИА Ф. 1289. Оп. 10. Д. 2420; Оп. 12. Д. 1795, 2802; Оп. 13. Д. 525, 544, 569, 1860.

Пройдет совсем немного времени и открытие А. С. Попова окажет огромное влияние на развитие мировой науки, найдет широкое применение в большинстве отраслей народного хозяйства и во всех видах вооруженных сил. Вместе с тем оно создаст благоприятные условия для развития ряда важнейших направлений в современной науке и технике, получивших широкое распространение на флоте, в армии и авиации. Так, радиолокация и радионавигация, радиоразведка и радиопротиводействие, радиометеорология и радиоастрономия своим появлением будут обязаны прежде всего радио. Развитие гидроакустики, средств проводной связи, электронно-вычислительной техники, автоматики и автоматизированных систем управления станет возможным только благодаря широкому использованию в названных областях элементов радиотехники. Появятся новые достижения мировой и отечественной науки и техники, новые имена. Однако мы всегда с уважением будем вспоминать имена первых ученых, инженеров и техников – творцов радиотехники и радиоэлектроники.