

МУЛЬТИМЕДИЙНЫЙ КУРС ЛЕКЦИЙ 
по дисциплине «История радиотехники» для студентов,
обучающихся по специальности 210601.65
«Радиоэлектронные системы и комплексы» и направления
подготовки 210400.62 «Радиотехника»

**Лекция 4. Первые шаги развития
радиотехники и связи (1895-1920).
Создание первого радиоприемника.
Противостояние Попов – Маркони.
Создание диода, триода.**



План лекции 4

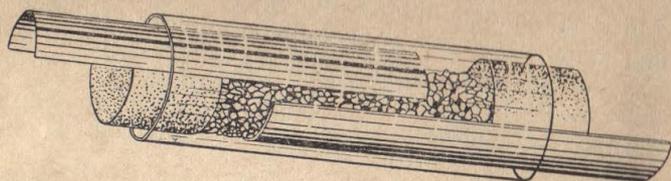
1. Первые шаги развития радиотехники и связи (1895-1920г.). Создание первого радиоприемника.
 2. Противостояние Попов-Маркони
 3. Создание диода, триода
 4. История создания Нижегородской радиолаборатории и ее значение для развития радиотехники и связи
 5. Просмотр видеофильма
- Контрольные вопросы
- Даты этапа развития радиотехники и связи «Первые шаги»

1. Первые шаги развития радиотехники и связи (1895-1920г.). Создание первого радиоприемника.



Александр Степанович Попов родился 16 марта 1859 года в селении Турьинские Рудники Екатеринбургской области.

Уже в детстве у А. А. Попова появилась любовь к технике. Как-то маленький Саша впервые увидел электрический звонок и гальваническую батарейку. Будущий электротехник не успокоился, пока не сделал себе точно такие же. В дело пошли обрезки старой проволоки и металла, которых было достаточно в мастерских при рудниках. На стене в одной из комнат отцовского дома висели старенькие ходики. К ним Александр и присоединил звонок. Получился электрический будильник.

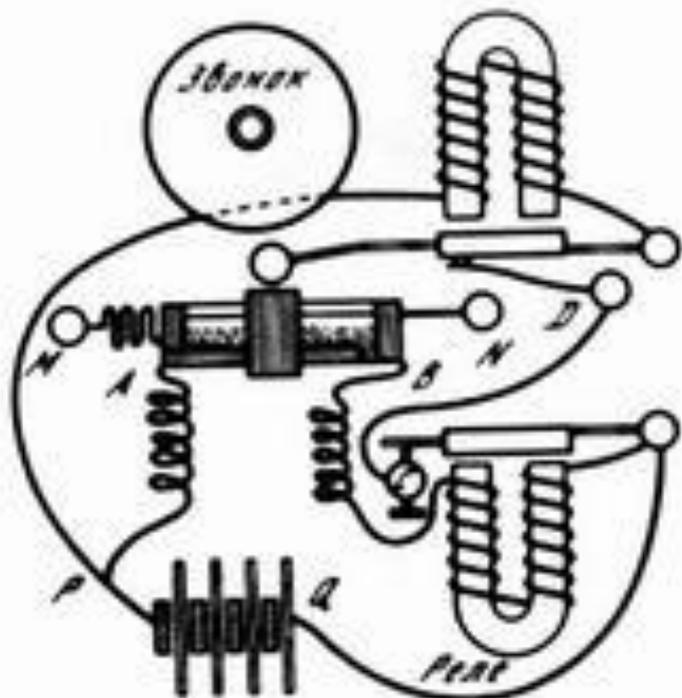


«Трубка» (когерер) А. С. Попова.

Александр Степанович Попов собрал механизм, который заставил сигнал приводить в действие декогерер, то есть устройство, предназначенное для приема электромагнитных сигналов.

7 мая 1895 года в ученых кругах Петербурга произошло событие, которое сразу не привлекло к себе особого внимания, но практически было началом одного из величайших в мире технических открытий. Этим событием явился доклад А. С. Попова, преподавателя физики в Минном офицерском классе Кронштадта, «Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям».

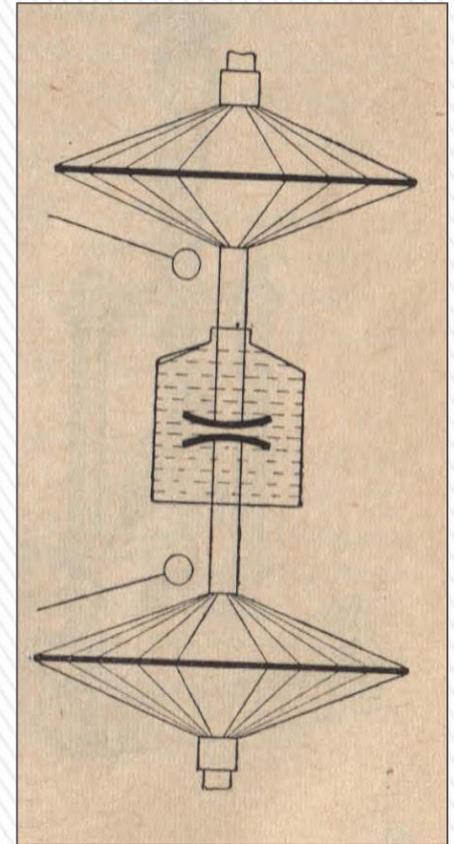
Свой доклад ученый начал издалека. Потом он объяснил устройство своих приборов приемника и передатчика на доске. И, наконец, продемонстрировал действие приборов на практике: на главном демонстрационном столе стоял приемник, а возле стенки в аудитории находился передатчик. При включении передатчика в приемнике начинал звенеть звонок.



Первым корреспондентом А. С. Попова в его опытах по осуществлению радиосвязи была сама природа — разряды молний.

Первый радиоприемник А. С. Попова, а также изготовленный им летом 1895 года «грозоотметчик» могли обнаруживать очень дальние грозы. Это обстоятельство и навело А. С. Попова на мысль, что электромагнитные волны можно обнаружить при любой дальности источника их возбуждения, если источник обладает достаточной мощностью. Такое заключение дало Попову право говорить о передаче сигналов на дальнее расстояние без проводов.

В качестве источника колебаний в своих опытах А. С. Попов пользовался герцевским вибратором, приспособив для его возбуждения давно известный физический инструмент — катушку Румкорфа. Будучи замечательным экспериментатором, своими руками изготавливая всю необходимую аппаратуру, Попов усовершенствовал приборы своих предшественников. Однако решающее значение имело то, что Попов к этим приборам присоединил вертикальный провод — первую в мире антенну и таким образом полностью разработал основную идею и аппаратуру для радиотелеграфной связи. Так возникла связь без проводов с помощью электромагнитных волн, так в изобретении А. С. Попова зародилась современная радиотехника.



Вибратор А.С.
Попова

Возможно, что если бы Попов был только ученым-физиком, то на этом дело бы и остановилось, но Александр Степанович был, кроме того, инженером-практиком и загнал нужды военно-морского флота.

Еще в январе 1896 года в статье А. С. Попова, опубликованной в «Журнале Русского физико-химического общества», были приведены схемы и подробное описание принципа действия первого в мире радиоприемника. А в марте изобретатель продемонстрировал передачу сигналов без проводов на расстояние 250 м, передав первую в мире радиограмму из двух слов «Генрих Герц». В том же году в опытах на кораблях была достигнута дальность радиосвязи сначала на расстояние около 640 м, а вскоре и на 5 км.

В 1898 году А. С. Попов добился уже радиосвязи на 11 км и, заинтересовав своими опытами Морское министерство, организовал даже небольшое производство своих приборов в мастерских лейтенанта Колбасьева и у парижского механика Дюкрете, который в дальнейшем стал главным поставщиком его приборов.



Когда в ноябре 1899 года у острова Гогланд сел на мель броненосец «Генерал-адмирал Апраксин», то по поручению Морского министерства Попов организовал первую в мире практическую радиосвязь. Между г. Котка и броненосцем на расстоянии около 50 км в течение трех месяцев было передано свыше 400 радиограмм.

После успешной работы радиолинии Гогланд — Котка Морское министерство первым в мире приняло решение о вооружении всех судов русского военно-морского флота радиотелеграфом как средством постоянного вооружения. Под руководством Попова началось изготовление радиоаппаратуры для вооружения кораблей.

Русский флот получил на вооружение радиотелеграфную аппаратуру ранее английского флота.

Работы А. С. Попова имели большое значение для последующего развития радиотехники. Изучая результаты опытов на Балтике в 1897 году по прекращению связи между кораблями «Европа» и «Африка» в моменты прохождения между ними крейсера «Лейтенант Ильин», Попов пришел к заключению о возможности с помощью радиоволн обнаруживать металлические массы, то есть к идее современной радиолокации.

Попов уделял большое внимание применению полупроводников в радиотехнике, настойчиво изучая роль проводимостей окислов в когерерах. В 1900 году он разработал детектор с парой уголь — сталь.

В 1902 году А. С. Попов говорил своему ученику В. И. Коваленкову: «Мы находимся накануне практического осуществления радиотелефонии, как важнейшей отрасли радио», и рекомендовал ему заняться разработкой возбуждителя незатухающих колебаний. Через год (в 1903—1904 годах) в лаборатории Попова уже были поставлены опыты радиотелефонирования, демонстрировавшиеся в феврале 1904 года на III Всероссийском электротехническом съезде.

За кратковременную деятельность и области радиотехники (менее 10 лет) А. С. Попов добился очень больших результатов, используя все достижения физики своего времени. Понадобились долгие годы и соединенные усилия многих ученых и инженеров, чтобы развить изобретение А. С. Попова и довести его до того расцвета, свидетелями которого мы являемся теперь. Вся эту огромную работу можно рассматривать как историю овладения человеком спектром радиоволн, начало которому положили труды А. С. Попова.

Эта работа шла в нескольких направлениях, на первых порах трудно отделимых одно от другого, но постепенно выросших в самостоятельные отрасли. Одновременно велись: 1) разработка способов и техники возбуждения слабо затухающих, а затем и незатухающих колебаний, 2) совершенствовались средства обнаружения и выделения колебаний, 3) разрабатывались конструкции антенн, 4) совершенствовались способы воспроизведения и обработки передаваемой информации.

Чем же располагал А. С. Попов, когда он прокладывал первые пути в изучении этого океана электрических волн?

Он работал на волнах, которые в настоящее время называют промежуточными. Применение антенны позволило ему увеличить дальность действия своей аппаратуры, но при этом пришлось отойти от тех волн (метровые и дециметровые), на которых работал Герц. Искровой промежуток Попов включал в передающую антенну, и она возбуждалась па собственной длине волны. Поскольку собственная длина, волны вертикального заземленного вибратора-антенны А. С. Попова равна приблизительно учетверенной высоте, антенну старались поднять возможно выше, чтобы увеличить дальность связи. В итоге рабочая длина волны стала измеряться сначала десятками, а затем и сотнями метров.

Для осуществления связи А. С. Попов применял искровые передатчики с редкой искрой и сильным затуханием колебаний и приемники с когерером и первыми образцами полупроводниковых детекторов. Располагая столь скудной аппаратурой, А. С. Попов тем не менее наметил обширный план дальнейшего развития радио: радиотелефонию, радиообнаружение, открыл ограничивающее действие помех и суточный неравномерный ход силы принимаемых сигналов. Теорию четвертьволнового вибратора А. С. Попов доложил на I Всероссийском электротехническом съезде 29 декабря 1899 года. Описывая работы по спасению броненосца «Генерал-адмирал Апраксин», А. С. Попов особо отметил в докладе: «Два дня совершенно нельзя было работать от действия атмосферного электричества...». Выдвинутая им задача борьбы за помехоустойчивость радиосвязи остается и теперь одной из главных задач радиотехники.

Центральный музей связи имени А.С. Попова

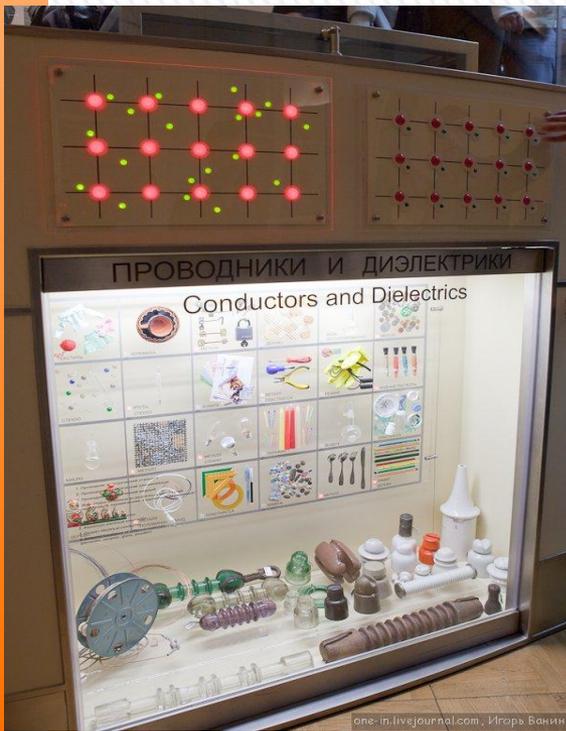
Центральный музей связи имени А.С. Попова - один из старейших научно-технических музеев мира. Уникальную коллекцию музея, посвященную истории развития средств связи, составляют экспонаты по истории почтовой, телеграфной и телефонной связи, радиосвязи и радиовещания, телевидения, мобильной, космической и спутниковой связи. В состав музейных фондов входит бесценная для всех филателистов мира Государственная коллекция знаков почтовой оплаты Российской Федерации, а также коллекция артноваций современных художников и мэйлартистов. В часы работы музея открыта общедоступная научно-техническая библиотека, функционируют почтовое отделение и интернет-центр





почтового сообщения, здесь можно увидеть почтовых лошадей и почтовые машины, поезда, корабли.

Следующий зал музея предлагает посетителям обучиться основам связи, благо здесь есть масса обучающих стендов. На одном можно понять, как с помощью ручного генератора вырабатывается электричество, на другом показано преломление света, а на третьем, как формируется цветной спектр на экране телевизора. Здесь можно попробовать создать звуки различных частот. Интересен стенд, который преобразовывает в частотный график голос посетителей.





Дальше посетители ждут несколько залов, в которых подробнейшим образом представлена история радиосвязи, начиная со старинных аппаратов и заканчивая современными профессиональными пультами для обработки звука. Здесь же можно проследить историю развития телевидения, на примере старинных телевизоров с линзами, развития студийных видеокамер, историю мобильной связи и переносных раций, историю радиосвязи в годы Великой Отечественной войны и многое-многое другое.



Первый радиоприемник Попова

2. Противостояние Попов-Маркони

В то время, когда в России А.С.Попов успешно завершил первые опыты по созданию системы телеграфии без проводов, а их результаты были опубликованы в одиннадцати изданиях, в Италии, как стало известно значительно позже, к подобным вопросам проявил интерес Гульельмо Маркони (1874–1937) ставший впоследствии известным деятелем в области радиотехники.

Произведенные Г.Маркони в этот период усовершенствования в передаче сигналов не имеют точно зафиксированных дат. Его предложение внедрить систему беспроводного телеграфирования на родине было отклонены итальянским Министерством почт и телеграфов, и в феврале 1896 г. двадцатидвухлетний Маркони отбыл в Англию, где подал заявку на свое изобретение.

Гульельмо Маркони (25 апреля 1874— 20 июля 1937) — маркиз, итальянский радиотехник и предприниматель, один из изобретателей радио; лауреат Нобелевской премии по физике за 1909 год:



Впервые о работах Г.Маркони, относящихся к телеграфии без проводов, мировая печать заговорила только летом 1896 г., но без обсуждения каких бы то ни было подробностей технического характера. Эти публикации были связаны с тем, что, приехав в Англию, итальянец продемонстрировал передачу сигналов без проводов сотрудникам телеграфного ведомства Великобритании, а также представителям адмиралтейства и армии, причем использованная им аппаратура держалась в тайне, а ее устройство присутствующим показано не было. Сигналы передавались между зданиями Лондонского почтового управления. Сведения об этой передаче появились в печати как сенсация.

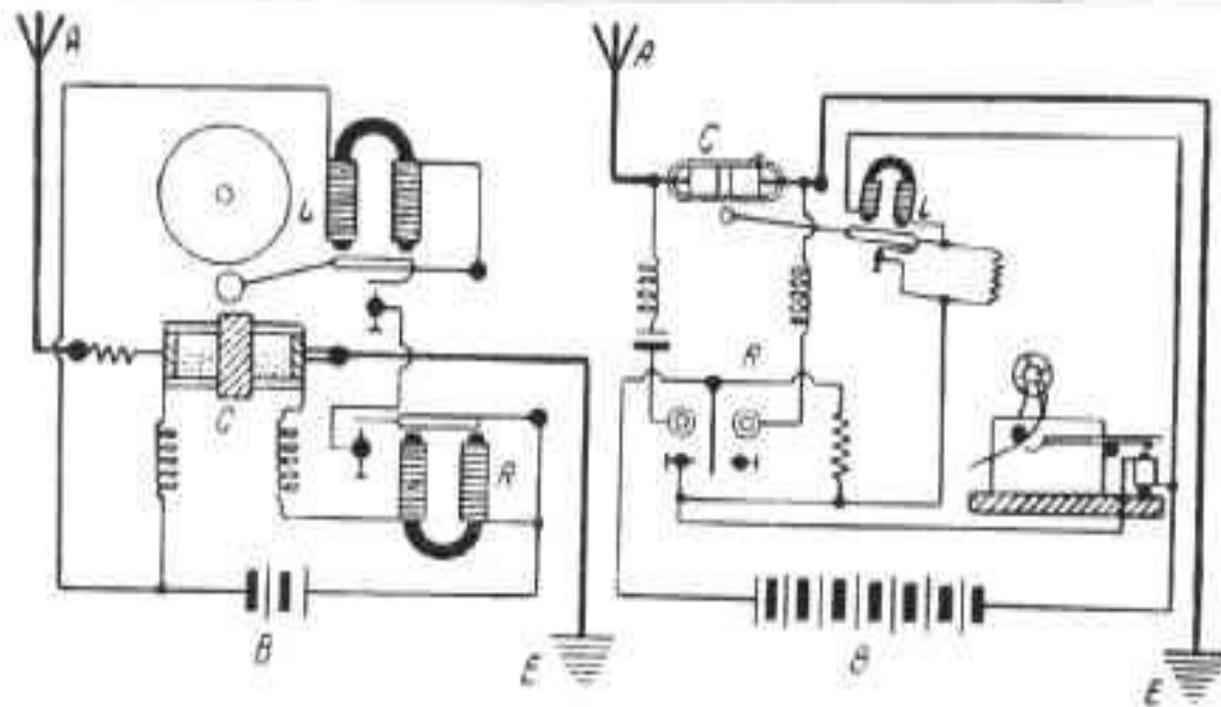
В том же году, в сентябре 1896 г., Маркони осуществил радиосвязь в районе Солсбери на расстоянии $3/4$ мили (около километра). В октябре 1896 г. в том же районе дальность радиосвязи достигла 7 км, в марте 1897 г. – 14 км.

Подробный доклад о работе Г.Маркони сделал главный инженер телеграфного ведомства Великобритании В.Прис (1834–1913), оказывавший ему помощь в работах в Англии. Доклад В.Г.Приса был сделан 4 июля 1897 г. в Королевском институте и носил название: “Передача сигналов на расстояние без проводов”. Невольно возникает вопрос: почему о работе Г.Маркони делал доклад В.Г.Прис, а не сам автор изобретения? Ответ на него мы находим, сравнивая схемы приемника Г.Маркони, доложенной В.Присом в 1897 г., и приемника А.С.Попова, доложенной в мае 1895 г. (указанный на схеме Маркони телеграфный аппарат Прис в докладе не упомянул).

Видно, что схема приемника Г.Маркони за исключением второстепенных деталей полностью повторяет схему А.С.Попова 1895 г. Чувствительность приемника А.С.Попова, по словам его автора, была настолько высокой, что дальнейшее ее увеличение было нежелательно, т.к. приводило к возрастанию внутренних помех.

**Сравнение схем приемников А.С.Попова (слева)
и Г.Маркони (справа).**

**Видно, что схема приемника Г.Маркони за исключением
второстепенных деталей полностью повторяет схему
А.С.Попова 1895 г.**



3. Создание диода, триода

Диод —электронный элемент, обладающий различной проводимостью в зависимости от направления электрического тока. Электрод диода, подключаемый к положительному полюсу источника тока, когда диод открыт (то есть имеет маленькое сопротивление), называют *анодом*, подключаемый к отрицательному полюсу —*катодом*.

Развитие диодов началось в третьей четверти XIX века сразу по двум направлениям: в 1873 году британский учёный Фредерик Гутри открыл принцип действия термионных (вакуумных ламповых с прямым накалом) диодов, в 1874 году германский учёный Карл Фердинанд Браун открыл принцип действия кристаллических (твёрдотельных) диодов.

В конце XIX века устройства подобного рода были известны под именем выпрямителей, и лишь в 1919 году Вильям Генри Иккс ввёл в оборот слово «диод», образованное от греческих корней «di» — два, и «odos» — путь. Ключевую роль в разработке первых отечественных полупроводниковых диодов в 1930-х годах сыграл советский физик Б. М. Вул.

Электровáкуумный триод, или просто **триод**, —электронная лампа, позволяющая входным сигналом управлять током в электрической цепи. Имеет три электрода: термоэлектронный катод(прямого или косвенного накала), анод и однууправляющую сетку. Изобретён и запатентован в 1906 году американцем Ли де Форестом. Обычно используется для усиления, генерации и преобразования электрических сигналов. Наименование **триод** в 1950-70 годах, во времена становления полупроводниковой электроники, также употреблялось и для транзисторов — по числу выводов, часто с уточнением: *полупроводниковый* триод, или с указанием материала: (*германиевый* триод, *кремниевый* триод).

Триоды были первыми устройствами, которые использовались для усиления электрических сигналов в начале XX века.

Нелинейность вольт-амперной характеристики триода пропорциональна третьей степени из величины тока анода, т.е. она имеет более высокую линейность, чем полупроводниковые транзисторы. Благодаря этому вакуумные триоды вносят минимальные нелинейные искажения в усиливаемый сигнал.

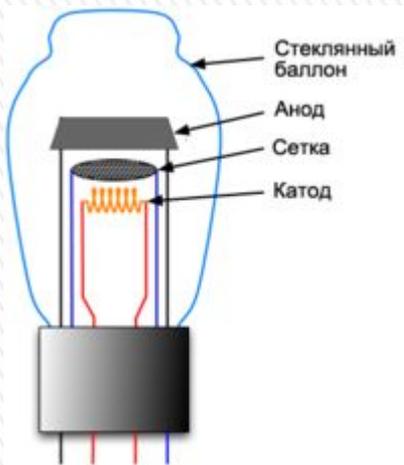


Схема простейшего вакуумного триода с катодом прямого накала

В настоящее время вакуумные триоды практически полностью вытеснены полупроводниковыми транзисторами. Исключение составляют области, где требуется преобразование сигналов с частотой порядка сотен МГц — ГГц большой мощности при небольшом числе активных компонентов, а габариты и масса не столь критичны, — например, в выходных каскадах радиопередатчиков. Мощные радиолампы имеют сравнимый с мощными транзисторами КПД; надёжность их также сравнима, но срок службы значительно меньше. Маломощные триоды имеют невысокий КПД, так как на накал тратится значительная часть потребляемой каскадом мощности, порой более половины от общего потребления лампы.

4. История создания Нижегородской радиолaborатории и ее значение для развития радиотехники и связи

Нижегородская радиолaborатории (НРЛ) была создана в 1918 г. и стала первым научным и промышленным радиопредприятием в России. Это было учреждение совершенно нового типа, некий центр, который должен был объединить вокруг себя все научно-технические силы России, работающие в области радиотелеграфа, все радиотехнические учебные заведения и всю радиотехническую промышленность.



Создание радиолaborатории

В июне 1918 года по инициативе М. А. Бонч-Бруевича Народным комиссариатом почт и телеграфов была создана радиолaborатория при Тверской радиостанции. Небольшая мастерская с устаревшим оборудованием не позволяла организовать надлежащий уровень исследований. Посетивший радиолaborаторию нарком В. Н. Подбельский отметил перспективы создания отечественного производства электронных ламп. Начальнику Тверской радиостанции В. М. Лещинскому были выделены средства на эвакуацию лaborатории в другой город и её дальнейшее расширение.

Выбор пал на Нижний Новгород. Основными факторами, повлиявшими на выбор места для будущего центра исследований, стала относительно небольшая удалённость от столицы и, вместе с тем, достаточно безопасное расстояние от белогвардейских отрядов. Немаловажным было наличие высокоразвитой металлообрабатывающей промышленности (заводы Сормово, Фельзер и др.), налаженное железнодорожное сообщение и проволочный телеграф для связи с Москвой и Петроградом.

В августе 1918 года Нижегородская радиолaborатория обосновалась в доме № 5, трёхэтажном здании бывшего общежития на Верхневолжской набережной. Первым управляющим стал ученик А. С. Попова В. М. Лещинский, ведущими учёными и организаторами — М. А. Бонч-Бруевич, В. К. Лебединский, П. А. Остряков, В. В. Татарин, В. П. Вологдин, А. Ф. Шорин. Официальным днём основания радиолaborатории считается 2 декабря 1918 года, когда В. И. Ленин подписал «Положение о радиолaborатории с мастерской». Стратегически важными для страны задачами, над решением которых сосредоточились учёные радиолaborатории, были налаживание отечественного электровакуумного производства и развитие радиотелефонии.

Начало работы Нижегородской лаборатории

Перед сотрудниками НРЛ стояла задача - создать в стране радиопередающую сеть. Нужно было соединить Москву, во-первых, с другими крупными городами страны, а во-вторых, с городами Европы и Америки. Но до этого было еще далеко. А пока полным ходом шел выпуск электронных ламп.

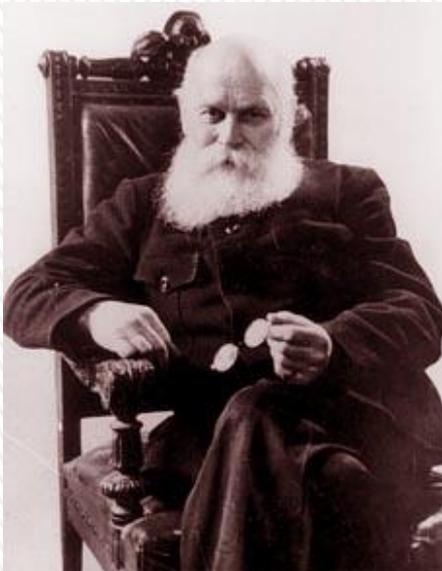
Долгое время единственным способом генерации и передачи радиосигналов являлась электрическая искра (так называемые затухающие электромагнитные колебания). 27 февраля 1919 г. в 10 часов 2 минуты с помощью дуговых генераторов из стен радиолaborатории вместо сигналов Морзе лаборант Остряков передал в эфир: "Алло, говорит Нижегородская лаборатория". С одной стороны, это был успех. Но с другой, дальнейшие опыты подтвердили бесперспективность работы с электрической искрой.



Достижения М.А.Бонч-Бруевича

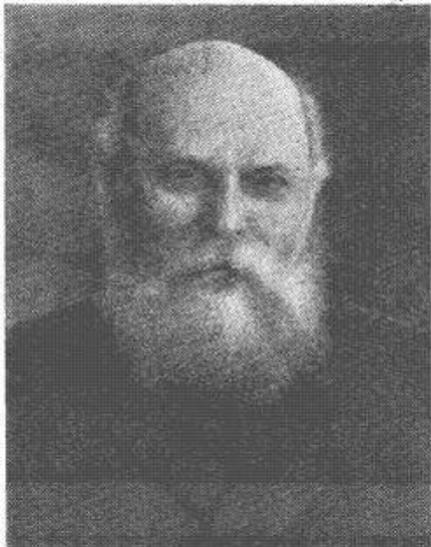
Работы по использованию в радиотелефонной связи электронных ламп вела лаборатория, возглавляемая М. А. Бонч-Бруевичем. Михаил Александрович еще в 1915 г. собрал первую электронную лампу, повысил ее мощность благодаря обыкновенной воде. В результате были созданы лампы мощностью 1 кВт.

Достижения В.В.Татарина



В 1919 году в качестве руководителя одной из лабораторий НРЛ был привлечен Владимир Васильевич Татарин. Он стал пионером в области создания и исследования антенн на малых моделях в лабораторных условиях. В лаборатории были решены вопросы питания антенн бегущей волной. В 1925—1926 гг. появились первые коротковолновые направленные антенны.

Достижения В.П.Вологодина



Группа учёных под руководством инженера В. П. Вологодина начала работу в 1919 году. Группа занималась исследованием применения высокочастотных машин в радиотелефонии, а затем на создании передатчиков для радиотелеграфирования.

В марте 1922 года Вологдин закончил оригинальный трёхфазный ртутный выпрямитель, который позволял получить постоянный ток напряжением 10 кВ.

Достижения А.Ф.Шорина



А.Ф.Шорин возглавлял лабораторию, которая занималась исследованиями усилительных схем и разработкой усилителей пишущего приема и громкоговорящих установок для радиотелефонии. Он впервые в мире применил быстродействующие буквопечатающие аппараты типа Бодо.

11 января 1920 г. в НРЛ успешно прошла первая передача речи через эфир, продемонстрировав, что качество воспроизведения слов при приеме через эфир лучше, чем по проводам. Но расстояние было всего четыре версты. А через четыре дня, во время опытной связи с Москвой установка безупречно сработала и на расстоянии более 500 верст. Это был самый главный шаг на пути создания первого отечественного радиотелефонного передатчика.

Весной 1920 г. в Нижегородской радиолаборатории прямо в ходе строительства станции велась работа по увеличению мощности электронных генераторов и совершенствованию системы охлаждения. За счет параллельного включения ламп М. А. Бонч-Бруевич довел мощность макета радиотелефонного передатчика до невиданной в те годы величины - 5 кВт. А созданные в лаборатории В. П. Вологодина высоковольтные ртутные выпрямители позволили получать питание для новых мощных ламп непосредственно от сети переменного тока.

Новая технология повышения мощности электронных ламп, разработанная в лаборатории М. А. Бонч-Бруевича были признаны во всем мире и, несмотря на финансовые трудности работы продолжались.

Предлагаем просмотреть
видеофильм по теме
лекции:

[Попов и Маркони-26](#)

Продолжительность фильма 26
минут

Контрольные вопросы

- » 1. Кто все-таки первый изобрел радио?
- » 2. Какие бывают виды диодов?
- » 3. Назовите фамилию создателя триода.
- » 4. Перечислите фамилии ученых, которые руководили основными направлениями работы Нижегородской лаборатории.

Первые шаги (1895-1920)

- 1895
- Создан когерентный радиоприемник с автоматическим синхронным декогерированием и релейным усилением для приема электромагнитных посылок (сигналов) (А.С.Попов, Россия). Приемная система А.С.Попова легла в основу аппаратуры радиосвязи первого поколения
 - 7 мая А.С.Попов на заседании Русского физико-химического общества в Санкт-Петербурге продемонстрировал действие своего радиоприемника, принимая электромагнитные посылки различной длительности, излучаемые передатчиком Герца
 - Радиоприемник А.С.Попова, снабженный самописцем (грозоотметчик), использован для регистрации электромагнитных колебаний атмосферного происхождения
 - Открыты «рентгеновские лучи» (Вильгельм Конрад Рентген, Германия)
- 1896
- 2 июня Г.Маркони (Италия) подал в Великобритании предварительную заявку под названием «Усовершенствования в передаче электрических импульсов и сигналов и в аппаратуре для этого ». Британский патент выдан 2 июля 1897 г.
 - В октябре печать сообщила об опытах передачи электромагнитных сигналов на расстояние 1500 м, проводимых Д.Бозе (Индия) с помощью приборов, аналогичных приборам О.Лоджа
 - Изобретен магнитный детектор (Э.Резерфорд, Великобритания)
 - Разработано устройство беспроводной связи волнами Герца (Генри Бредвардин Джексон, Великобритания)

- 1897
- Весна. В Кронштадтской гавани проведены опыты по беспроводному телеграфированию (А.С.Попов, Россия)
 - Основана компания беспроводного телеграфа «Маркони и К°» (Великобритания)
 - Построена линия регулярной радиосвязи между о. Уайт и г.Борнмут (Великобритания) протяженностью 23 км (Г.Маркони)
 - Изобретена осциллографическая электронно-лучевая трубка (Карл Фердинанд Браун, Германия)
 - Экспериментально открыт электрон (Д.Томсон, Великобритания)
- 1898
- Фирма Дюкрете (Франция) приступила к серийному производству радиостанций по системе А.С.Попова
 - Изобретен электролитический детектор (М.Пупин, США)
 - Изобретен телеграфон – прибор для магнитной записи телеграфных и телефонных сигналов на стальную проволоку (В.Паульсен, Дания)
- 1899
- На основе детекторного эффекта когерера, обнаруженного Павлом Николаевичем Рыбкиным и Д.С.Троицким (Россия), разработан «телефонный приемник депеш» и запатентован в России, Великобритании и Франции (А.С.Попов)
 - Предложен проект механической системы цветного телевидения, основанной на трехкомпонентной теории цветовосприятия (А.С. Полумордвинов, Россия)
 - Сформирована первая военная радиочасть – Кронштадтский искровой военный телеграф

1900

- Между о. Гогланд и о. Куутсала в Финском заливе начала действовать регулярная военная радиопередача протяженностью около 45 км, построенная под руководством А.С.Попова и А.А.Реммерта (Россия) для спасения броненосца «Генерал-адмирал Апраксин»
- Изобретен точечный кристаллический детектор с контактом стальная игла-уголь (А.С.Попов, Россия)
- Под руководством А.С.Попова (Россия) организована Кронштадтская мастерская по изготовлению радиостанций, положившая начало российской радиопромышленности (в 1910 г. преобразована в Радиотелеграфное депо, с 1915 г. – в Радиотелеграфный завод Морского ведомства)
- Под руководством А.С.Попова под Петербургом проведены успешные первые опыты применения переносных радиостанций на маневрах 148-го Каспийского полка
- А.А.Полумордвинов в изобретенной им ранее цветной ТВ-системе предложил заменить фотоэлемент болометром или термоэлектрической батареей для придания аппарату чувствительности к тепловым лучам
- Русский военный инженер К.Д.Перский на IV Международном электротехническом конгрессе в Париже впервые ввел в оборот «телевидение» (“tlevision”), ныне получивший широкое распространение во всем мире
- Создан дуговой генератор незатухающих колебаний (В.Дуддель, Англия)

- 1901** - Осуществлена трансатлантическая передача радиосигналов из Великобритании в Канаду на расстояние 3500 км (Г.Маркони, Италия)
- 1902** - Выдвинута гипотеза о существовании в атмосфере Земли слоев, отражающих электромагнитные волны (А.Кеннели, США, и независимо Оливер Хевисайд, Великобритания)
- Предложен способ радиосвязи с частотной манипуляцией (К.Эрем, США)
- Построен радиотелеграфный передатчик с дуговым генератором (В. Паульсен, Дания)
- 1903** - Проведены опыты радиотелефонии с использованием искрового радиопередатчика (А.С.Попов и С.Я.Лифшиц, Россия)
- Образована крупная радиотехническая фирма «Телефункен» (Германия)
- 1904** - Изобретена двухэлектродная электронная лампа – диод (Д.Флеминг, Великобритания)
- Изобретен способ обнаружения металлических предметов по отраженным ими радиоволнам (Х.Хюльсмейер, Германия)
- Русские радиостанции применили искусственные радиопомехи в ходе русско-японской войны
- Практическая система фототелеграфии (Артур Корн, Германия)
- 1905** - Выдвинута гипотеза о квантовом характере светового излучения, так называемая фотонная теория света (А.Эйнштейн, Германия)
- Разработан способ гетеродинного приема радиосигналов (Р.Фессенден, США)

- 1906**
- Изобретена трехэлектродная электронная лампа – триод (Ли де Форест, США)
 - Проведены опыты радиотелефонии с использованием дугового радиопередатчика (В.Паульсен, Дания)
 - Построен радиотелеграфный передатчик с электромашинным генератором (Р.Фессенден, США)
 - Проведены опыты радиотелефонии с использованием электромашинного радиопередатчика (Р.Фессенден, США)
 - Создан тиккер – электромеханический прерыватель для телефонного приема радиотелеграфных сигналов передатчиков незатухающих колебаний (И.Педерсен, Великобритания)
 - Изобретен способ воспроизведения неподвижных изображений с использованием осциллографической трубки Брауна (М.Дикман и Г. Глаге, Германия)
- 1907**
- Изобретена схема лампового радиоприемника прямого усиления (Ли де Форест, США)
 - Изобретена телевизионная система с использованием в приемнике усовершенствованной осциллографической трубки Брауна с электронной разверткой изображения (Б.Л.Розинг, Россия)
 - Изобретена антенна с кардиоидной диаграммой направленности (Д. Пикард, США)
 - Изобретен гониометр – устройство для пространственного вращения диаграммы направленности неподвижных антенн (Э.Беллини и А.Този, Италия)
 - Разработан принцип радиомаяка с равносигнальной зоной (О.Шеллер, Великобритания)

- 1908
 - В Санкт-Петербурге организовано «Общество беспроволочных телеграфов и телефонов системы С.М.Айзенштейна».
 - Предложен проект двухцветной телевизионной механической системы с одновременной передачей цветных сигналов (И.А.Адамян, Россия)
 - Предложен проект телевизионной системы с использованием электронно-лучевых трубок с электронной разверткой изображения в передатчике и приемнике (А.Кэмпбелл-Свинтон, Великобритания)
- 1910
 - Началась передача сигналов точного времени по радио с Эйфелевой башни
- 1912
 - Основан Институт радиоинженеров США (с 1963 г. – Институт инженеров по электротехнике и электронике США)
 - Изобретен радиотелефонный передатчик с генератором незатухающих колебаний на кристаллическом диоде (У.Ториката, Е.Йокояма, М. Китамура, Япония)
- 1913
 - Начал издаваться журнал «Труды Института радиоинженеров США» - “Proceedings of the IRE” (с 1963 г. – «Труды Института инженеров по электротехнике и электронике США» - “Proceedings of the IEEE”)
 - Основан журнал «Мир радио» (“Wireless World”, Великобритания)
 - Изобретен ламповый генератор незатухающих колебаний (А.Мейсснер, Германия)
 - Построен ламповый радиотелефонный передатчик (А.Мейсснер, Германия)
 - Изобретена регенеративная приемная схема (З.Штраус, Австрия, А. Мейсснер, Германия, К.Франклин, Х.Раунд, Великобритания, Эдвин Говард Армстронг, И.Ленгмюр, Ли де Форест, США, независимо друг от друга)
 - Изобретена рефлексная приемная схема (У.Томпсон, Великобритания)

- 1914 - Построен первый отечественный радиопеленгатор (И.И.Ренгартен, Россия)
- 1915 - Изобретен способ радиосвязи на одной боковой полосе частот (Д. Карсон, США)
- Разработан генераторный ламповый триод с водяным охлаждением анода (Ли де Форест, США)
- В.И.Волынкин (СССР) организовал производство приемно-усилительных ламп на Радиозаводе Морского ведомства
- 1916 - Создан ультразвуковой гидролокатор (П.Ланжевен и Константин Васильевич Шиловский, Франция)
- 1918 - Изобретена супергетеродинная приемная схема (Л.Леви, Франция, В. Шоттки, Германия, Эдвин Говард Армстронг, США, независимо друг от друга)
- Предложена кварцевая стабилизация частоты ламповых генераторов (У.Кэди, США)
- Предложено использовать инфракрасные лучи для обнаружения самолетов (Колумбийский университет, США)
- Организовано Российское общество радиоинженеров (в 1929 г. вошло в Общество друзей радио)
- Создана Нижегородская радиолaborатория (НРЛ) – крупная научно-исследовательская организация в области радиотехники (РСФСР)
- 1919-
-1925 - Изобретена триггерная схема (У.Икклз и Ф.Джордан, Великобритания). Разработана серия генераторных ламп с водяным охлаждением анода мощностью от 1 до 100 кВт в Нижегородской радиолaborатории под руководством М.А.Бонч-Бруевича (Россия)

- 1920**
- В г. Питтсбурге (США) под руководством Ф.Конрада начала работать первая радиовещательная станция
 - Изобретен электронный музыкальный инструмент «Терменвокс» (Л.С. Термен, РСФСР)
 - В Москве на Шаболовке вступила в строй 100-киловаттная радиостанция незатухающих колебаний с дуговым генератором, построенная под руководством В.М.Лебедева
 - Начались экспериментальные радиотелефонные передачи из Н. Новгорода в Москву с помощью 40-ваттного радиопередатчика
 - Началась передача по радио сигналов точного времени Пулковской обсерватории