

Министерство образования Российской Федерации  
Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королева

Л.И. Калакутский

# **РАДИОТЕХНИКА ХРОНОЛОГИЯ СОБЫТИЙ**

Учебное пособие

Самара 2001

**Радиотехника. Хронология событий** Учебное пособие/  
Л.И.Калакутский. Самарский государственный аэрокосмический  
университет. Самара, 2001, 136с.

Рассмотрена хронология основных научно-технических достижений от момента зарождения средств передачи сообщений в древнем мире до формирования современных направлений развития радиотехники. В хронологию включены открытия и изобретения в области электричества, магнетизма и электроники, оказавшие влияние на становление радиотехники. При изложении событий, относящихся ко второй половине XX века, основное внимание уделено достижениям отечественных ученых и инженеров.

Большой объем иллюстративного материала позволяет проследить становление и развитие основных идей в области схемотехнического построения радиоприемной и радиопередающей аппаратуры.

Приведен толковый словарь, поясняющий используемые специальные термины и понятия, а также суть физических законов и явлений, имеющих отношение к радиотехнике.

В работу включены краткие биографические справки об ученых и специалистах, внесших большой вклад в становление радиотехники.

Предназначается для студентов радиотехнических специальностей вузов, изучающих историю техники.

Подготовлено на кафедре радиотехники.

Ил. 98. Библ.: 56 назв.

© Л.И. Калакутский, 2001  
© Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2001

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
1. ХРОНОЛОГИЯ РАДИОТЕХНИКИ.....	6
1.1. Возникновение средств передачи сообщений.....	6
1.2. Первые представления об электричестве и магнетизме. Зарождение электросвязи.....	8
1.3. Создание электромагнитного телеграфа.....	15
1.4. Изобретение радио - способа передачи сообщений на расстояние с помощью электромагнитных волн.....	26
1.5. Возникновение радиоэлектроники.....	37
1.6. Становление основных направлений развития современной радиотехники.....	70
2. БИОГРАФИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК.....	91
3. СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ ПО РАДИОТЕХНИКЕ.....	120
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	133
Список использованных источников.....	134

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие цивилизации тесно связано с совершенствованием способов и средств обмена информацией между людьми. Возникновение языка, письменности, летописного и эпистолярного жанров, зарождение литературы и искусства стали важными этапами становления человеческих отношений. По мере развития общества, образования межгосударственных связей, развития транспорта, путешествий и географических открытий, распространения торговли, появилась потребность в передаче сообщений на большие расстояния.

В древности для дальней связи использовался принцип ретрансляции световых или звуковых сигналов, несущих передаваемое сообщение. При этом количество ретрансляторов на линии связи определялось расстоянием прямой видимости или слышимости передаваемых сигналов.

Развитие естественных наук оказало сильное влияние на методы передачи сообщений. Появление первых оптических приборов – зрительных труб привело к возникновению в XVII веке визуальных телеграфов, связавших крупные города в Англии, Франции, Испании, появлению средств дальней морской навигации. Однако, развитие социальных запросов общества, сформировавшихся в этот период, потребовало более совершенных средств связи, обладающих большим быстродействием и пропускной способностью.

Успехи физики второй половины XVII века в исследовании электрических и магнитных явлений положили начало использованию для связи нового носителя информации – электрического сигнала. К середине XIX века электромагнитный телеграф связал быстродействующей связью города, страны и континенты.

Теоретическое предсказание Дж. Максвелла существования электромагнитного поля излучения и блестящее экспериментальное доказательство Г. Герцем возможности генерации и регистрации электромагнитных волн создали предпосылки для возникновения на рубеже XIX – XX века нового вида связи, использующего для передачи информации электромагнитные колебания, распространяющиеся в пространстве.

Изобретение радио А.С. Поповым (1895г.) открыло безграничные возможности нового вида передачи информации. Первоначально, становление радио происходило за счет накопления эмпирических знаний, полученных физиками – экспериментаторами. Однако, постепенно, в начале XX века радиотехника вышла из стен физических лабораторий и стала самостоятельной областью науки и техники. Высокая потребность общества в средствах радиосвязи обусловила появление и быстрый рост радиотехнической промышленности. Бурное развитие на рубеже XIX–XX

веков электротехники создало теоретическую базу новой отрасли техники. Это касается, в первую очередь, описания закономерностей колебательных процессов в электрических цепях переменного тока, явления электрического резонанса, электромагнитной индукции.

Появление теоретических обобщений в радиотехнике первоначально было связано с решением уравнений Максвелла в реальных средах, необходимым для проектирования дальних линий связи. Впоследствии, получила развитие теория сигналов и радиотехнических систем, позволяющая находить оптимальные решения радиотехнических задач.

Приведенная в данной работе хронология достижений технической мысли от зарождения до становления радиотехники как отрасли науки и техники, охватывает период времени ограниченный серединой 60-х годов XX века. Именно в этот период окончательно сформировались основные направления, определяющие современное развитие радиотехники.

Данная работа ни в коей мере не претендует на исчерпывающую историческую полноту, она лишь является попыткой показать возникновение и становление основных идей в области построения радиотехнических систем и устройств. Хронология событий позволяет проследить логику развития технической мысли, понять роль отечественных и зарубежных ученых в создании новых научных знаний в области радио.

# 1. ХРОНОЛОГИЯ РАДИОТЕХНИКИ

## 1.1. Возникновение средств передачи сообщений

**V век до н.э.** Описание Эсхилом в драме «Агаменон» передачи световых сигналов о падении Трои на расстояние 550 км с помощью 7 ретрансляторов, расположенных на вершинах гор.

**III век до н.э.** Сооружение сигнальных башен-маяков для морской навигации. На острове Фарос при входе в гавань порта Александрии в Древнем Египте был построен маяк высотой 160 м, относимый современниками к одному из семи чудес света. Сигнальные огни маяка были различимы на расстоянии до 40 км.

Упоминание греческим историком Полибием о системе кодирования световых сигналов для передачи сообщений. Буквы греческого алфавита представлялись в виде определенных комбинаций факелов, которые поднимались над сигнальной стенкой.



Рисунок 1 – Световая сигнализация по Полибию (III век до н.э.)

**860-831 г.г. до н.э.** Применение в Ассирии и Древней Греции сигнальных колоколов для передачи сообщений.

**988г.** Первое упоминание в летописях о русских сигнальных колоколах в Пскове, Киеве, Москве.

**1590г.** Изобретение З. Янсенем (Голландия) зрительной трубы (телескопа), расширившей использование визуальных средств передачи сообщений.

**1614г.** Введение свода сигналов для флажной сигнализации для Папских галер

**1684г.** Создание Р. Гуком первой системы связи - оптического телеграфа. Устройство представляло собой раму большого размера, где укреплялись различные, хорошо различимые издали, геометрические фигуры, служившие кодовыми сигналами. Телеграфы Р. Гука нашли применение в английском военно-морском флоте.

**1699г.** Введение Петром I системы «сигналопроизводства», т.е. кодирования сообщений при их передаче с помощью флагов, фонарей, выстрелов ракет и барабанного боя.

**1750г.** Появление во Франции десятичной системы кодирования при флажной сигнализации.

**1756г.** Изобретение М.В. Ломоносовым, так называемой, «ночезрительной» трубы и биноклей с большими светосильными объективами, дававшими возможность хорошо видеть удаленные предметы в ночное время.

**1779г.** Изобретение И.П. Кулибиным сигнального прожектора с зеркальным вогнутым отражателем. Сфокусированный свет обычной свечи был виден на расстоянии до 30 км.



а



б

Рисунок 2 -- Оптический телеграф К. Шаппа. стрелочный (1791) (а), семафорный (1792) (б)

**1791г.** Сооружение оптического телеграфа К. Шаппа. В этой системе сообщения передавались с помощью укрепленных на высоких столбах щитов снабженных циферблатами наподобие часовых, с хорошо различимыми фигурами и стрелками. С помощью шкивов стрелки можно было вращать с земли, указывая на определенную кодовую фигуру. Щиты располагались друг от друга на расстоянии прямой видимости. С помощью кодовых книг составлялись сообщения из различных комбинаций фигур. Началом отсчета передаваемого сообщения служил звуковой сигнал.

**1792г.** Создание К. Шаппом разновидности оптического телеграфа - семафорного устройства, содержащего две поворотные штанги, пространственное положение которых кодировалось в соответствии с передаваемым сообщением. Расстояние, на котором различались сигналы, было увеличено, так линия Париж - Лилль (225км) содержала около 20 промежуточных семафорных станций.

**1798г.** Строительство линии семафорного телеграфа Париж - Тулон (более 700км). Сигнал проходил по линии в течение 20 минут, что поражало воображение современников большой скоростью передачи сообщений.

**1803г.** Появление на английском морском флоте флажного сигнального блочного устройства. С помощью блоков на мачту поднималась комбинация цветных флагов, соответствующая закодированному сообщению.

**1815г.** Разработка офицером русского флота А.Н. Бутаковым корабельного переговорного телеграфа. Кодирование сообщений осуществлялось путем поднятия на мачту десяти кружков или фигур различной формы, соответствующих цифрам от 0 до 9. Цифровой код означал отдельные команды или слова.

**1824г.** Строительство оптического телеграфа – «дальнеизвещающей машины» – конструкции Шаппа в России между СПб и Шлиссенбургом.

**1830г.** Разработка А. Н. Бутаковым позиционного кода для побуквенной передачи сигналов с помощью «семафорной» сигнализации, использующей различные положения рук матроса-сигнальщика с двумя флажками.

**1838г.** Строительство первой железной дороги в России СПб – Царское Село. Для организации движения и передачи сообщений по линии использовался семафорный телеграф.

**1839г.** Сооружение линий оптического телеграфа для передачи сообщений на большие расстояния, например, линии СПб - Варшава имевшей 149 ретрансляторов. Визуальные телеграфы сохранялись до 1850-х г.г. и впоследствии были заменены электрическими.

## 1.2. Первые представления об электричестве и магнетизме. Зарождение электросвязи.

III в до н.э. Описание в Китае магнитного компаса для навигации при мореплавании.

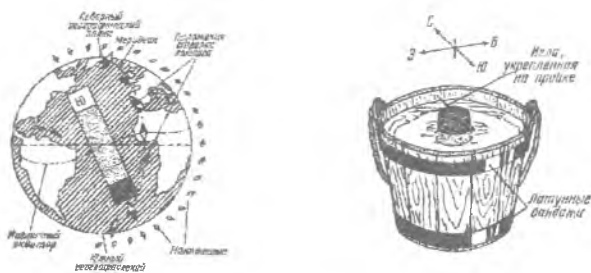


Рисунок 4 – Первый магнитный компас (III в до н.э.)



**I в до н.э.** Описание природных магнитных явлений и свойств натертого янтаря (Фалес Милетский, Тит Лукреций Кара) в Древней Греции и Риме.

**1269г.** Появление первого рукописного трактата П. Перегринно (Италия) «Послание о магните», где были описаны свойства магнитного камня, методы определения полярности магнита, взаимодействие полюсов, явление магнитной индукции, технические применения магнитов.

**1600г.** Изучение У. Гильбертом магнитных явлений и свойств тел при трении. В работах У. Гильберта был введен термин «электричество» при описании свойств тел, приобретаемых в результате трения и подобных свойствам натертого янтаря; проведено разделение тел на «электрики» и «не электрики». Первое использование при исследовании электрических явлений измерительного прибора – «версора», представлявшего собой прообраз электроскопа.



Рисунок 5 - Лепестковый электроскоп (а), демонстрация электризации соприкосновением (б)

**1660г.** Изобретение О. Герике электростатической машины. Вращающийся шар из серы при касании сухими ладонями приобретал свойство притягивать мелкие предметы и светиться в темноте. О. Герике обнаружил взаимодействие заряженных тел (отталкивание).

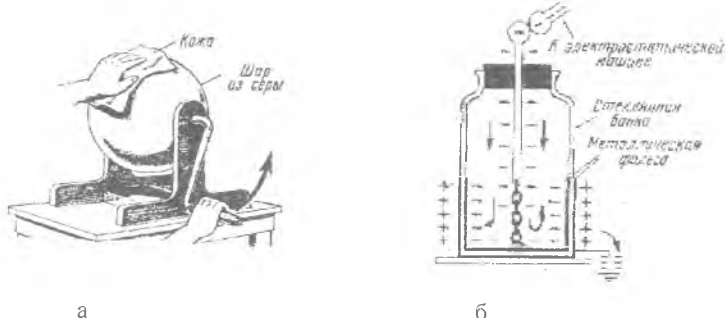


Рисунок 6 – Электростатическая машина О. Герике (1650) (а), лейденская банка (б)

**1729г.** Открытие С. Греем и Ш. Дюфе явления электропроводности, т.е. способности электрических зарядов передаваться по металлическим предметам на расстояние.

**1733г.** Открытие Ш. Дюфе двух видов электричества, установление явления притяжения разноименных зарядов и отталкивания одноименных.

**1745г.** Создание П. Мушенбруком накопителя зарядов – «лейденской банки», первого электрического конденсатора. П. Мушенбрук одним из первых обратил внимание на физиологическое действие электрических зарядов.

**1746г.** Создание Дж. Эллиотом электрометра, основанного на принципе весов.

**1747г.** Одна из первых попыток использования электричества для связи. Передача Л. Лемонье (Франция) статического электричества по металлическим проводам с целью сигнализации на расстоянии.

Публикация работы Ф. Пивати (Италия) «О медицинском электричестве», содержащей первые попытки использования электричества в медицине. В частности, считалось, что «электризованная» вода обладает свойствами полезными для здоровья.

**1748 г.** Открытие Г.В. Рихманом явления электростатической индукции.

**1750г.** Экспериментальное доказательство Б. Франклином электрической природы молнии и предложение унитарной теории электричества, предположение о связи электрических и магнитных явлений. Разработка Б. Франклином проекта громоствода.

**1753г.** Разработка М.В. Ломоносовым и Г.В. Рихманом на базе экспериментальных исследований основных положений теории атмосферного электричества, объяснявшей механизм заряда облаков восходящими потоками влажного воздуха и пыли.

Реализация проекта многоканального электростатического телеграфа (Англия). Для связи использовалась многоканальная линия, количество проводов в которой определялось количеством передаваемых букв сообщения. На приемном конце линии на каждом проводе закреплялась пластина, маркированная буквой и мягкий шарик на тонкой нити. При касании одного из проводов на передающем конце линии кондуктором электрической машины или лейденской банки соответствующий шарик на приемном конце линии показывал отклонение.

**1766г.** Создание дисковых электростатических машин (Дж. Ингенгауз, Дж. Рамсен) для получения значительных по величине электрических зарядов.

**1777г.** Предложение А. Вольта сигнализации по проводам с помощью передачи электростатического заряда. Было предложено для

построения линии подвешивать голые электрические провода на столбах на изоляторах, а в качестве сигнала начала передачи использовать взрыв порохового заряда или горячего газа.

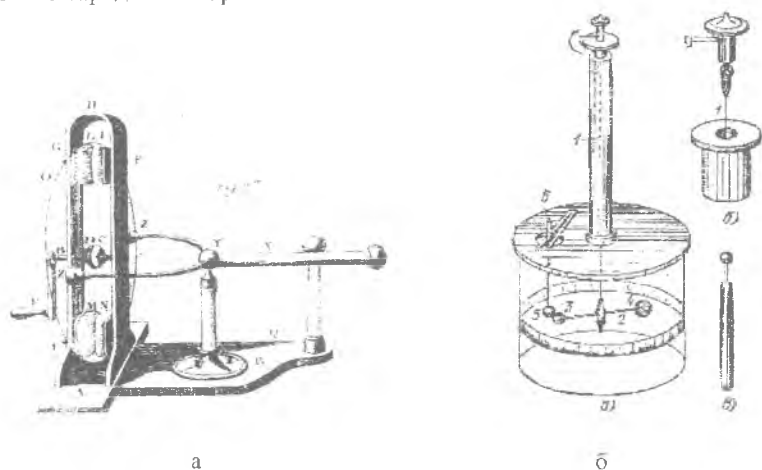


Рисунок 7 – Электростатическая машина Дж. Рамсдена (1766) (а),  
крутильные весы Ш. Кулона (1785) (б),

**1785г.** Установление Ш. Кулоном закономерностей электрических и магнитных взаимодействий. Создание Ш. Кулоном чувствительного прибора для измерения силы электрического взаимодействия, названного крутильными весами. Закон Кулона положил начало научному подходу в учении об электричестве. Поскольку электрические силы оказались подобными ньютоновским силам, то на электростатику распространялись свойства полей ньютоновских сил, изученные в теоретической механике. Так, впоследствии, С. Пуассон распространил понятие потенциала на электрические и магнитные поля, что способствовало быстрому прогрессу теории электричества.

**1786г.** Начало электрофизиологии. Открытие Л. Гальвани наличия кратковременного импульсного электрического тока в тканях лягушки при мышечном сокращении, которое он назвал «животным электричеством».

Исследование Л. Гальвани действия атмосферного электричества и разрядов, полученных от электростатической машины, на живые организмы (в частности, на нервно-мышечный препарат - лапку лягушки) позволило обнаружить, что сокращающаяся под действием зарядов лапка ведет себя как чувствительный электроскоп. Наблюдения сокращения лапки в ответ на замыкание цепи, состоящей из медного крючка, касающегося спинного мозга лягушки и соединенного с железной проволокой, контактирующей с лапкой привело Л. Гальвани к

предположению о «животном электричестве» как причине сокращения лапки.

Однако, в основе наблюдений Л. Гальвани лежали чисто физические явления. В опытах образовывался первый электрохимический элемент; лапка лягушки выступала одновременно в роли электролита для медного и железного электродов и индикатора тока. Впоследствии, подобные источники электричества стали называть гальваническими элементами.

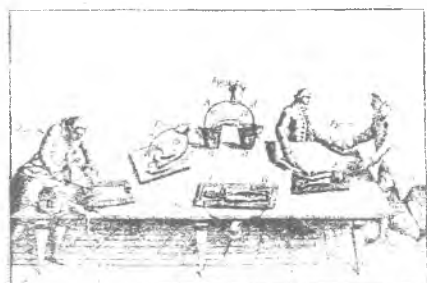
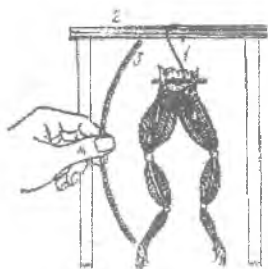


Рисунок 8— Опыты Л. Гальвани

**1792г.** Изучение А. Вольта опытов Л. Гальвани позволило установить физическую природу появления электрического тока. Было установлено, что при контакте различных проводников в цепи возникает электрический ток. В доказательство своих предложений А. Вольта проводил демонстрационные опыты. Так, четыре добровольца образовывали электрическую цепь: первый, брал в одну руку цинковую пластину, другой касался пальцем языка второго добровольца, второй, касался пальцем глазного яблока третьего, третий, касался пальцем спинного мозга препарата лягушки, четвертый, одной рукой касался пальцем лапки лягушки и другой рукой держал серебряную пластину. В момент касания цинковой и медной пластин между собой, первый доброволец испытывал кислый вкус, второй ощущал вспышку света, лапка лягушки сокращалась. А. Вольта отмечал, что все нервы на пути тока реагировали как электрометры, а металлы, от соприкосновения которых возникал эффект, проявляли себя не просто как проводники, а «двигатели» электричества.

**1795 г.** Описание А. Вольта явления контактной разности потенциалов для металлов.

**1798г.** Первая дальняя реализация электростатического телеграфа Ф. Сальва (Испания) на линии Мадрид - Аранхуэс (50 км).

**1800г.** Построение А. Вольта первого не электростатического источника электричества «Вольтова столба», состоящего из серебряных и

цинковых дисков разделенных смоченными суконными прокладками. Это был первый химический источник тока, который оставался единственным источником электричества вплоть до открытия электромагнитной индукции и создания генераторов постоянного и переменного тока.

Открытие источника тока послужило толчком к исследованию тепловых, световых, магнитных и биологических явлений возникающих под действием электрического тока.

Обнаружение Г. Деви и И. Риттером с помощью «Вольтова столба» электрохимического действия электрического тока на вещества. В частности, обнаружение разложения под действием тока воды на кислород и водород и, позднее, гальванического выделения металлов из растворов.



Рисунок 9 – Источники электрического тока – «столбы» описанные А. Вольта в письме к Д. Бенксу (а), элемент Вольта (б)

**1802г.** Открытие А. Фуркруа, В.В. Петровым, а затем Г Деви теплового и светового действия тока. С помощью батареи, содержащей большое количество гальванических элементов (в исследованиях В.В. Петрова - до 2 тыс. медно-цинковых элементов) и угольных электродов была получена электрическая дуга. «Вольтова» дуга явилась первым электрическим источником света и использовалась до изобретения в 70-х годах осветительной лампы Т. Эдисона.

**1816г.** Построение Ф. Рональдсом электростатических телеграфов с двухпроводной линией и синхронизацией передаваемых и принимаемых сигналов с помощью часовых механизмов, запускаемых в приемнике и передатчике сообщения первым сигналом передачи. Вращения дисков с буквами по окружности происходило одновременно на приемном и передающем конце линии. Момент подачи разряда у соответствующей буквы диска фиксировался электроскопом с расходящимися шариками. В

качестве вызывного устройства использовался газовый пистолет, приводимый в действие на расстоянии электростатическим разрядом.

**1820г.** Обнаружение Х. Эрстедом действия электрического тока на магнитную стрелку: ток в прямом линейном проводе отклонял магнитную стрелку, расположенную под проводом. Исследования взаимодействия электрических и магнитных явлений привели к созданию основ электромагнетизма.

А. Ампер, изучая силы, действующие на параллельные проводники с током, установил закон взаимодействия токов в проводниках, положивший начало электродинамике. Ш. Био и Ф. Савар сформулировали закон магнитного действия отдельного элемента тока.

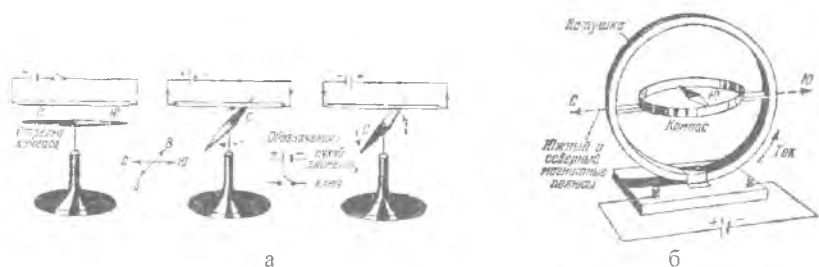


Рисунок 11 – Опыты Х. Эрстеда (1820) (а), тангенс-гальванометр (б)

**1821г.** Открытие А. Ампером магнитного эффекта, создаваемого катушкой с током (соленоид), выдвигание идеи об использовании электромагнитных явлений для передачи сигналов. Создание первого чувствительного прибора для измерения величины слабых токов – «тангенс-гальванометра», представлявшего собой соленоид с помещенной внутри него магнитной стрелкой. При протекании тока через обмотку соленоид магнитная стрелка отклонялась на угол, пропорциональный величине тока. Для устранения влияния магнитного поля Земли на измерения Л. Нобили усовершенствовал прибор. В «мультипликаторе» он совместил на одной оси две стрелки (одна располагалась вне катушки), магнитные полюсы которых были направлены противоположно, что позволило зарегистрировать очень слабые токи.

Установление Г. Дэви зависимости электрического сопротивления провода от его длины и поперечного сечения, а также изменения сопротивления от температуры

**1822г.** Применение П. Л. Шиллингом электрических запалов в саперном деле. Успешные испытания электрических мин на Красносельском полигоне Гвардейского саперного батальона.

### 1.3. Создание электромагнитного телеграфа

**1825г.** Изобретение В. Стерджемом первого электромагнита с сердечником из мягкого железа.

**1827г.** Формулировка Г. Омом основополагающего количественного закона, связывающего силу тока в цепи и приложенное напряжение, введение понятия электропроводности и сопротивление проводника. Ом показал также, что сопротивление проволоки пропорционально ее длине и обратно пропорционально ее сечению.

**1828г.** Выход в свет труда Дж. Грина «Опыт применения математического анализа в теориях электричества и магнетизма», содержащего понятие потенциальной функции.

**1829г.** Предложение А. Ампером способа построения электромагнитного телеграфа. Для передачи сообщения сигнал, соответствующий каждой букве, должен был передаваться по отдельному проводу. На приемной стороне линии наличие сигнала регистрировалось с помощью гальванометров по отклонению соответствующей магнитной стрелки.

**1830г.** Формулировка К. Гауссом основной теоремы электростатики, связывающей поток электрического смещения и величину зарядов, расположенных внутри проводника, позволяющей производить расчеты электрических полей.

Открытие Дж. Генри явления самоиндукции.

**1831г.** Открытие М. Фарадеем явления электромагнитной индукции, определяющего взаимодействие электрических и магнитных полей. В опыте М. Фарадея на железное кольцо наматывались две обмотки, из которых одна подключалась к батарее, другая, к гальванометру. При замыкании цепи первичной обмотки наблюдалось резкое отклонение стрелки гальванометра, при размыкании, отклонение происходило в другую сторону. Другой опыт М. Фарадея заключался во введении постоянного магнита в катушку, соединенную с гальванометром.

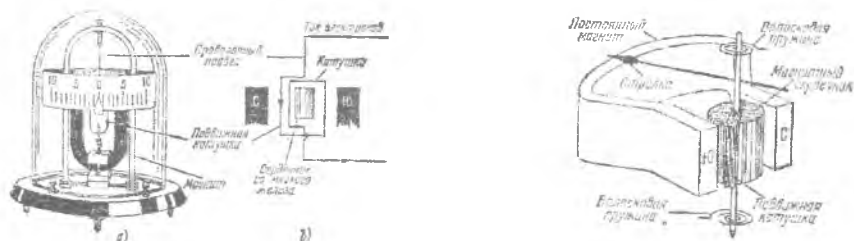


Рисунок 12 – Гальванометр Д'Арсонваля (1882) (а), схема построения магнитоэлектрического гальванометра Вестона (1890) (б)

Всякий раз при движении магнита относительно катушки, стрелка гальванометра отклонялась, фиксируя ток в цепи катушки. Исследования электромагнитной индукции привели к разработке электрических машин: трансформаторов, генераторов постоянного тока, электродвигателей; и т.п., а также к созданию чувствительных приборов для измерения тока.

**1832г.** Появление первых электрических машин, основанных на пересечении магнитных силовых линий вращающимися витками обмотки - генераторов И. Пикси, Б. Якоби, Дж. Генри. Генератор переменного тока И. Пикси содержал подковообразный магнит, который приводился во вращение перед электромагнитом, имеющим U-образный сердечник и обмотку, соединенную с внешней электрической цепью. При вращении магнита в цепи регистрировался электрический ток. Позднее И. Пикси применил коммутатор Ампера для получения однонаправленного тока.

Исследование Э. Ленцем явления самоиндукции в проводниках, формулировка правила Ленца для определения направления тока самоиндукции и ЭДС индукции.

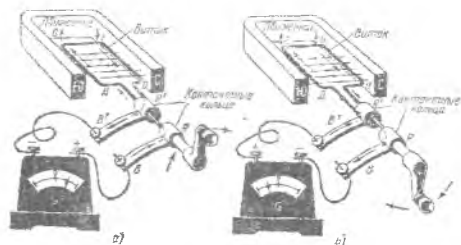


Рисунок 13 - Схема построения генератора переменного тока

Зарождение метрологии. Предложение К. Гауссом и В. Вебером универсальной системы единиц, основанной на основных единицах - миллиграмме, миллиметре, секунде (позднее грамм, сантиметр, секунда - система СГС), которая просуществовала до середины XX века, а затем была вытеснена системой СИ. Разработка эталонов сопротивлений: Э. Ленцем (**1838г.**) из калиброванной медной проволоки, Э. Сименсом (**1860г.**) с использованием ртутного столба.

Разработка П. Шиллингом электромагнитного телеграфа. Индикаторное устройство содержало 6 мультипликаторов для кодирования передаваемого сообщения. Мультипликаторы содержали диски, которые в обесточенном состоянии становились ребром к наблюдателю. Электрический ток в цепи мультипликаторов поворачивал диски либо чёрной, либо белой стороной, в зависимости от направления тока. Передача сигналов «белое» и «чёрное» осуществлялось нажатием



различных клавиш в соответствии с кодом сообщения. П. Шиллинг разработал также изолированный кабель и проводящую линию из проводов, укрепляемых на столбах.

Распространение электромагнитных телеграфов в Европе (аппараты У. Кука и Ч. Уитстона, где в качестве индикаторного прибора использовался стрелочный мультипликатор).

**1834г.** Введение М. Фарадеем понятия о силовых линиях. Теория силовых линий Фарадея явилась теорией поля в первоначальной форме.

**1835г.** Изобретение Дж. Генри электромагнитного реле – устройства, с помощью которого можно за счет малой энергии управляющего сигнала управлять цепями с более мощными источниками энергии.

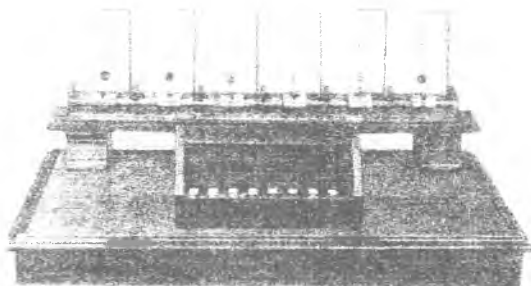


Рисунок 14 – Телеграфный аппарат Шиллинга с 6 мультипликаторами (1832)

Создание С. Негро (Италия) электродвигателя с преобразованием поступательного движения электромагнитов во вращательное. Появление электродвигателей с вращающимся якорем (П. Форман) мощностью до 1 л.с.

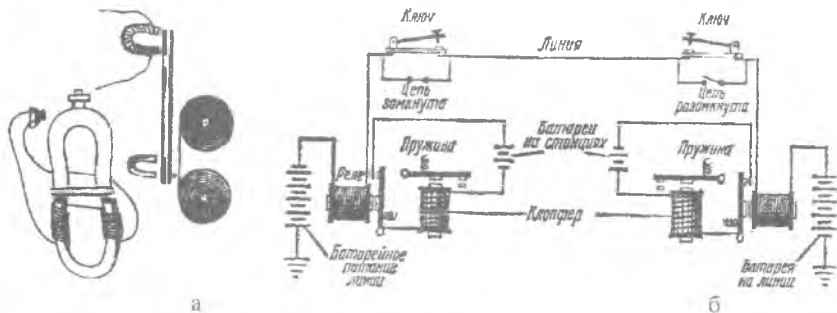


Рисунок 15 – Набросок С. Морзе, иллюстрирующий его идею построения телеграфного аппарата (а), двухпроводная телеграфная система Морзе (б)

**1837г.** Изобретение С. Морзе пишущего телеграфного аппарата с последовательным кодированием передаваемых сообщений. Последовательный код для передачи букв и цифр, состоял из комбинации коротких и длинных посылок («точек» и «тире») – «азбуки Морзе», которая, оказалась настолько удачной, что после небольших изменений Европейским телеграфным союзом, используется в настоящее время. Аппарат Морзе содержал пружинное лентопротяжное устройство для движения узкой бумажной ленты, на которую записывались посылки, и электромагнитный привод пишущего механизма. Сообщения передавались путем прерывания электрической линии с помощью телеграфного ключа.

Начиная с **1844г.** телеграфные линии с аппаратами Морзе соединили большинство городов Америки.

Наблюдение М. Фарадеем поляризации диэлектриков, предположение о распространении электрического и магнитного действия через промежуточную среду, предсказание существования электретов как электростатических аналогов постоянного магнита

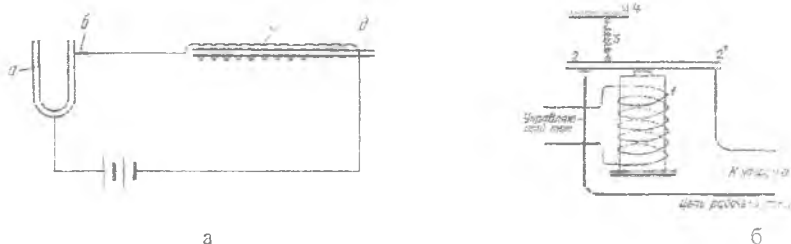


Рисунок 16 - Преобразователь переменного электрического тока в звуковые колебания Ч. Пейджа (1837) (а), электромагнитное реле (б), 1- обмотка, 2- контактная группа, 3- пружина, 4-корпус

Создание индукционных электрических машин для получения высокого напряжения, содержащих трансформатор с 2-мя обмотками, расположенными на общем магнитном стержне. Ток в первичной (маловитковой) обмотке, подключённой к батарее, периодически прерывался, и во вторичной (многовитковой) обмотке возникала индуцированная ЭДС.

А. Массон впервые применил индукционную машину с механическим прерывателем, дающую импульсы высокого напряжения большой частоты для медицинских целей.

Обнаружение Ч. Пейджем явления преобразования переменного электрического тока в звуковые колебания, использованного впоследствии в телеграфии и телефонии. Колебания камертона *а* (рис. 16) размыкали и замыкали цепь соленоида *г* в контакте *б*. Помещенный в соленоид железный стержень *д* издавал при этом звук.

**1838г.** Разработка К. Штейнгелем пишущего телеграфа. Для регистрации сообщения, трубчатые перья, наполненные чернилами, перемещались с помощью электромагнитов, включенных в цепь линии, и прижимались к движущейся бумажной ленте. Комбинации из 2-х рядов точек на бумаге (соответственно по 4 в каждом ряду) составляли буквенно-цифровой код. Штейнгель впервые применил для питания устройства вместо гальванической батареи динамомашину постоянного тока с ручным приводом.

**1841г.** Открытие Дж. Джоулем и Э. Ленцем (1843г.) закона теплового действия тока, устанавливающего связь между электрическим током, протекающим по проводнику, обладающим сопротивлением, временем и количеством выделяемой в проводнике теплоты.

**1842г.** Предположение Х. Допплера о влиянии движения источника звуковых колебаний относительно регистратора на частоту принимаемых колебаний звука (эффект Допплера), экспериментальное подтверждение эффекта для звука было получено Х. Бейс-Баллотом в 1845г., для света - У. Хегинсом в 1867г.

Открытие Дж. Джоулем магнитострикционного эффекта.

**1843 г.** Разработка электромагнитного пишущего телеграфного аппарата Б.С. Якоби. Открытие телеграфной линии СПб - Царское село (25 км.), где Б.С. Якоби впервые применил реле для увеличения протяжённости связи.

В последствии Б.С. Якоби создал первый буквопечатающий телеграфный аппарат (1850г.). Телеграммы печатались с помощью литер, которые были расположены по окружности колеса и прижимались электромагнитом к движущейся бумажной ленте. Поворот литерного колеса осуществлялся с помощью комбинации импульсов тока, передаваемых по линии.

**1845г.** Разработка Ф. Нейманом первой математической теории электромагнитной индукции и установление закона электромагнитной индукции для замкнутых проводников.

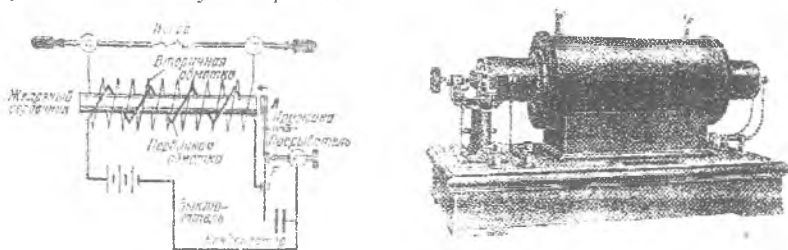


Рисунок 17 – Схема индукционной «катушки» Г. Румкорфа (1848) и ее внешний вид

Открытие М. Фарадеем явлений диамагнетизма и парамагнетизма.

Формулировка Г. Кирхгофом законов электрических токов для разветвлённых цепей. Законы Ома и Кирхгофа впервые дали возможность производить расчёты электрических цепей и легли в основу зародившейся электротехники.

**1846г.** Разработка Э. Сименсом первых электрических изолированных линий – кабелей для прокладки под землей. В качестве изолятора была использована гуттеперча, изготавливаемая из латекса – млечного сока растений, распространённых в Юго - Восточной Азии. Организация вместе с И. Гальске фирмы «Сименс и Гальске», ставшей в последствии крупнейшей электротехнической компанией в Европе.

**1848г.** Изготовление Г. Румкорфом индукционной «катушки» для получения высокого напряжения при проведении физических экспериментов. В цепи питания от батареи первичной обмотки использовался прерыватель вибрационного магнитного типа. Во вторичной обмотке катушки возникало высокое напряжение (до десятков киловольт), дающее в воздухе искру длиной до десятков сантиметров.

**1852г.** Начало в России электротехнического образования: подготовка в Николаевском инженерном училище (СПб) офицеров по применению электричества в сапёрных частях. Позднее, в **1846г.**, образование первого самостоятельного учебного заведения «Технического гальванического заведения» с офицерским гальваническим классом, преобразованного в **1894г.** в Военную электротехническую школу с офицерским классом (приравненную к военным академиям). В Кронштадте для подготовки флотских офицеров в **1824г.** был организован Минный офицерский класс, сыгравший в последствии важную роль в зарождении и развитии радиотехники.

**1853г.** Развитие У. Томпсоном теории электрических колебаний в электрическом контуре, состоящем из катушки индуктивности и конденсатора, вывод формулы для частоты собственных колебаний контура (формула Томпсона).

**1861г.** Трансконтинентальная телеграфная линия соединила восточное и западное побережья Америки.

**1864г.** Создание Дж. Максвеллом теории электромагнитного поля. Обобщая исследования М. Фарадея, Дж. Максвеллу удалось вывести векторное дифференциальное уравнение для стационарных полей, согласно которому каждая линия тока образует вихревую линию магнитного поля (**1856г.**). Решающим шагом в теории Дж. Максвелла явилось (**1862г.**) описание электрической поляризации диэлектриков - «электрической деформации» их молекул, под действием электродвижущей силы, названной электрическим смещением. Ток смещения возникает в каждом

диэлектрике при изменении напряженности электрического поля и всегда дает вместе с током проводимости общий ток.

Уравнения Максвелла, учитывающие токи проводимости и смещения, показывают, что изменения электрического заряда в диэлектрической среде создают переменное электрическое поле, а изменение электрического поля порождают магнитное поле.

Уравнения Максвелла описывают состояние поля во времени и пространстве и показывают, что эти поля ортогонально поляризованы и перемещаются в пространстве с постоянной скоростью (в вакууме эта скорость равна скорости света). Это перемещение является поперечной электромагнитной волной (с плоскостью колебаний, перпендикулярной направлению распространения волны). На основании своих исследований Дж. Максвелл выдвинул предположение об электромагнитной природе света. Из уравнений Максвелла следует существование электромагнитного поля излучения, т.к. вокруг переменного во времени тока создается переменное магнитное поле, способное возбудить в соседнем элементе пространства электрическое поле, которое за счёт токов смещения создаёт новое магнитное поле и т.д.

Уравнения Максвелла связывают величины, характеризующие электромагнитное поле с его источниками, т.е. с распределением в пространстве электрических зарядов и токов, что имеет практическую ценность при расчёте излучающих систем и линий передачи электромагнитных волн.

**1868г.** Создание Ж. Лекланше сухого цинково-угольного гальванического элемента с порошкообразным деполяризатором, ставшего, впоследствии, одним из самых распространенных источников тока.

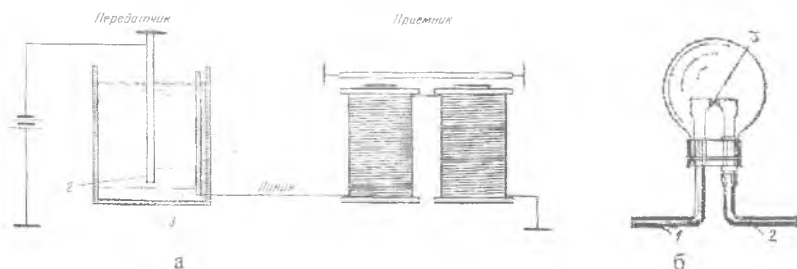


Рисунок 18 - Передатчик и приемник системы «частотного» телеграфирования Ю. И. Морозова (1869)(а), лампа накаливания А. Н. Лодыгина (1872)

**1869г.** Создание Ю. И. Морозовым, профессором Харьковского университета, системы «частотного» телеграфирования для приёма сообщений на слух. Передатчик системы представлял собой прообраз

микрофона (рис. 18). Две пластины: 1 - неподвижная и 2 - закреплённая на одном конце, опущены в сосуд с проводящей жидкостью. При колебаниях пластины 2 электрическое сопротивление цепи изменялось по синусоидальному закону. Переменный ток в цепи, соответствующий частоте колебаний пластины возбуждал мембрану электромагнитного приёмника, создавая звуковые колебания.

**1872г.** Изобретение А. Н. Лодыгиным электрической лампы накаливания.

**1876г.** Изобретение А. Беллом первого телефонного аппарата. Телефонная трубка аппарата содержала электромагнит, вблизи сердечника которого, находилась тонкая упругая мембрана из мягкого железа. Обмотка электромагнита – передатчика сообщения соединялась линией с обмоткой электромагнита – приемника. Колебания мембраны, обусловленные звуковыми волнами голоса, вызывали в цепи линии индуцированный ток, который передавался по линии, и возбуждал электромагнит приемника, вызывая соответствующее колебание его мембраны и создавая звуковые колебания.

**1877г.** Изобретение Ж. Бодо буквопечатающего телеграфного аппарата и предложение телеграфной связи с использованием параллельного пятиэлементного кода для передачи знаков сообщения.

Каждый знак кода Бодо (буква, цифра и т.п.) представлялся комбинацией пяти, одинаковых по длительности, токовых и бестоковых посылок за определенный интервал времени. На время передачи знака в передающем аппарате Бодо к линии последовательно подключались датчики кода, состояние которых (1 или 0) определялось кодом передаваемого знака. В приемном аппарате имелся синхронный коммутатор, с помощью которого восстанавливался передаваемый код и осуществлялась печать знака (в простейшем случае, пробивка на ленте). Использование параллельного кода позволило существенно повысить скорость передачи телеграмм. Впоследствии, метод Бодо был усовершенствован, и используется в настоящее время в телетайпной связи.

По сути дела, Ж. Бодо предложил метод многоканальной связи с временным разделением каналов, который нашел широкое применение в радиотелеметрии.

**1878г.** Обнаружение Д. Юзом свойства несовершенных контактов изменять свое сопротивление под действием звуковых колебаний. Создание угольного микрофона, где в качестве чувствительного элемента использовался угольный стержень. Позднее, (1883г.) П.М. Голубицкий (ученик А. Г. Столетова) предложил микрофон с угольным порошком и четырехполюсный телефон, позволившие получить высокое качество передачи речи при испытаниях на большие расстояния (линия Париж - Нанси, около 350 км).

Открытие компанией «Белл телефон» первой в мире телефонной станции с ручным коммутатором в г. Нью-Хейвенсе (США). В Москве первая телефонная станция была открыта в 1882г. и включила 26 абонентов.

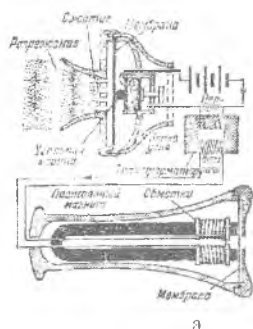


Рисунок 19 - Схema телефонного аппарата Д. Юза (1878) (а), четырехполосный телефон П.М. Голубицкого (1883) (б)

**1881г.** Принятие на I Международном конгрессе электриков международной системы единиц измерения физических величин: электрического заряда - **Кулон**, электрической емкости **Фарада**, напряжения - **Вольт**, сопротивления - **Ом** в память об ученых, заложивших основы электротехники, как науки.

**1884г.** Развитие теории Дж. Максвелла в работах Д. Пойнтинга, О.Хевисайда. Вывод уравнения для энергии, переносимой электромагнитным полем в свободном пространстве.

Изобретение "Электрического телескопа" немецким инженером Паулем Нипковым, предложившим осуществлять развертку и синтез изображения путем установки между регистратором и изображением вращающегося непрозрачного диска с отверстиями, расположенными по спирали от края к центру. Каждое последующее отверстие смещалось к центру относительно предыдущего на его диаметр. При вращении диска на регистратор в каждый момент попадал свет только через одно отверстие, перемещавшееся по дугообразной строке. За один оборот диска перед фотоэлементом проходили в строгой очередности все участки передаваемого изображения. Диск Нипкова максимально упрощал развертку - превращение изображения в последовательность электрических импульсов, но ограничивал четкость изображения - число строк равнялось количеству отверстий.

На приемной станции устанавливался аналогичный диск между источником света и зрителем, причем яркость регулировалась сигналом от фотоэлемента, который был расположен на передающей стороне системы.

Практическое осуществление телевидения с дисками Нипкова относится к концу 20-х годов, когда началось телевизионное вещание с механической разверткой.

1886г. Организация в СПб первого гражданского высшего учебного заведения - Технического училища почтово-телеграфного ведомства с правом присвоения звания телеграфного инженера, переименованного в 1891г. в электротехнический институт (в последствии, Ленинградский электротехнический институт, в настоящее время СПб государственный электротехнический университет).

1887г. Экспериментальное подтверждение Г. Герцем существования электромагнитного поля излучения.

Для создания электродинамических сил был использован «вибратор Герца». Прибор для получения электромагнитного поля излучения состоял из двух соосных металлических проводников с шариками электрического разрядника на сближенных концах. Проводники подключались к катушке Румфора и при возникновении электрических разрядов, в них возникали «быстропеременные» токи, частота которых определялась геометрическими размерами вибратора. В опытах Г. Герца частота колебаний составляла  $10^7 \dots 10^8$  Гц.



Рисунок 20 - Резонатор (а) и вибратор (б) Герца (1887)

Для регистрации электромагнитных волн использовался «резонатор Герца» в виде круглой петли из провода с маленьким искровым промежутком на её концах. В разряднике резонатора, расположенного вблизи вибратора и настроенного на его частоту путем выбора соответствующих геометрических размеров петли, в ответ на разряды вибратора возникали маленькие искры, которые можно было наблюдать через зрительную трубу.

Исследования электромагнитных волн показали, что они обладают всеми свойствами, присущими световым. Тем самым, Г. Герц



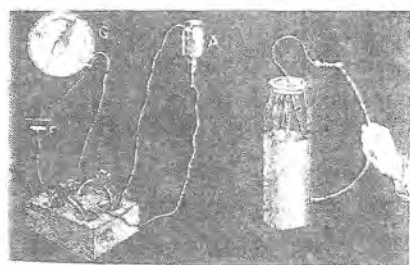
экспериментально подтвердил положение Дж. Максвелла о том, что электромагнитные волны и свет имеют общую природу

После открытия Г. Герца началось интенсивное изучение электромагнитных волн. Высказывались предложения о возможности их использования для связи. Так, в редакционном комментарии к статье О. Д. Хвольсона «Опыты Герца и их значение», опубликованной в 1890г. в журнале «Электричество» (Россия), указывалось, что «возможно развитие исследований с целью построения «телеграфии без проводов» на подобие оптической».

1888г. Изобретение А. Г. Столетовым фотоэлемента - первого фотоэлектрического преобразователя и исследование его свойств. Впоследствии, фотоэлементы стали основой систем передачи изображений (первоначально - фототелеграфа, затем механических систем телевидения).

Создание М. И. Доливо-Добровольским генератора трехфазного электрического тока.

1890г. Обнаружение Э. Бранли возможности использования для регистрации электромагнитных волн свойства мелких частиц (опилок) металлов, заключающегося в резком изменении их электрического сопротивления под действием электромагнитного поля. Прибор Э. Бранли - «радиокондуктор» представлял собой стеклянную трубку с двумя металлическими электродами, между которыми были насыпаны металлические опилки. Электроды радиокондуктора включались в цепь, состоящую из батареи и гальванометра. Большое сопротивление опилок ограничивало ток в цепи, и стрелка гальванометра не отклонялась



а



б

Рисунок 21 - Опыт Э. Бранли по обнаружению электромагнитного поля (1890)

А - трубка с опилками, Г - гальванометр, Р - элемент Даниэля (а).

телефонный аппарат фирмы Эриксон (1891) (б)

При воздействии на радиокондуктор электромагнитных колебаний сопротивление опилок резко уменьшалось, и гальванометр давал отклонение. После прекращения электромагнитного излучения опилки сохраняли низкое сопротивление, которое приходило к начальному значению только после встряхивания трубки. Радиокондуктор оказался

более чувствительным индикатором электромагнитных колебаний, чем резонатор Герца и стал широко использоваться в физических опытах.



Рисунок 22 - Схема и внешний вид резонанс-трансформатора Теслы (1891)

**1891г.** Изобретение Н. Теслой резонанс-трансформатора для получения токов высокой частоты и высокого напряжения. Прибор Тесла содержал катушку Румкорфа, высоковольтная обмотка которой периодически разряжалась на лейденскую банку, соединённую с первичной обмоткой резонанс-трансформатора. Вторичная обмотка трансформатора, настроенная в резонанс с колебаниями, давала очень высокое напряжение (около 100 киловольт) с частотой около 150 кГц. Эти напряжения давали электрический разряд длиной до нескольких метров.

**1893г.** Усовершенствование вибратора Герца А. Риги, О. Лоджем и П. И. Лебедевым. Для получения более мощных колебаний использовались шары большого диаметра и масляная среда разрядника.

Изобретение А. Блонделем электромагнитного осциллографа с бифилярным подвесом зеркала.

**1894г.** Усовершенствование О. Лоджем радиокондуктора Э. Бранли. В приборе О. Лоджа трубка с порошком из металла, названная им «когерером», периодически встряхивалась (с помощью часового механизма и молоточка звонка), что давало возможность восстановления чувствительности прибора к обнаружению электромагнитных волн.

#### **1.4. Изобретение радио - способа передачи сообщений на расстояние с помощью электромагнитных волн.**

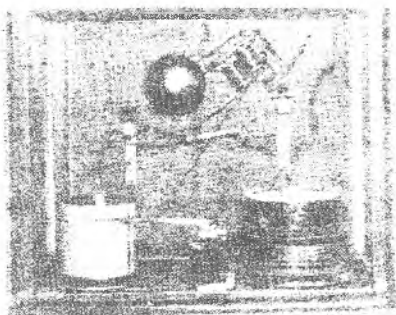
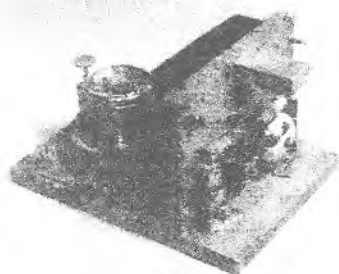
**1895г.** Создание А. С. Поповым «Прибора для обнаружения и регистрирования электрических колебаний».

Исследуя методы создания и регистрации электромагнитных колебаний, А. С. Попов пришёл к выводу о возможности создания беспроводной системы связи. Для передачи сообщений он использовал вибраторы Герца и Риги, вводя в цепь первичной обмотки индукционной



замкнется, и звонок начнет действовать, но тотчас же сотрясения трубки опять уменьшает ее проводимость, и реле разомкнет цепь звонка».

«Такая комбинация, - писал, далее, А. С. Попов, - будет отвечать на электрические колебания, повторяющиеся последовательно одно за другим».



а

Рисунок 24 – Первый приемник (а) и грозоотметчик (б) А.С. Попова (1895)

Прибор для обнаружения и регистрации электрических колебаний был первым средством, пригодным для целей связи. А. С. Попов продемонстрировал свои опыты на заседании физического отделения Русского физико-химического общества в СПб университете (Протокол №151 (201) от 25 апреля (7 мая) 1895г.). Документальное подтверждение этого факта приводится в газете «Кронштадский вестник» от 12 мая 1895г.

«Уважаемый преподаватель А.С. Попов, делая опыты с порошками, комбинировал особый переносной прибор, отвечающий на электрические колебания обыкновенным электрическим звонком, и чувствительный к герцевским волнам на открытом воздухе на расстоянии до 30 сажень...

Поводом ко всем этим опытам служит теоретическая возможность сигнализации на расстоянии без проводников, наподобие оптического телеграфа, но при помощи электрических лучей».

Проводя исследования прибора, А. С. Попов обнаружил, что он реагирует на электрические разряды в атмосфере и может быть использован для метеорологических исследований. Для этой цели А.С. Попов внес изменения в первоначальную схему, подключив к когереру барабанный самописец с часовым заводом ленты и антенну, представлявшую собой длинный провод укрепленный высоко от земли. Антенна для приема электромагнитных волн была ранее предложена Н. Тесла.

Новый прибор «разрядоотметчик Попова» описан в трудах по метеорологии (позднее был использован термин «грозоотметчик»). Чувствительность самописца была достаточно высокой, что позволяло делать записи электрических процессов в атмосфере не только в грозу, но и

в предгрозовой период. В случае слабых воздействий электромагнитных полей атмосферного происхождения, звонок не включался, но самописец давал отметку.

В этом случае, по сути дела, когерер работал как детектор электромагнитных колебаний, что впоследствии было использовано А. С. Поповым в его «телефонном» приёмнике.

**1896г.** Усовершенствование А. С. Поповым своих приборов: использование высокой антенны и заземления, более удачной конструкции подвески и встряхивания когерера.

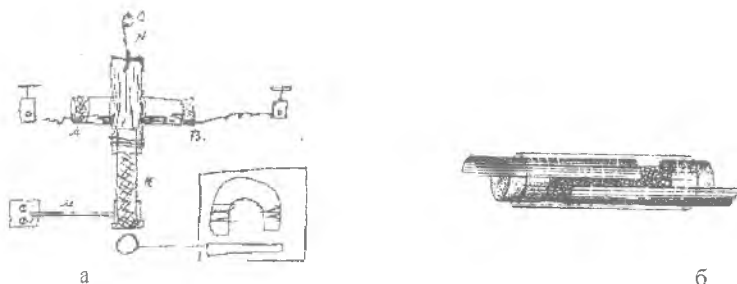


Рисунок 25 – Рисунок А.С. Попова, поясняющий принцип восстановления чувствительности когерера (а), «трубка» А.С. Попова (б)

Демонстрация телеграфирования без проводов на расстояние в сотни метров на заседании физического отделения Русского физико-химического общества, а также в Почтовом и Военном ведомствах России. Принятие решения об использовании систем А. С. Попова на кораблях флота.

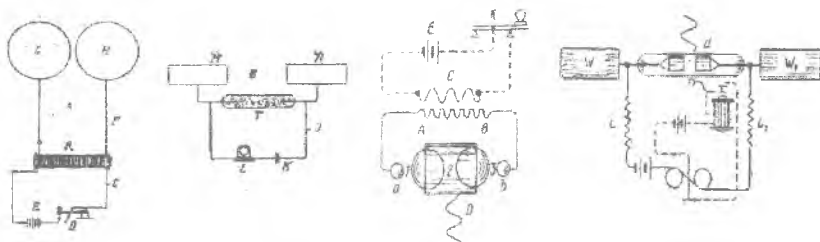


Рисунок 26 – Материалы патента Г. Маркони, схема приемника и передатчика (1897)

**1897г.** Получение Г. Маркони патента Великобритании на «Усовершенствование в передаче электрических импульсов и сигналов и аппаратуре для этого» (заявка от 2 06.1896). Аппаратура Г. Маркони по схеме и принципу действия была построена аналогично приборам А. С.

Попова, разработанным в 1895г. Различие было в конструкции когерера, (Г. Маркони использовал стеклянную вакуумную трубку с серебряными электродами и опилками из серебра и никеля), определявшего высокую чувствительность приёмника. Дальность связи аппаратуры Г. Маркони при испытаниях в Бристольском канале достигала 16 км.

Начало создания фирм для производства радиоаппаратуры: «Маркони и К<sup>о</sup>» (Великобритания), «Телефункен» (Германия), «Дюкрете» (Франция), в России производство велось, в основном, в военном ведомстве (Кронштадская мастерская, затем, Радиотелеграфный завод).

Проведение испытания аппаратуры А. С. Попова на кораблях «Европа» и «Африка». Дальность связи достигала 3 мили. В ходе испытаний было обнаружено явление отражения радиоволн от корабля, находящегося на линии связи.

Создание К. Брауном осциллографа с электронно-лучевой трубкой для визуального наблюдения электрических сигналов. В трубке Брауна катодный луч с большим ускорением движется от катода к экрану, покрытому люминофором - веществом, светящимся при электронной бомбардировке. Вокруг трубки установлена катушка электромагнита, в которую подается исследуемый сигнал. Создающимся при этом магнитным полем луч отклоняется, вычерчивая на экране светящуюся кривую в соответствии с формой исследуемого сигнала.

В усовершенствовании катодного осциллографа принял участие Л.И. Мандельштам, который был в то время ассистентом Брауна. Он разработал генератор пилообразного тока для развертки исследуемого сигнала по горизонтальной оси.

1898г. Разработка А. С. Поповым, Д. С. Троицким, Е. В. Колбасьевым (оба офицера флота) и П. Н. Рыбкиным (ассистент минного офицерского класса) системы радиотелеграфа для флота. Приёмник (рис.27) содержал телеграфный аппарат для записи на ленту сообщений, антенну и заземление (использовалось соединение с корпусом корабля). Антенна представляла собой симметричный вибратор. Передатчик искрового типа имел также антенну и заземление.

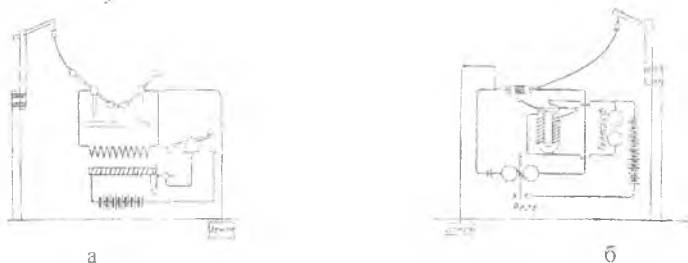


Рисунок 27 – Передатчик (а) и приемник (б) системы радиотелеграфа для флота (1898)

Начало практического использования радиотелеграфа А. С. Попова для связи между Кронштадтом (военный телеграф) и фортом «Константин».

Демонстрация Н. Теслой управляемой по радио модели судна, реализация первой системы радиуправления.

**1898г.** Изобретение В. Паульсеном аппарата для магнитной записи звука — «телеграфона». В качестве носителя информации использовалась стальная проволока, намотанная на барабан. Для записи и воспроизведения звука использовалась электромагнитная «головка», в зазоре которой перемещалась проволока. Позднее, в **1934г.**, в Германии был разработан аппарат для записи на магнитную ленту — «магнитофон», основные черты которого сохранились в современной звукозаписывающей аппаратуре.

**1899г.** Открытие П. Н. Рыбкиным и Д. С. Троицким детекторного эффекта когерера при приеме слабых сигналов. В качестве регистратора сообщений в приемнике использовалась телефонная трубка для «слухового» приема сигналов. Изучение А. С. Поповым эффекта детектирования и его реализация в приемниках позволила довести дальность связи, при «слуховом приеме», до 40 км.

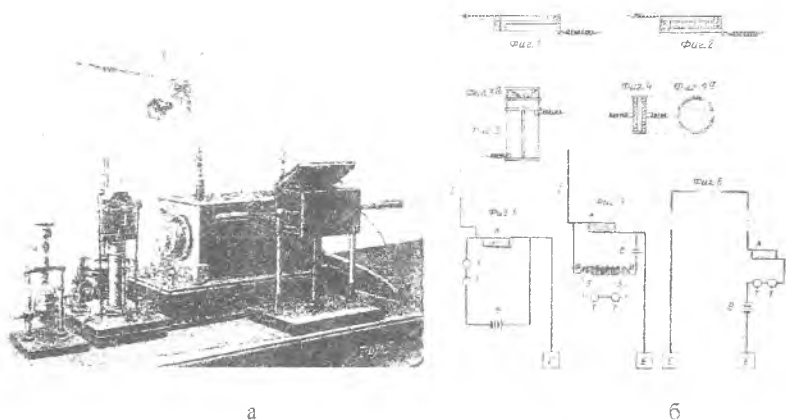


Рисунок 28 – Корабельный передатчик фирмы Дюкрете (а), материалы патента А. С. Попова (1899) (б)

Получение А. С. Попова патента (Россия, Франция, Англия) на принципиально новый тип «телефонного приемника депеш, посланных с помощью какого-либо источника электромагнитных волн по системе Морзе» (рис. 28). Разработанная А. С. Поповым система телефонного приема была реализована позже в аппаратуре фирмы «Дюкрете».

**1900г.** Строительство первой радиостанции для связи кораблей в Балтийском море на островах Гогланд и Кутсаю. Спасение рыбаков на дрейфующей льдине благодаря передаче радиogramмы на ледокол «Ермак».





колебания, присоединив к дуговым электродам колебательный контур - индуктивно-емкостную цепь. Частота полученных колебаний определялась параметрами цепи. Генератор Дудделя первоначально работал в диапазоне звуковых частот и получил название «поющей дуги».

1901г. Осуществление компанией «Маркони» связи через Атлантический океан на расстоянии около 3500 км. Искровой передатчик мощностью 25 кВт (Англия, местечко Полдью) имел антенну в виде веера из 50-ти медных проводов, подвешенных вертикально к мачтам, высотой 48 м. Приемник когерентного типа, работающий в режиме детектирования слабого сигнала, был установлен в Ньюфаундленде (США). Г. Маркони использовал в качестве детектора высокочувствительный когерер М. Томмасина, не требующий встряхивания. В этом устройстве между 2-мя латунными электродами была помещена капля ртути.

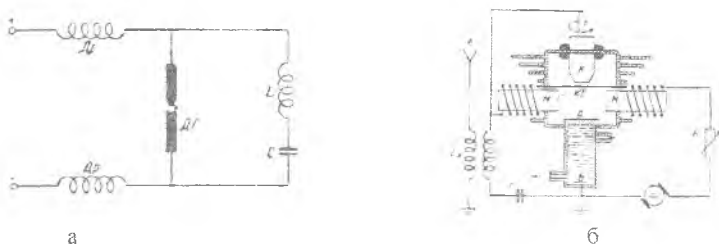


Рисунок 30 - Дуговой генератор Дудделя (1900) (а).  
передатчик Паульсена (1902) (б)

Детектирующий эффект возникал вследствие резкого падения сопротивления в слое окиси ртути на поверхности электродов при воздействии электромагнитных колебаний. В отсутствии сигнала плёнка окиси восстанавливалась, и сопротивление когерера быстро возрастало. Приёмная антенна первоначально поднималась воздушным змеем. Сигналы передатчика, на волне 360м передававшиеся азбукой Морзе, принимались в приёмнике на слух.

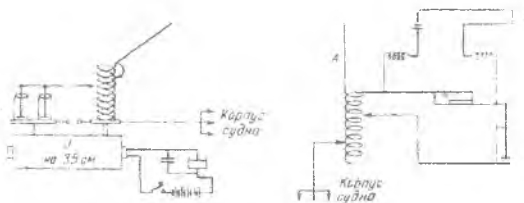


Рисунок 31 - Схемы корабельного передатчика и приёмника А. С. Попова (1901)

Испытания «сложных» схем корабельных приёмника и передатчика А. С. Попова на Черноморском флоте с дальностью действия до 80 миль. Строительство первых радиотелеграфных станций в России в Военном ведомстве и по линии Министерства внутренних дел.

Оснащение первой Тихоокеанской эскадры станциями фирмы «Дюкрете» - крейсеров «Варяг», «Россия», «Громобой», береговых станций (Порт-Артур, Владивосток). Владивостокская станция имела радиус действия над водной поверхностью до 1000км. Передача осуществлялась азбукой Морзе русского алфавита и с помощью кодов. Радиостанции крейсеров имели настройку 360м.

1902г. Совершенствование когереров, обладающих способностью самовосстановления высокого сопротивления в отсутствие электромагнитных колебаний. Такие приборы стали называть «волноуказатели», термин «детектор» возник позже. Кроме прибора М. Томмасына, были разработаны электролитические волноуказатели Шлемильха, де Фореста, Ферье.

Эти приборы содержали два электрода (например, из платины) опущенные в слабый раствор электролита (например, серной кислоты). Детектор включался в цепь, содержащую потенциометр, телефон и батарею, причем напряжение на электродах выбиралось так, чтобы ток поляризации был равен нулю. Высокочастотные колебания вызывали деполаризацию, и падение сопротивления детектора. Через телефон протекал ток, вызывая колебания мембраны в соответствии с изменением амплитуды колебаний передатчика.

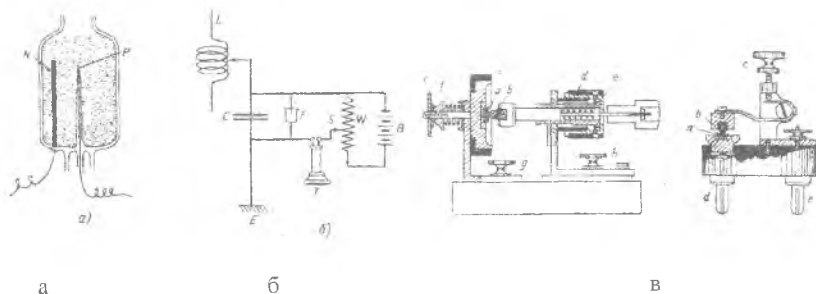


Рисунок 32 – Электролитический детектор Шлемильха (а) и его включение (б) в схему приснника, конструкции кристаллических детекторов (в) (1902)

Использование К. Брауном, открытого им ранее явления односторонней проводимости металлических сульфидов и ряда других веществ, для построения кристаллических детекторов. Эти приборы не

требовали для своей работы батареи и стали основным типом детекторов в первые десятилетия развития радио

Совершенствование передатчиков за счет использования схем ударного возбуждения с разрядниками с многократно подразделенным воздушным промежутком.

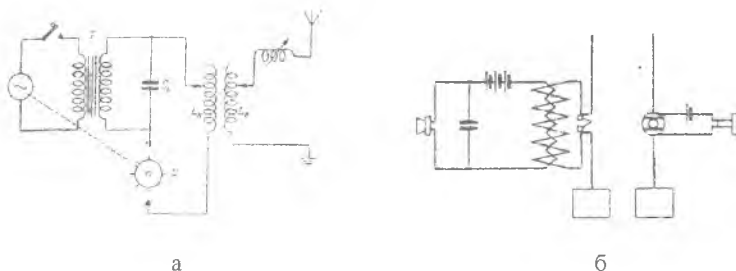


Рисунок 33 – Передатчик Г. Маркони с вращающимся разрядником (1902) (а), схема опытов А.С. Попова и С.Я. Лившица по радиотелефонии (1903) (б)

Проводимость разрядника резко снижалась после затухающих колебаний контура, что повышало КПД передатчика. При питании передатчика от генератора повышенной частоты (200-1000Гц) в приемнике после детектирования прослушивались музыкальные тональные сигналы, что облегчало прием в условиях помех и мешающего действия других радиостанций. Г. Маркони предложил передатчик ударного возбуждения с вращающимся разрядником, установленном на одном валу с генератором тока повышенной частоты, питающим передатчик, что повышало стабильность генерации колебаний.

Начало разработки мощных дуговых передатчиков незатухающих колебаний на основе схемы Дудделя. Дуговые генераторы системы Паульсена позволили получать незатухающие колебания на частотах до нескольких сотен килогерц. Мощность генераторов составляла от единиц до тысяч киловатт. Для повышения мощности, дуговой промежуток помещался в камеру с водородом высокого давления и магнитным полем. Телеграфная манипуляция осуществлялась путем, коммутируемой с помощью ключа, расстройки выходного колебательного контура, при которой происходил срыв высокочастотных колебаний (например, путем замыкания части витков катушки индуктивности контура).

**1903г.** Попытка А.С. Попова с С.Я. Лившицем осуществления радиотелефонии с помощью использования искрового передатчика затухающих колебаний. Модуляция колебаний искрового передатчика осуществлялась путем включения микрофона в первичную обмотку катушки Румкорфа.

Дальность передачи достигала 2 км, однако, качество приема было низким, что объяснялось невысокой частотой искровых разрядов передатчика и их непостоянством. Плохие энергетические соотношения, наличие помеховых составляющих звуковых частот в излучаемом сигнале заставляли искать для радиотелефонии не искровые методы генерирования электромагнитных колебаний.

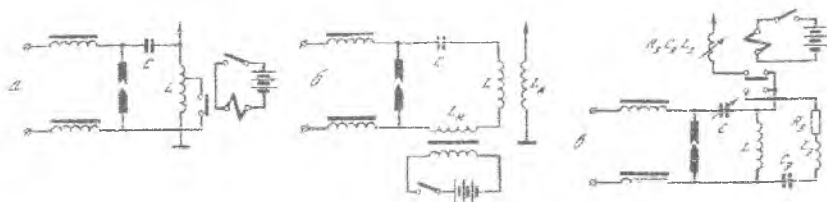


Рисунок 34 – Схемы манипуляции в дуговых передатчиках

На международной конференции по беспроводному телеграфированию принят термин «радиотелеграфия». С этого времени термин «радио» используется как обобщающее понятие связанное с техникой беспроводной связи.

**1904г.** В СПб открыта подготовка специалистов в области радиотехники. Выпущен первый учебник «Беспроволочный телеграф» И.Г. Энгельмана. Для флота подготовка велась в Минном офицерском классе, для армии - в Военной электротехнической школе, для гражданского строительства радиостанций - в СПб Электротехническом институте.

Отряд боевых кораблей России во время Японской компании был оснащен телефонными приемниками производства Кронштадтских мастерских.

Использование дуговых передатчиков для передача речи и осуществления радиовещания. Телефонная модуляция колебаний осуществлялась путем включения микрофона в антенную цепь или в цепи питания дугового промежутка. Таким образом, была реализована амплитудная модуляция несущей частоты мощного передатчика. Телефонные приемники, осуществляющие прием колебаний передатчика, содержали амплитудные детекторы принимаемых высокочастотных колебаний. Однако для дуговых генераторов была характерна нестабильность режима работы и сложность в настройке и обслуживании, что, впрочем, не ограничивало их использование в мощных передатчиках (радиостанция Бордо (Франция) мощностью 1000 кВт содержала генератор Паульсена весом 80т).

## 1.5. Возникновение радиоэлектроники

**1904г.** Создание Дж. Флемингом вакуумной двух электродной электронной лампы – «диода», на основе использования эффекта термоэлектронной эмиссии, исследованного Т. Эдисоном еще в **1883г.** Дiode Флеминга, обладающий свойством односторонней проводимости, оказался чувствительным и стабильным детектором высокочастотных колебаний.

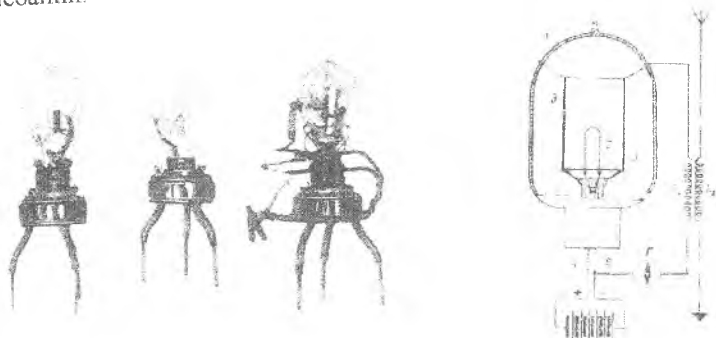


Рисунок 35– Диод Дж. Флеминга в приемной схеме (1904)

**1906г.** Создание радиовещания. Де Форест впервые использовал дуговой передатчик для передачи речи и музыки.

Р. Фессенденом (США, шт. Массачусетс) осуществлено вещание рекламного характера с помощью 128 метровой радиомачты американской Национальной электрической сигнальной компании. Позднее (**1908г.**) Де Форест осуществил проект радиовещания в Париже с антенной, расположенной на Эйфелевой башне.

Берлинская конференция по радиотелеграфному делу впервые ввела международную регламентацию радиосвязи. В соответствии с Международной радиотелеграфной конвенцией был установлен регламент работы береговых и судовых радиостанций. Приоритет отдавался сообщениям о спасении судов независимо от их принадлежности. На судах разрешалось устройство радиостанции мощностью до 1 кВт что обеспечивало дальность связи до 300 км. Для связи с судами были установлены длины волн: 300, 600м.

Строительство береговых станций в России в бассейнах Балтийского, Каспийского моря, в Северном районе и на Дальнем Востоке.

**1907г.** Разработка Ли де Форестом первой усилительной радиолампы – «триода» (первоначальные названия: аудион, вакуумная трубка, катодное реле). Де Форест поместил в диод Флеминга третий электрод – «сетку», отделяющую анод от катода.

Изменяя потенциал на этом электроде, оказалось возможным изменять ток в анодной цепи. Де Форест обнаружил, что чрезвычайно малые изменения напряжения на сетке приводят к заметному изменению анодного тока лампы. Таким образом, установив в анодную цепь нагрузку можно было получить электрическое усиление сигнала.

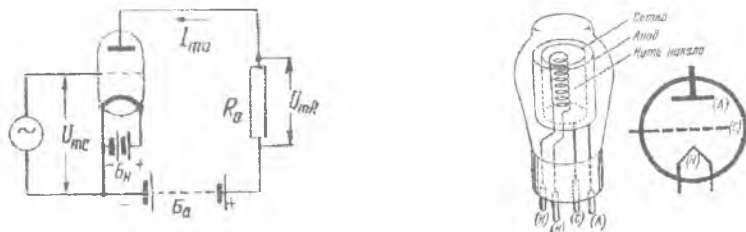


Рисунок 36 — Включение лампового триода

Использование Ли де Форестом триода для создания схемы лампового детектора - усилителя продемонстрировало возможность приема слабых сигналов. В анодную цепь лампы включались телефоны, в которых прослушивались усиленные сигналы от принятой радиостанции. Разработка первых радиоламп позволила создать усилители высокочастотных сигналов с коэффициентом усиления в десятки и сотни раз, что привело к резкому повышению чувствительности приемников.

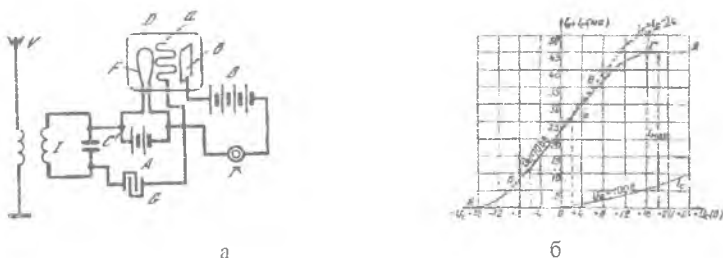


Рисунок 37 - Схема приемника Ли де Фореста (1907) (а), сеточная вольтамперная характеристика триода (б)

Первые лампы имели катод прямого канала (наподобие осветительных ламп) и не высокий вакуум, что затрудняло получение большого усиления.

Б.Л. Розинг использовал трубку Брауна для воспроизведения телевизионного изображения. Введя с помощью двух электромагнитов (по вертикали и по горизонтали) разноскоростную развертку, он получил светящийся прямоугольный растр, состоящий из целого набора строк. Для



смысле получения легкого и простого прибора для широкого использования нужно ожидать, скорее всего, на этом пути».

Однако, телевизионное вещание началось все же на базе оптико-механических систем. Это было связано с тем, что к концу 20-х годов обе системы давали примерно одинаковое качество изображения, а промышленность еще не была готова к массовому выпуску электронных трубок.

**1908г.** Создание «Русского общества беспроволочных телеграфов и телефонов» (РОБТиТ) при содействии военного ведомства России, ставшего впоследствии главным заказчиком завода РОБТиТ. По заказам Главного военно-технического управления завод создал мощные радиотелеграфные станции - стационарные, полевые, автомобильные, переносные, ранцевые и др. Морское министерство разместило заказы на береговые радиостанции службы наблюдения и связи мощностью 0,5 кВт. С **1910г.** РОБТиТ выпускал дуговые передатчики взамен искровых станций с длиной волны 80-160 м для внутри эскадренной связи. Впоследствии на базе РОБТиТ была организована центральная радиолaborатория (ЦРЛ) и открыт электровакуумный завод (**1922г.**).

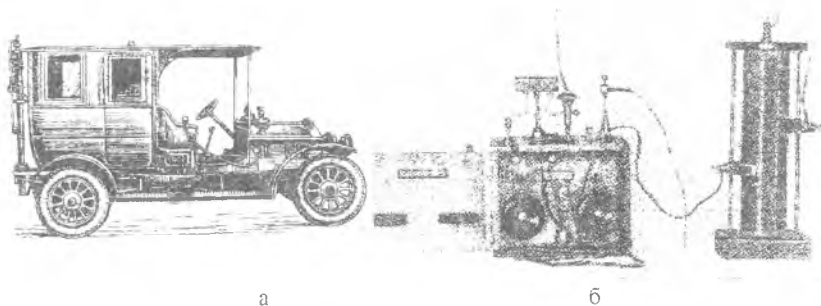


Рисунок 39 - Автомобильная радиостанция РОБТиТ (а), телефонный приемник (б)

**1909г.** Совершенствование дуговых передатчиков для радиотелефонной связи. Использование последовательно соединенных дуговых промежутков (генераторов с многократной дугой) сократило габариты и вес передатчиков и позволило строить переносные радиостанции. Мощные дуговые радиостанции питались от машин постоянного тока напряжением несколько сотен вольт.

Г. Маркони и К. Браун удостоены Нобелевской премии за заслуги в области развития беспроволочной телеграфии.

Начало интенсивного развития отечественной военно-морской радиотехники. Перевооружение флота передатчиками ударного



возбуждения с мощностью 0,5; 1,2; 8 кВт в диапазоне волн от 200 до 2000м. В 1910...1912 г.г. введены в строй мощные береговые радиостанции 25, 15, 8 кВт. Для морской авиации на Балтийском побережье построены «радиостанции-компасы» В статье А.А. Петровского «При наших условиях возможно помешать противнику пользоваться радиотелеграфом» были заложены основы систем радиопротиводействия.

Антенные радиопеленгаторы содержали, вначале, 16 переключаемых рамочных антенн, позднее использовались 2 взаимно перпендикулярные рамки и подвижная катушка гониометра, позволяющая определять направление на работающую радиостанцию с точностью до 2 градусов.

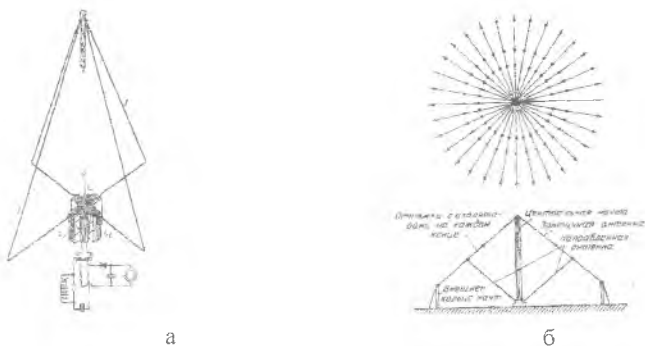


Рисунок 40 - Направленная антенна для радиопеленгаторов (а), Пеленгаторная антенна с гониометром Беллини и Този (б)

1910г. Исследование Л. Остиным (США) закономерностей распространения радиоволн в диапазоне от 1000 до 3750 м на расстояниях в пределах 2000 км, позволившее определить зависимости для расчета дальности действия радиостанций (было обнаружено, в частности, что для данного диапазона волн дальность пропорциональна длине волны и мощности передатчика).

Расширение применения длинных волн для дальней связи. В Европе число радиостанций к концу 1910г. достигло более 1500.

Использование передатчика, расположенного на Эйфелевой башне для подачи радиосигналов точного времени (в 00 и 12 GMT).

Совершенствование мощных отечественных искровых передатчиков. Увеличение полезной мощности достигалось увеличением частоты разрядов (увеличение рабочего напряжения и емкости контура было ограничено). 100-кВт радиостанция на Ходынке в Москве содержала 12 последовательных аккумуляторных батарей напряжением 1000В, параллельно соединенных с машинами постоянного тока и вращающийся разрядник, в котором частота разрядов определялась скоростью вращения

диска с электродами-зубцами. Телеграфная манипуляция в передатчике осуществлялась коммутацией высоковольтной цепи с помощью реле.

**1911г.** Разработка И.И. Ренгартемом, преподавателем Учебно-минного отряда Балтийского флота, - «звучащей» радиостанции типа УМО (учебно-минного отряда) для оснащения крейсеров флота.

Передатчик искрового типа с вращающимся разрядником для повышения частоты разрядов питался от генератора переменного тока с частотой 1000 Гц. Повышающий трансформатор давал напряжение на разряднике около 4500-5000 В.. Для настройки передатчика и антенной цепи использовались вариометры. Настройка антенн в резонанс контролировалась амперметром.

Приемник станции был построен по детекторной схеме. Диапазон волн радиостанции находился в пределах 450-3100 м. При приеме колебаний передатчика на телефон прослушивался звуковой тон, обусловленный частотой разрядов, что способствовало высокой разборчивости сигнала относительно помех и увеличению дальности связи.

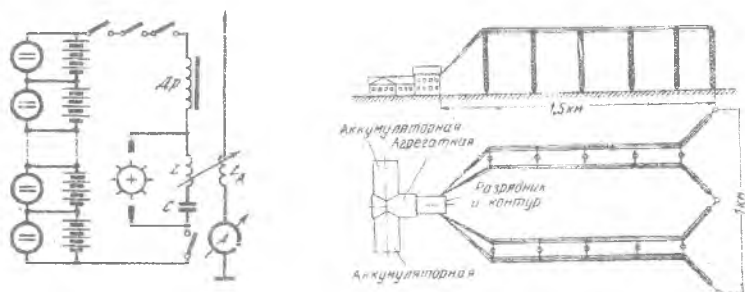


Рисунок 41 - Радиотелеграфный передатчик с вращающимся разрядником (Москва, Ходынка, 1910) и расположение его антенны

Начало развития авиационной связи. Подполковник русской армии Д.И. Соколов впервые организовал передачу радиотелеграфных сигналов с самолета на расстояние до 20 км.

**1912г.** По данным Российского Межведомственного комитета в стране насчитывалось 260 радиотелеграфных станций (2/3 было установлено на судах). Россия занимала 3 место в мире по оснащенности средствами радиосвязи, (первое место занимала Великобритания). Основную часть радиостанций составляли системы А.С. Попова («Дюкрете») и фирмы «Телефункен».



Рисунок 42 - Передатчик (а) и приемник (б) радиостанции типа УМО

Конкуренция компаний, производящих радиоаппаратуру («Маркони» (Англия) и «Телефункен» (Германия) и др.), и их борьба за рынки сбыта продукции, привела к выпуску не совместимых средств морской связи. Неэффективность аварийной связи стала очевидной после катастрофы с пассажирским лайнером «Титаник», столкнувшимся с айсбергом в океане. Международная конференция в Лондоне, с участием 150 представителей 37 государств, приняла соответствующие документы по установлению международных норм радиотелеграфных служб для спасения на море.

Исследование способов передачи и приема сигналов показало неоспоримые преимущества использования для этих целей незатухающих модулированных колебаний. Альтернативой использования мощных дуговых генераторов стал способ получения токов высоких частот с помощью электрических машин-генераторов. Первые машины высокой частоты для радиотехники были созданы Р. Фессенденом (США) в 1906г.

Для создания машин использовался широко известный индукционный принцип построения генераторов переменного тока. Основной трудностью в машинах высоких частот была реализация высокой скорости вращения ротора (до 10 тыс. об/мин) и увеличения числа его полюсов.

В.П. Вологдин в 1912г. построил генератор на частоту 60 кГц с мощностью 2 кВА для флотских радиостанций. КПД машинных генераторов доходил до 80%.

Для повышения рабочей частоты совместно с машинными генераторами включались умножители частоты, построенные на трансформаторах, работающих в нелинейном режиме намагничивания. Машины относительно невысоких частот совместно с умножителями позволили построить достаточно мощные передатчики средневолнового диапазона волн.

М.В.Шулейкин в 1916г. применил утроение частоты с помощью резонанс-трансформатора, первичная обмотка которого настраивалась в резонанс с машиной, вторичная - на утроенную частоту. Передатчики с

угроением частоты устойчиво работали в 1917-1918г.г. на радиотелеграфных линиях (СПб-Тверь-Ревель).

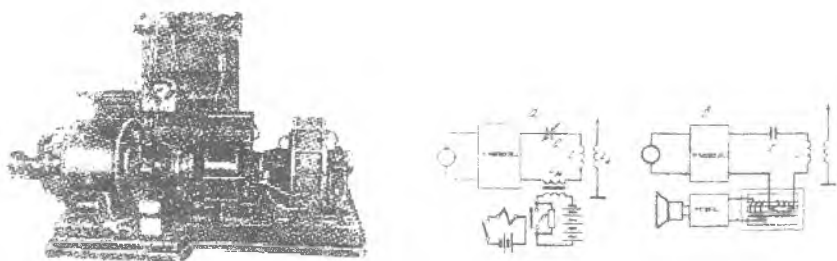


Рисунок 43 - Машина высокой частоты конструкции В.П. Вологодина (1912). методы модуляции в электромашинных передатчиках

Манипуляция передатчиков с электрическими машинами в качестве генераторов незатухающих колебаний вначале осуществлялась путем расстройки колебательного контура. Модуляция производилась путем управления высокочастотным током, например, путем изменения амплитуды возбуждения генератора, или в антенном контуре.

По сравнению с дуговыми передатчиками, машинные генераторы имели значительно больший КПД (в 2-4 раза), большую стабильность частоты, обеспечивали качественную амплитудную модуляцию для телефонии и радиовещания.

Электромашинные генераторы оставались основой мощных передатчиков длинных волн вплоть до 30х годов.

Телеграфная работа радиостанций в режиме незатухающих колебаний обеспечивала большую протяженность радиолиний связи, доходившую до нескольких тысяч км. Прием незатухающих колебаний в телеграфном режиме имел особенность: он требовал преобразования постоянного тока на выходе детектора в звуковую частоту слухового приема. Для такого преобразования использовались сначала тикеры – зуммеры, представлявшие собой электромеханические устройства. Позднее, получила распространение идея гетеродинного приема (преобразования частоты). Принимаемая частота создавала в приемнике биение звуковой частоты с колебаниями маломощного генератора - гетеродина, имеющегося в приемнике. Тогда передаваемые высокочастотные колебания в виде коротких посылок манипуляции преобразовывались в приемнике в звуковые сигналы, например, кода Морзе

Г. Леви и Г. Леймбах предложили устройство для корабельной навигации, представляющее собой прообраз импульсного радиолокатора.

**1913г.** Исследование электрических характеристик вакуумных ламп - триодов конструкций И. Ленгмюра, В. Шоттки, Г. Раунда, М.А. Бонч-Бруевича, Н.Д. Папалекси, М.М. Богуславского и др. позволили создать приемно-усилительные лампы с высоким усилением. Совершенствовалась технология производства радиоламп, благодаря достижениям в технике получения высокого вакуума. Работы И. Ленгмюра по разработке парортутного насоса позволили создать условия для начала массового производства высоковакуумных радиоламп.

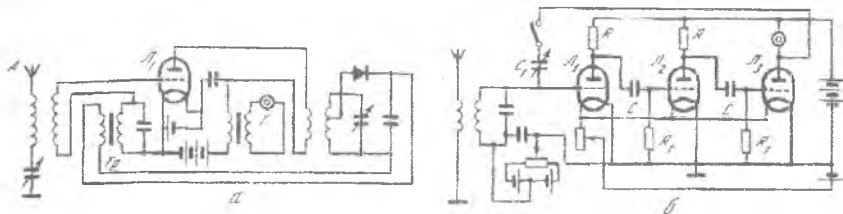


Рисунок 44 - Схемы приемников прямого усиления, а - рефлексная схема Томпсона (1913), б - схема с резистивно-емкостным усилителем низкой частоты

Потребность в радиолампах создавалась из-за роста выпуска ламповых радиоприемников. Схемы первых приемников были построены по принципу «прямого усиления», они содержали ламповые усилители радиочастоты, детекторные каскады, ламповые усилители низкой частоты.

И. Ленгмюр предложил оксидные катоды, что позволило снизить энергопотребление ламп. Г. Раунд предложил цилиндрическую форму анода и сетки, которые располагались коаксиально по отношению к катоду. Эта конструкция ламп получила широкое распространение вплоть до наших дней.

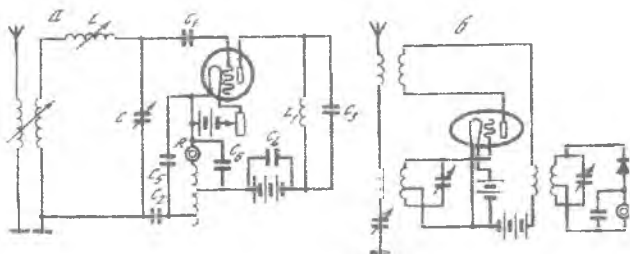


Рисунок 45 - Первые схемы регенеративных приемников (1913), а - схема Армстронга, б - схема Мейсснера - Арко

**1914г.** Фирмы «Маркони», «Телефункен», «Сименс» и др. начали массовое производство радиоламп для приемной и передающей

аппаратуры. В России на заводе РОБТиТ Н.Д. Папалекси создал первую усилительную лампу с коаксиальным расположением электродов. С целью увеличения срока службы, лампа имела рабочий и резервный катоды. Напряжение накала составляло 4В, анодное напряжение - от 40 до 150В. Годом позже был налажен выпуск вакуумных ламп для передатчиков с потребляемой мощностью до 250 Вт. В 1915г. В.Н. Волюнкин на радиозаводе морского ведомства наладил выпуск радиоламп. Лампы имели вольфрамовый катод прямого канала и позволяли получить коэффициент усиления 10.

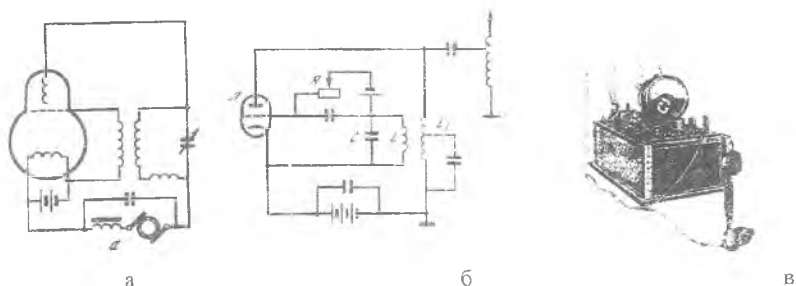


Рисунок 46 - Схема лампыного автогенератора А. Мейснера (1914) (а), первые схемы лампыных автогенераторов (б), внешний вид одной из первых лампыных радиостанций (в)

Э. Армстронгом, А. Мейснером описана регенеративная схема приемника. Схема приемника содержала усилитель радиочастоты, охваченный положительной обратной связью, за счет которой резко возрастало усиление каскада и улучшались его избирательные свойства. Это приводило к увеличению чувствительности и избирательности приемника. Однако при увеличении положительной обратной связи каскад мог самопроизвольно перейти в режим самовозбуждения, и работа приемника нарушалась. Регенеративные приемники нуждались в ручной регулировке и работали не устойчиво. Во время первой мировой войны регенеративные схемы использовались в армейских радиостанциях для приема на слух телеграфных сообщений.

Получение А. Мейсснером патента на лампыный автогенератор незатухающих синусоидальных колебаний Основу схемы составлял контур, частота настройки которого давала частоту колебаний автогенератора, включенный в анодную цепь лампыного усилителя, охваченного положительной обратной связью. Данная схема построения лампыных автогенераторов стала классической. Разновидности схем лампыных автогенераторов предложили Раунд (1914г.), Р. Хартлей (1915г)

1915г. Построение на основе лампыных автогенераторов первых лампыных передатчиков. «Простая» схема передатчика содержала

автогенератор непосредственно связанный с антенной. Однако подобные схемы при использовании модуляции в антенном контуре оказались неустойчивыми, а в коротковолновых диапазонах появлялась нестабильность частоты передатчика. Для устранения этих явлений была предложена «сложная» схема передатчика содержащая буферные каскады между автогенератором и антенной. Ламповые генераторы незатухающих колебаний не могли в то время конкурировать по мощности с дуговыми или электромашинными передатчиками и использовались в маломощных радиостанциях.

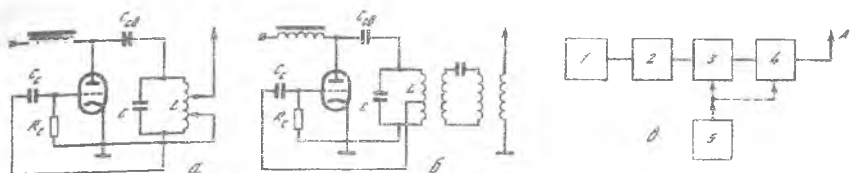


Рисунок 47 - Первые схемы построения ламповых передатчиков, а – «простая» схема, б – «сложная» схема, в - схема с независимым возбуждением (1 – возбуждатель, 2 – буферный каскад, 3 – усилитель, 4 – мощный оконечный каскад, 5 – модулятор)

Предложены многокаскадные передатчики с независимым возбуждением, содержащие задающий маломощный ламповый автогенератор, буферные каскады, каскады усиления с модулятором, мощный выходной каскад. Большой вклад в теорию ламповых генераторов внес А.И. Берг, предложивший использовать анализ Фурье в методике расчета генераторного режима лампы.

1916г. А. Хелл предложил многосеточную лампу для борьбы с динаatronным эффектом. Широкое распространение многосеточные лампы нашли только в 30-х годах в схемах супергетеродинных приемников.

1917г. Э. Армстронг, Л. Леви, Г. Арко, В. Шоттки предложили супергетеродинный принцип построения радиоприемников.

Патент Л. Леви формулировал предмет изобретения так: «Устройство для приема и усиления сигналов без проводов, отличающееся тем, что после преобразования частоты в местную, энергия этой новой частоты подвергается усилению».

Создание схем супергетеродинного приема стало существенной вехой в прогрессе радиотехники в целом. Появилась возможность построения высокочувствительных и высокоизбирательных приемников в высокочастотных диапазонах, где усилительные возможности ламп снижались.

1918г. Начало серийного производства отечественных ламп разработки Нижегородской радиолaborатории - ПР-1 (пустотное реле №1);

позднее выпускалась лампа Р-5 «Микро» и двухсеточная лампа «МДС» (Электровакуумный завод, г. Петроград).

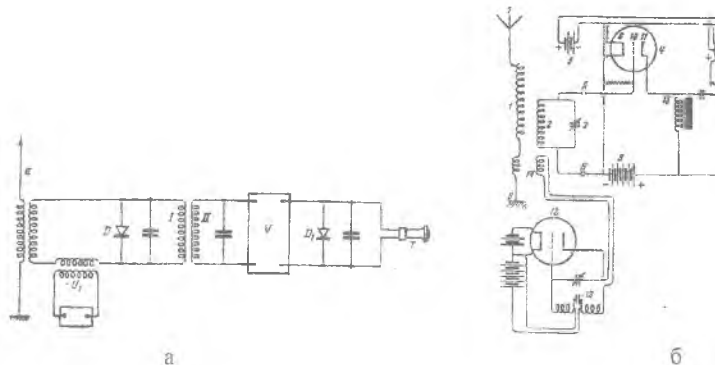


Рисунок 48 – Схемы супергетеродинных приемников  
а – Леви, б - Шоттки

**1920г.** Разработка и освоение фирмой Western Electric лампового радиотелефонного передатчика для самолетов морской авиации. Передатчик содержал 10 вакуумных ламп и работал на волнах 800 и 1600м; дальность связи составила 80 км. Радиостанция фирмы General Electric для летающих лодок имела максимальную дальность 110 км и мощность 500 Вт. Впервые для летчиков был использован специальный шлемофон со встроенными головными телефонами. Военно-морское ведомство США ввело стандартизацию в области схем построения и производства радиосредств (стала возможной взаимозаменяемость радиоламп с целью улучшения ремонтпригодности оборудования).

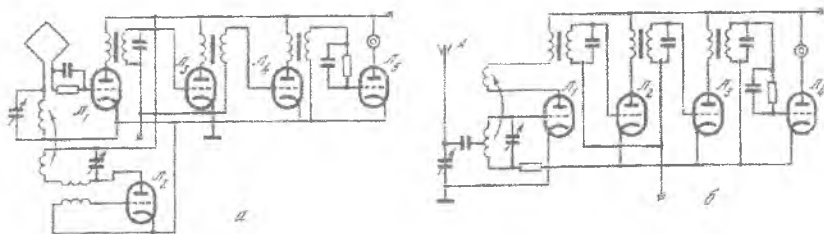


Рисунок 49 - Схемы супергетеродинных приемников 20-х годов, а – с отдельным гетеродином, б – с совмещенным гетеродином

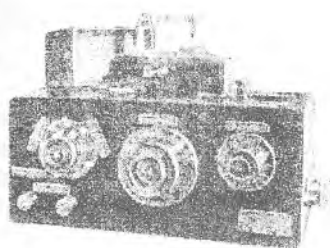
**1921г.** Получение Э. Армстронгом патента на сверхрегенеративный приемник. Идея сверхгенератора заключалась в том, что регенеративный каскад коммутировался с большой (сверхзвуковой) частотой. За время включения регенератора колебания возрастали в соответствии с



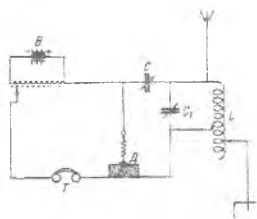
амплитудой входного сигнала, за время выключения падали до нуля, т.е. режим автоколебаний не наступал и приемник работал с максимальным усилением на грани самовозбуждения. Далее, колебания детектировались, и на выходе сверхрегенератора выделялся усиленный сигнал звуковой частоты сообщения.

Создана первая советская передающая самолетная радиотелеграфная станция АК-21.

В США насчитывалось более 500 радиовещательных станций, объем реализации радиоаппаратуры стремительно возрастал: в 1922г. он достиг 60 млн. дол., а в 1923г. - 2136 млн. дол.



а



б

Рисунок 50 — «Кристадина» О.В. Лосева (1922) (а) и его схема (б)

1922г. Открытие сотрудником НРЛ О.В. Лосевым усилительных свойств кристаллических детекторов из цинкита. При исследовании работы детекторных схем, было обнаружено, что включенные определенным образом в колебательный контур приемника кристаллы способны усиливать принимаемые контуром колебания высокой частоты. В определенных условиях схема позволяла осуществлять генерацию колебаний. О.В. Лосев предложил схему регенеративного приемника «кристадина», обладавшего высокой чувствительностью и избирательностью, в котором использовал контакт цинкит-серебро. Кристалл, находившийся под напряжением 8В, обнаруживал свойство отрицательного сопротивления, что вызывало частичную компенсацию потерь в контуре и эффект усиления колебаний.

Работа О.В. Лосева получила мировое признание, как одна из первых экспериментальных работ по полупроводниковой электронике.

1923г. О.В. Лосев впервые зарегистрировал электролюминисценцию в полупроводнике; изучая карбид кремния, он установил связь электролюминисценции с выпрямлением переменного тока, позднее он показал существование в кристалле природных р-п переходов, что явилось основой для создания в последствии полупроводниковых излучающих диодов.

В Нижегородской радиолaborатории разработаны генераторные лампы мощностью 25 кВт для построения радиовещательных передатчиков.

Разработана самолетная радиотелефонная станция АК-23 с дальностью действия 50 км.

1924г. Создана информационная сеть РОСТА, по которой проводились регулярные радиопередачи. В редакциях газет для приема текстов устанавливались радиоприемники с рамочной антенной, содержащие 3-х каскадный усилитель высокой частоты, детектор и 3-х каскадный усилитель низкой частоты.

В Нижегородской радиолaborатории разработана 100 кВт генераторная лампа с водяным охлаждением. В Нижнем Новгороде начала работу радиовещательная станция. В Центральной радиолaborатории (Ленинград) В. Гуровым разработана опико-механическая система передачи изображения.

Принято постановление СНК СССР «О частных приемных радиостанциях», в соответствии с которым, отдельным гражданам предоставлялось право самостоятельно создавать или приобретать радиоприемники и пользоваться ими для прослушивания широковещательных передач.

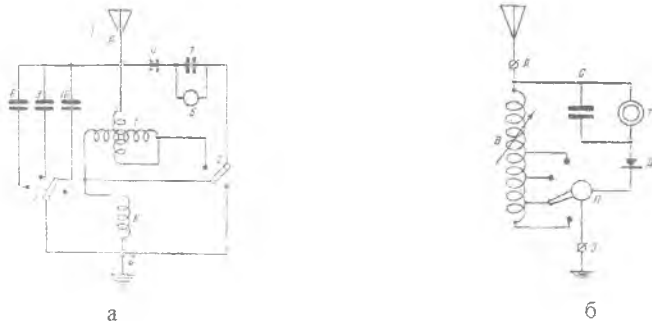


Рисунок 51 – Схемы детекторных приемников ЛДВ-5 на диапазон волн от 200 до 1500 м (а) и детекторного приемника С.И. Шапошникова (б)

Выпуск первых промышленных бытовых радиоприемников. Детекторный приемник «ЛДВ» (Трест заводов слабого тока, г. Москва) имел фиксированную настройку на волну радиостанции им. Коминтерна (3200м). Кристаллический детектор позволял вести регулировку положения острия стальной проволоки на кристалле, для поиска наилучшей точки детектирования.

Ламповый радиоприемник «Радиолина» состоял из нескольких блоков, включающих контур, с диапазоном перестройки 450-3400м, усилитель высокой частоты, детектор и усилитель низкой частоты.

В приемнике использовались лампы Р-5 с вольфрамовыми нитями, потреблявшими ток около 0,6А. В комплект установки входил диффузорный громкоговоритель «Рекорд».

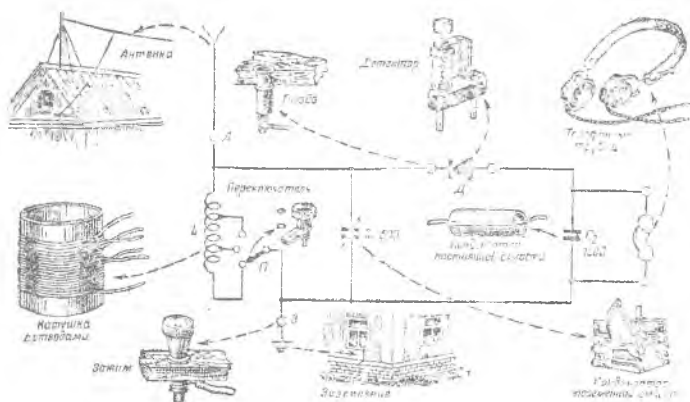
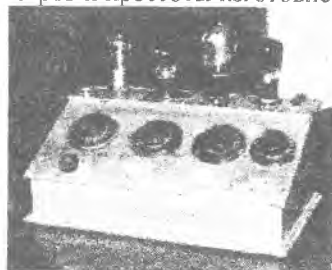
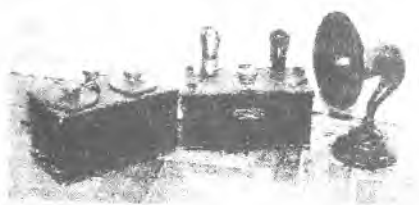


Рисунок 52 – Схема детекторного приемника в журнале «Радиолобитель»

Начало отечественного радиолобительского движения, получившего широкую поддержку государства. Начат выпуск журналов «Радиолобитель» (впоследствии «Радио») и серии популярных книг «Библиотека радиолобителя», где публиковались простые и доступные в изготовлении в домашних условиях схемы радиоаппаратуры. Опубликованная сотрудником НРЛ С.И. Шапошниковым конструкция детекторного приемника, получила большое распространение благодаря сочетанию хороших электрических параметров и простоты изготовления.



а

б

Рисунок 53 – Приемник «Радиолина» (1924) (а), приемник БЧ (1926) (б)

Предложение М.А. Бонч-Бруевичем использование метода частотной модуляции (ЧМ) для радиотелефонии в КВ диапазоне,

обоснование им энергетического выигрыша и повышения помехоустойчивости ЧМ.

Первая передача изображения – «фоторадиограммы» из Нью-Йорка в Лондон фирмой RCA

1925г. К. Дженкинс публично продемонстрировал электромеханическое «радиовидение». Он передал с территории морской авиабазы (Арлингтон) в свою лабораторию (Вашингтон) изображение окружающей обстановки.

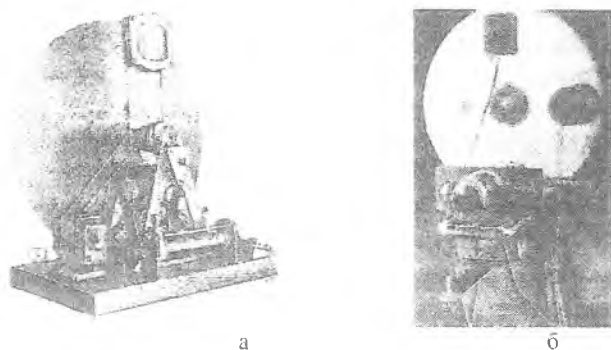


Рисунок 54 – Приемник (а) и передатчик (б) системы электромеханического телевидения

Ф. Лбов (Нижний Новгород), один из первых советских коротковолновиков - радиолюбителей с помощью радиостанции мощностью 15 Вт установил связь со странами Европы и Азии.

Предложение Х. Уилером для повышения качественных показателей радиоприема схемы автоматической регулировки усиления (АРУ). Схема АРУ устанавливала величину усиления приемника в соответствии с амплитудой входного сигнала: для слабых сигналов усиление увеличивалось, для сильных - уменьшалось. Напряжение, вырабатываемое специальным детектором, пропорциональное принимаемому сигналу, поступало на сетки усилительных ламп входных каскадов, изменяя их усиление. С конца 20-х годов все многокаскадные приемники снабжаются системой АРУ.

А. Минцем, впервые в Европе, на Сокольнической радиостанции в Москве установлен радиовещательный 0,5 кВт КВ-передатчик (длина волны 86м) Его передачи принимались радиолюбителями всего мира

Начаты работы по созданию магнетронов - генераторов дециметрового и сантиметрового диапазона (А. Слуцкий, Д. Штейнберг).

Середина 20-х годов охарактеризовалась развитием ламповой усилительной техники, в частности, разработкой резистивно-емкостного усилителя низкой частоты и способов формирования его амплитудно-частотной характеристики. Классическая схема усиления, предложенная Г

Ферье (Франция), получила распространение во всем мире и дошла до наших дней. Роль ламповых радиоприемников сильно возросла. Выпуск аппаратуры резко увеличивался. В США в 1922г. в широкой продаже были приемники с 2-3х каскадными усилителями низкой частоты. Для радиовещания использовались две частоты 833 кГц и 1000 кГц, однако, в диапазоне 1,2...1,5 МГц работали частные передатчики.

Реализация многоламповых усилителей выявила трудности в реализации большого усиления для приема слабых сигналов.

Во-первых, усилители, особенно с увеличением рабочей частоты, становились неустойчивыми, что ограничивало усиление, приходящееся на один каскад. Для борьбы с самовозбуждением стали использоваться схемотехнические приемы, например, нейтрализация обратной связи, а также средства рационального конструирования усилителей (экранирование, построение усилителя в виде «линеек», развязка каскадов по цепям питания и т.п.). Для построения высокочастотных каскадов с большим усилением потребовалась разработка радиоламп со слабой внутренней обратной связью.

Во-вторых, было замечено, что прием сигналов очень малой величины становится невозможным из-за появления на выходе усилителя хаотического мешающего сигнала, проявляющегося в виде равномерного шума, маскирующего сигнал. Причина этого явления объяснялась собственными шумами усилителя, связанными с дискретным характером тока в электронных приборах, тепловыми флуктуациями носителей зарядов и т.п. факторами.

В. Шоттки исследовал шумовую составляющую анодного тока усилителя и назвал это явление дробовым эффектом. Впоследствии, рассмотрение приема слабых сигналов на фоне помех стало предметом изучения отдельной области радиотехники - статистической радиотехники.

Международная конференция в Гааге с целью упорядочения работы радиостанций предложила установить высокую стабильность частоты средневолновых передатчиков (величина допускаемой нестабильности < 300 Гц). Параметрическая стабилизация частоты передатчика не давала таких результатов, хотя были разработаны меры температурной компенсации частотной нестабильности генераторов.

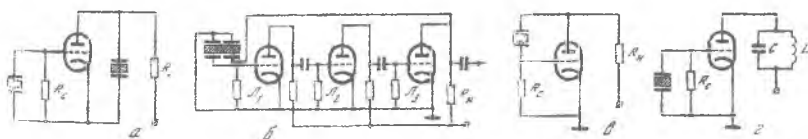


Рисунок 55 -- Схемы кварцевых автогенераторов

Обеспечение стабильности частоты было достигнуто путем использования в автогенераторах резонаторов в виде кварцевых пластинок,

геометрические размеры которых определяли частоту возбуждаемых автоколебаний (схемы автогенераторов Кэди, 1923г., Пирса, 1923г., Кросселя, 1925г., Миллера, 1927г.). У Кэди удалось получить устойчивые колебания при включении 2-х пластинок в сеточную и анодную цепь лампового генератора. Частота этих колебаний не зависела от изменений напряжения питания и температуры и определялась только размерами пластинки. Кварцевая стабилизация частоты до настоящего времени является основным видом стабилизации частоты передатчиков. В диапазонах ДКМВ и короче бесподстроечная и беспоисковая связь становится не возможной без принятия мер по кварцевой стабилизации частоты.

Быстрое развитие получает радиотелефонная техника и радиовещание. Появление ламповых генераторов существенно повысило качественные показатели модуляции, стало возможным высококачественное радиовещание. С начала 20-х годов в США, Германии возрастает количество передатчиков, ведущих информационные и развлекательные программы.

В СССР в 1920г. принимается декрет о строительстве радиостанции «имени Коминтерна» с расчетным радиусом действия 2000 км. В 1922г. состоялась первая передача - музыкальный концерт, прослушиваемый на волне 3200м во многих городах страны (Иркутске, Ташкенте). В ряде городов прием велся с помощью громкоговорящих приемно-усилительных установок, (громкоговорителей), которые размещались на площадях, где собирались слушатели.

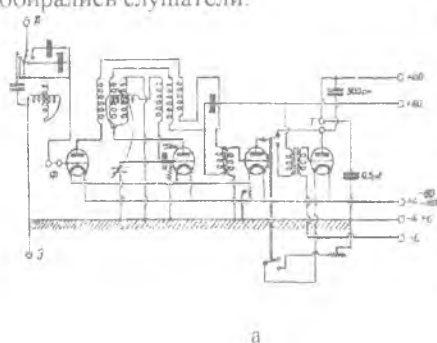


Рисунок 56 - Схема приемника БЧЗ (1926) (а). армейская радиостанция 31-ДП (1928) (б)

К концу 20-х годов появляются передатчики длинных и средних волн мощностью более 100 кВт. Выходные каскады мощных передатчиков строились по двухтактной схеме на лампах с водяным охлаждением.

Происходит становление отечественной радиопромышленности. Создан Трест заводов слабого тока объединивший 11 предприятий (1922г.), организован ряд НИИ, получает развитие Нижегородская

радиолaborатория. В стране зарегистрировано около 25 тыс. радиоприемников.

**1926г.** Начат выпуск радиоприемников серии «Б» конструкции Э. Борусевича (Трест заводов слабого тока, г. Москва) - модели «БВ» (одноламповый), «БТ» (трехламповый), «БЧ» (четырёхламповый). «БТ» и «БЧ» имели по два настраиваемых контура и усилитель высокой частоты, что обеспечивало хорошую избирательность в диапазоне от 250 до 2000м. Усилитель низкой частоты позволял вести прием на громкоговоритель «Рекорд». Питание приемников осуществлялось от батарей.

Открытие радиовещательных станций во всех крупных городах страны. Типовой «концертный» передатчик МД100 мощностью 1 кВт содержал выходной каскад на 2-х параллельно включенных лампах Г250 (500 Вт). Питание передатчика осуществлялось от выпрямителя на ламповых диодах (кенотронах), имеющего собственный генератор переменного тока.

**1927г.** Освоение КВ и УКВ диапазонов. Публикаций исследований об установлении радиосвязи на тысячи км с помощью передатчиков небольшой мощности (до 1000 Вт) и простых и дешевых антенных систем на волнах 20-метрового диапазона.

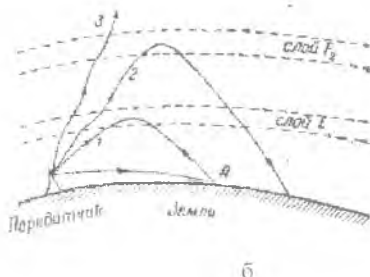
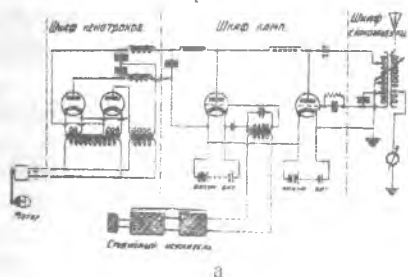


Рисунок 57 - Типовой радиовещательный передатчик (1926) (а), распространение радиоволн различных диапазонов в атмосфере (б)

Г. Маркони, выступая в Американском обществе электро-радиоинженеров, призвал к широкому освоению КВ-техники. КВ-радиостанция мощностью 20 кВт, используемая для связи с Австралией, и размещенная в Великобритании, отмечал Г. Маркони, не уступала по своим рабочим характеристикам 500-кВт станции ДВ-диапазона. Г. Маркони подчеркивал глобальный характер радиосвязи на КВ. Г. Холлборг (США) назвал переход к КВ-диапазону революцией в радиовещании, так как «ни одна нация не может теперь оставаться вне пределов мировой системы из-за ее географической изоляции».

Успехи радиолюбителей в области дальней связи на КВ-диапазонах стали очевидны. При малых мощностях передатчика были установлены связи на многие тысячи км.

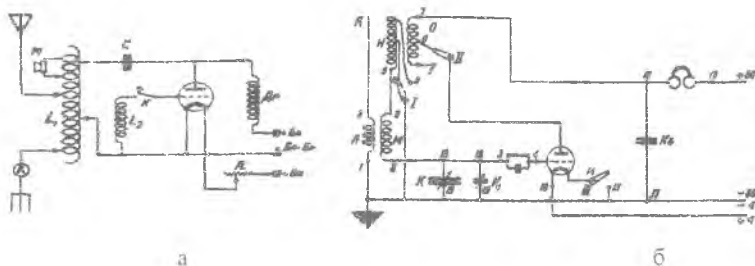


Рисунок 58 - Радилюбительский коротковолновый передатчик (а) и приемник (б)

Схемы радилюбительских приемников строились по регенеративным или сверхрегенеративным схемам, которые обеспечивали достаточное усиление и избирательность. Схемы радилюбительских передатчиков также отличались простотой, что, однако, позволяло при использовании направленных антенн устанавливать связи с радилюбителями всех континентов.

В профессиональной технике связи устойчивый прием в КВ-диапазоне на больших расстояниях требовал использования направленных антенн, а также применения метода «разнесенного» приема, как меры борьбы с замираниями сигнала (федингами).

Дальнейшее развитие получила антенная техника (работы В. Татарина, А. Пистолькорса).

Для связи на небольших расстояниях (т.н. «низовой» связи) в КВ и УКВ диапазонах предложены компактные радиостанции работающие в радиусе нескольких десятков-сотен километров.

Совершенствование радиоприемной техники шло по пути от использования схем прямого усиления к применению регенеративных схем и далее, к использованию более совершенных, супергетеродинных схем. Только супергетеродинная схема позволила преодолеть недостаток ламповой техники 20-х годов - недостаточное усиление при увеличении частоты принимаемых сигналов. Массовое применение супергетеродинной схемы в бытовых приемниках относится к середине 20х - 30х годов.

Принятие на международной конференции по радио (Вашингтон) соглашения о распределении частот между различными службами: наземной, морской, воздушной, и радиовещанием. Впоследствии был создан Международный консультативный комитет по радио (МККР), на заседаниях которого уточнялось распределение частот в связи с появлением новых служб и направлений использования радиоволн.

Х. Яги, К. Окабэ (Япония) создали магнетрон для генерации в СМ диапазоне волн (5,6 см). На его основе была разработана система



остронаправленной радиосвязи для островов, и предложена высоконаправленная антенна типа «волновой канал».

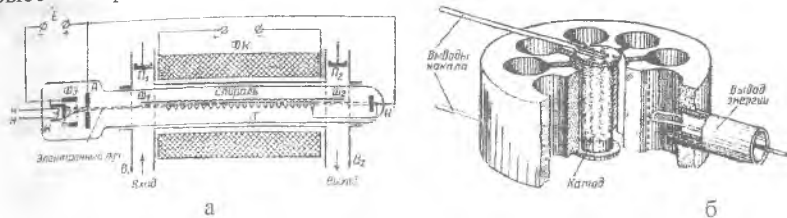


Рисунок 59 – Приборы СВЧ-диапазона: лампа бегущей волны (а), магнетрон (б)

В Москве создается крупнейший в мире радиоцентр с КВ-ДВ передатчиками для связи с Дальним Востоком, странами Западной Европы и Америки.

Появление в Германии и Франции многосеточных ламп (тетродов и пентодов), обладающих более высоким усилением (до 25...30) и малыми паразитными емкостями, что позволяло их использовать для усиления сигналов в КВ-диапазоне.

**1929г.** Выпуск ряда армейских радиостанций, которые были разработаны в период 25 - 28 г.г. заводом им. Коминтерна в Ленинграде. Радиостанции предназначались для обеспечения радиосвязью сетей штаба: артиллерийского полка («31-ДП»), артиллерийского дивизиона («32-ДП»), пехотного полка («5-ДП»); кавалерийского полка («24-ТВ»). В состав радиостанций входили: приемо-передатчик, источники питания, антенное устройство, вспомогательное и запасное имущество. Они обеспечивали телефонную и телеграфную связь в диапазоне от 200 м по 400 м. Выходная мощность передатчика в антенном контуре – около 20 Вт. Дальность действия от 30 км до 70 км – в телеграфном режиме; от 15 км до 30 км – в телефонном режиме.

**1930г.** Начало активного освоения СВЧ-техники (длина волн <10м). Трудности исследований заключались в создании электронных приборов, способных генерировать СВЧ-колебания, обладающих уровнем мощности, достаточным для практического использования. Однако, освоение СВЧ-диапазона позволяло реализовать острую направленность антенн и большую информационную емкость каналов, что было необходимо для создания новых систем (например, в радиолокации и телевидении).

Обнаружение К. Вагнером существования двух типов полупроводников - электронных и дырочных.

**1931г.** Начало радиоастрономии как самостоятельной отрасли науки. Публикация первых результатов наблюдения радиоизлучений, приходящих на Землю из космоса, американским инженером К. Янским, изучавшим помехи радиосвязи на волне 14,6м.

Создание Зворыкиным В.К. первого иконоскопа - передающей трубки, в которой с помощью электронного луча и светочувствительной мозаики происходило преобразование светового изображения в электрические видеоимпульсы.

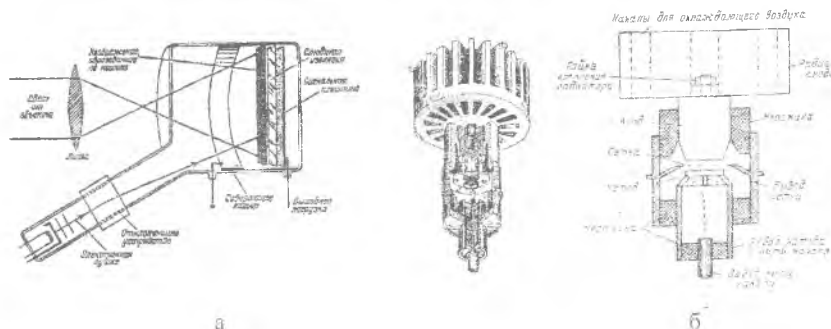


Рисунок 60 - Схема построения иконоскопа (а), металлокерамическая генераторная лампа ДЦМВ-диапазона (б)

«Секрет» иконоскопа заключался в технологии изготовления светочувствительной мозаичной мишени - напылением тонкого слоя серебра на слюдяную подложку и нагреванием ее в печи при 400°C. Тонкий серебряный слой при этом "сворачивался", образуя мозаику из нескольких миллионов, изолированных друг от друга глобул (капелек). После нанесения на них светочувствительного цезия глобулы превращались в миниатюрные фотоэлементы. Слюдяная подложка с противоположной стороны покрывалась сплошным металлическим слоем, образующим сигнальную пластину, с которой гранулы мозаики имели емкостную связь. Таким образом, миниатюрные фотоэлементы становились миниатюрными конденсаторами, накапливающими заряды за время кадра. При проецировании оптического изображения на мишень миниатюрные конденсаторы накапливают заряды в соответствии с освещенностью. Электронный луч, пробегая по элементарным конденсаторам, разряжает их, создавая видеосигнал в цепи сигнальной пластины.

Работа В.К. Зворыкина получила высокую оценку. Так, например, проф. С.И. Катаев писал: «лаборатории, руководимой Зворыкиным, удалось построить ... электронный передатчик телевидения, основанный на совершенно оригинальном принципе, позволивший передавать изображения со значительно большей четкостью, чем лучшие передатчики с диском Нипкова. С этого времени вопрос о том, какое из двух направлений в развитии телевидения следует считать решающим - механическое или электронное, - перестал быть темой дискуссии».

Через 1.5 месяца после доклада в Чикаго, В.К. Зворыкин приехал в СССР и выступил перед специалистами в Москве и Ленинграде с докладами о разработанной им системе телевидения. Его доклады оказали

заметное влияние на планы развития отечественного телевидения. В Ленинграде был создан ВНИИ телевидения, где уже в 1935 г. была разработана первая отечественная система телевидения с кинескопом и иконоскопом.

1932г. На заводе им. Козицкого (Ленинград) начат выпуск первых советских телевизоров с механической разверткой с четкостью изображения 30 строк.

Разработка М.А. Бонч-Бруевичем импульсного дальномера, примененного при ионосферных исследованиях.

Л.И. Мандельштам и Н.Д. Папалекси предложили схему фазового дальномера МПЩ-1 для точного измерения расстояний.

Создание В.К. Заворыкиным, С.И. Катаевым телевизионной приемной трубки - кинескопа диаметром 22,5 см, дающего изображение 16x14см. В телевизионном передатчике использовалось электромеханическая развертка, оптическая система линз и фотоэлемент в качестве фотоэлектрического преобразователя.

1933г. В СССР вступила в строй первая в мире радиовещательная передающая станция мощностью 500 кВт. (Автор проекта А.Л. Минц).

Для реализации большой мощности был применен блочный принцип построения выходных каскадов. Каждый из 6 параллельно работающих блоков содержал 12 ламп ГДО-30 - по 6 ламп в плече (каждая лампа имела мощность 30 кВт).

Задающий генератор имел кварцевую стабилизацию частоты, а каскады предварительного усиления и модуляции обладали мощностью в 50 кВт. Антенна была подвешена на 4х 200-метровых мачтах, находящихся на расстоянии 300 м одна от другой. Прием программ радиостанции им. Коминтерна осуществлялся далеко за пределами страны в Западной Европе, Северной Африке.

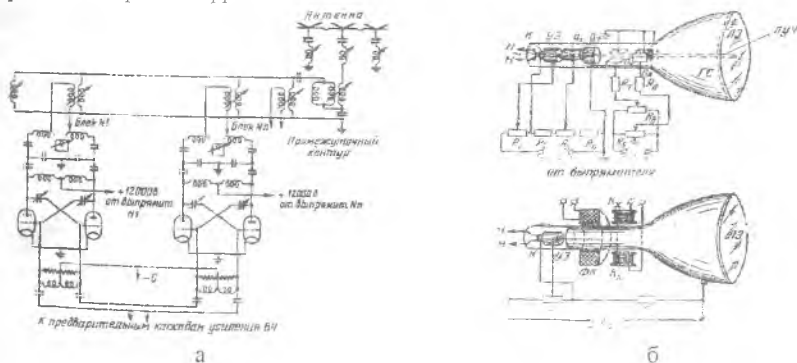


Рисунок 61 - Выходные каскады радиовещательной станции мощностью 500 кВт (а), электростатическая и магнитная электронно-лучевые трубки (б).

П.К. Ощепков, в опубликованной им статье, сформулировал основные принципы импульсной радиолокации для целей противовоздушной обороны.

Создание первой автоматической метеоррадиостанции для передачи данных в Центральную метеорологическую обсерваторию.

И.П. Полевой создал вакуумную приемную ТВ трубку с электростатической фокусировкой и магнитным отклонением луча.

П.В. Шмаков и П.В. Тимофеев предложили более чувствительную, чем иконоскоп, передающую трубку - супериконоскоп, позволяющую вести передачи без сильного искусственного освещения.

Разработка П.П. Кобеко и И.В. Курчатовым теории сегнетоэлектричества.

1934г. В ЦРЛ экспериментально доказана возможность радиобнаружения самолетов с помощью регистрации отраженной электромагнитной энергии. Использовался метод непрерывного излучения. Демонстрация проходила в Москве. Передатчик был установлен в центре Москвы на верхнем этаже дома. Приемник - в районе Новогиреево. В приемник поступали два колебания: сигнал отраженный от самолета и передатчика. Благодаря эффекту Доплера возникали биения, слышимые в телефонах. Аппаратура работала на МВ-диапазоне с использованием дипольных антенн. Диаграмма направленности антенны была достаточно широкой, и координаты самолета определялись приблизительно.

Под руководством Б.К. Шембеля в Ленинградском электротехническом институте разработана радиолокационная аппаратура «Рapid», работающая на волне 4,7м. Самолеты обнаруживались в зоне 3 км на высоте 1000м. ПВО РККА заказало промышленности станции обнаружения «Вега», «Конус».

В СССР началось производство кинескопов для телевизионных приемников, в ЦРЛ разработан серийный иконоскоп.

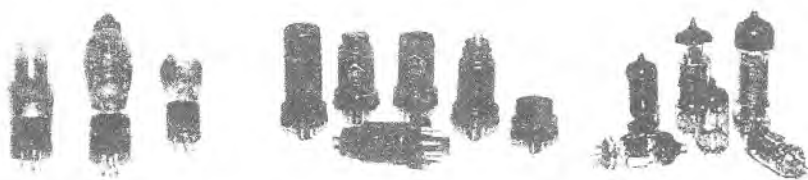


Рисунок 62 - Радиолампы различных серий: «СО»(1934), «октальные» (1937), «пальчиковые» (1955)

Налажен серийный выпуск экономичных приемно-усилительных ламп прямого накала на 2В и 4В в стеклянном баллоне (УБ-107, УБ-110,

СБ-154 и т.д.). Для сетевых приемников выпускались лампы косвенного накала.

Начало производства отечественных супергетеродинных приемников. Приемник «ЦРЛ-8» (завод им. Козицкого, г. Ленинград) был собран на 7 лампах 4-х вольтовой серии «СО», имел 4 диапазона, из них 2 КВ; 17-30м и 30-60м, питание от сети.

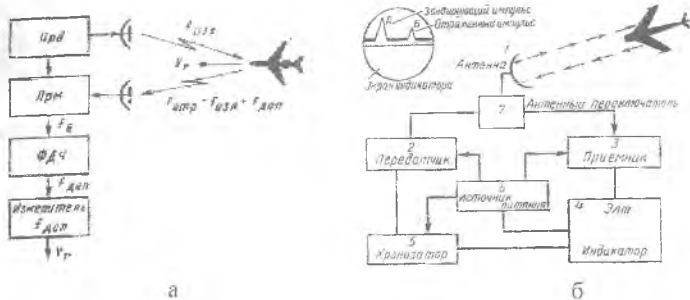


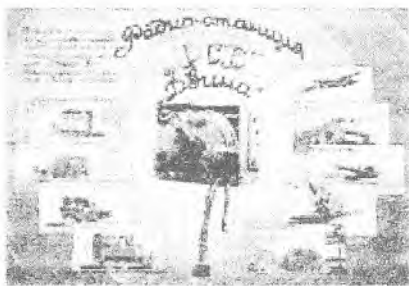
Рисунок 63 – Структура радиолокатора с непрерывным (а) и импульсным (б) излучением

**1936г.** Создание радиолокатора «Енот» с магнетронным передатчиком и антенной с диаметром зеркала 1,5 м. В приемнике использовался диодный преобразователь частоты выделявший доплеровскую частоту, получавшуюся в результате взаимодействия отраженного сигнала от движущейся цели и колебаний передатчика. Дальность обнаружения самолетов достигала 11 км.

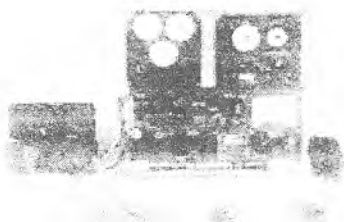
Создание «радиоискателя» самолетов «Буря» для зенитной артиллерии. В комплект аппаратуры входили: магнетронный генератор на волне 24...25 см с мощностью непрерывного излучения 6...7 Вт, две параболические антенны (приемная и передающая) с шириной диаграммы направленности 7-10 градусов, приемник прямого усиления. Максимальная дальность обнаружения по одиночным самолетам составила 11 км, ошибка по азимуту и углу места 3...4 градуса.

Начало производства авиационных радиостанций «РСБ» (радиостанция самолета-бомбардировщика) и «РАФ» (радиостанция, аэродромная в фургоне). Станции имели супергетеродинные приемники «УС» на восьми лампах в металлических корпусах. Полоса пропускания приемника составляла 4,5 кГц, чувствительность приемника - 4 мкВ (телеграфный режим) и 20 мкВ (телефонный режим). Удачная конструкция радиостанций позволила использовать ее во время войны для создания модификаций для различных родов войск. «РСБ-М», «РСД», «РСД-М» (Д - для дальних бомбардировщиков с комбинированным диапазоном СВ и КВ) - дальнего действия; наземные радиостанции средней мощности - «ЗА», «П-АК» (А - автомобильная). Применение самолетной радиостанции типа

«РСБ» в наземных условиях позволило увеличить дальности действия, и использовать более широкий диапазон волн, что сделало возможным применение радиостанции типа «РСБ-М» в новых, самых различных линиях радиосвязи. Первые выпущенные радиостанции с успехом были использованы в боевых действиях на Халкин-Голе в 1939 году.



а



б

Рисунок 64 – Серия радиостанций «РСБ» (1937) (а), модернизированная радиостанция «РСБ-70» (1947) (б)

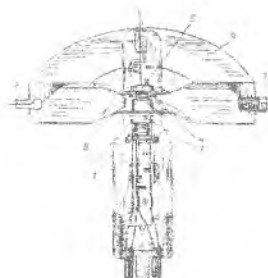
1937г. Начало массового выпуска приемо-усилительных ламп в металлических баллонах с октальным цоколем для аппаратуры широкого применения (6А8, 6Ж7, 6К7, и т.д.) с напряжением накала 6,3 В. Данная серия ламп использовалась до середины 50-х годов в бытовой радиоаппаратуре и была заменена в последствии серией более экономичных «пальчиковых» конструкций радиоламп.

На Воронежском заводе «Электросигнал» организовано конвейерное производство 6-ламповых супергетеродинов 6Н1 на октальных лампах

Создание Н.Ф. Алексеевым и Д.Е. Маляровым многорезонаторных магнетронов сантиметрового диапазона.



а



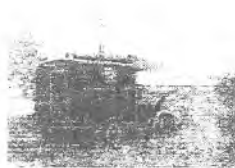
б

Рисунок 65 – Система радиообнаружения РУС (излучающая установка)(а), схема построения отражательного клистрона (б)

1938г. В Ленинградском физико-техническом институте разработан импульсный радиолокатор «Редут», показавший дальность действия по обнаружению самолетов на высоте 1,5 км, до 50 км. Передатчик радиолокатора располагался на автофургоне и работал в МВ-диапазоне с мощностью 50 кВт на специально разработанной лампе ИГ-8 с анодным питанием 20 кВ.



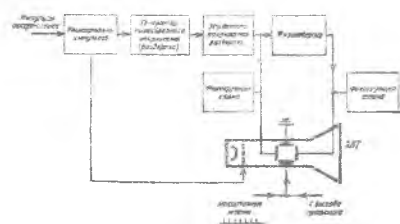
а



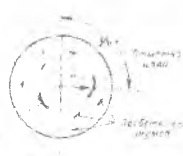
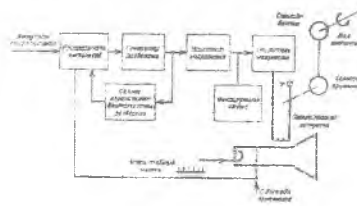
б

Рисунок 66 – Радиолокационная станция «Редут». а - излучающая, б - приемная установка

Использовалась антенна типа «волновой канал» на мачте высотой 12 м. Приемник размещали на другом автофургоне. После испытаний станция под названием РУС-2 (радиоуловитель самолетов), в 1940г. была принята на вооружение ПВО. Эти станции сыграли важную роль в обороне Москвы.



а



б

Рисунок 67 – Индикатор дальности импульсной РЛС с линейной шкалой (а), индикатор кругового обзора (б)

Для повышения точности определения координат цели необходимо было уменьшать длину волны (угловая ширина диаграммы направленности пропорциональна отношению длины волны к размеру антенны).

Предложение М.А.Бонч-Бруевичем метода кругового обзора для точного слежения за самолетом при помощи РЛС с вращающейся диаграммой направленности антенны.

Исследование В. Шоттки потенциального барьера, образующегося в приконтактном слое «полупроводник-металл» (барьер Шоттки), приведшего к построению теории полупроводниковых диодов с таким барьером (диоды Шоттки). Начало использования в детекторных каскадах и каскадах преобразования частоты полупроводниковых диодов.

Изобретение В.Ф. Коваленко генераторной лампы СВЧ-диапазона-отражательного клистрона.

**1940г.** Разработка Н.Д. Девятовым металлического триода для ДЦМВ-диапазона и двухрезонаторного клистрона.

**1941г.** Начало разработки импульсной бортовой самолетной РЛС серии «Гнейс» для обнаружения самолетов противника и ведения огня. В **1943г.** создана первая авиационная дивизия перехватчиков с РЛС «Гнейс-2». Технические данные РЛС: длина волны 1,5 м, мощность излучения до 10 кВт, дальность обнаружения самолета-бомбардировщика до 3500м, точность наведения  $\pm 5^{\circ}$ . В качестве индикатора использовался круговой отметчик, позволяющий наглядно представить положение цели относительно самолета и ее дальность. Более совершенна РЛС «Гнейс-5» была выпущена в **1945г.**

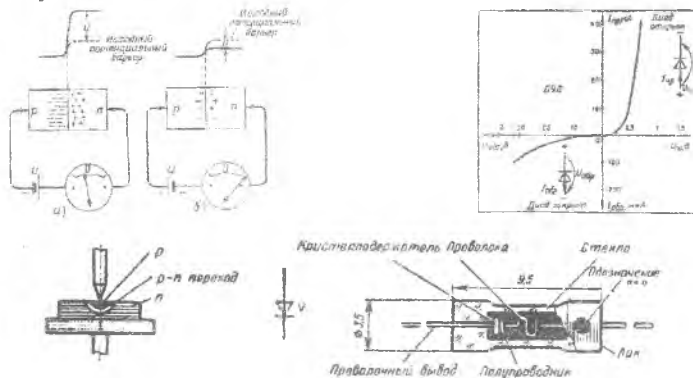


Рисунок 68 - Полупроводниковый точечный диод

Станция устанавливалась на двухместном истребителе и обеспечивала наведение в условиях отсутствия видимости на дальностях до 8 км. Обзор пространства обеспечивался в зоне  $\pm 60^{\circ}$  по курсу и  $\pm 40^{\circ}$  по тангажу, вывод истребителя в хвост противника обеспечивался с



точностью до  $4^{\circ}$  до расстояния 200 м. Антенна станции типа волновой канал располагалась в носовой части самолета. РЛС имела индикатор пилота, позволявшего летчику с дистанции 1,5 км наблюдать цель. Мощность излучения 30 кВт, приемник супергетеродинного типа, масса аппаратуры составила 95 кг.

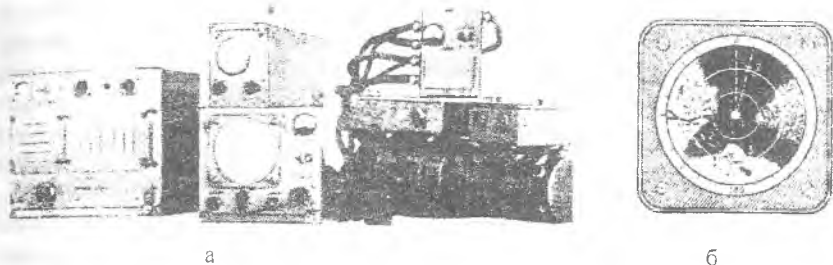


Рисунок 69 – Самолетная РЛС «Гнейс-5». состав аппаратуры (а). экран индикатора кругового обзора при полете над морской поверхностью (б)

Для ВВС ВМФ была создана модификация «Гнейс-5М» для обнаружения целей на морской поверхности. Антенная система включала обзорные антенны - излучающая 6-вибраторная и две приемных на фюзеляже самолета, и пеленгационную излучающую в носовой части, приемные на передних кромках крыльев. Дальность обнаружения надводных кораблей доходила до 30 км. Точность выхода на цель для бомбометания достигала 150...480 м в зависимости от высоты полета.

РЛС серии «Гнейс» могла использоваться для привода самолета к наземному маяку с расстояния 90 км.

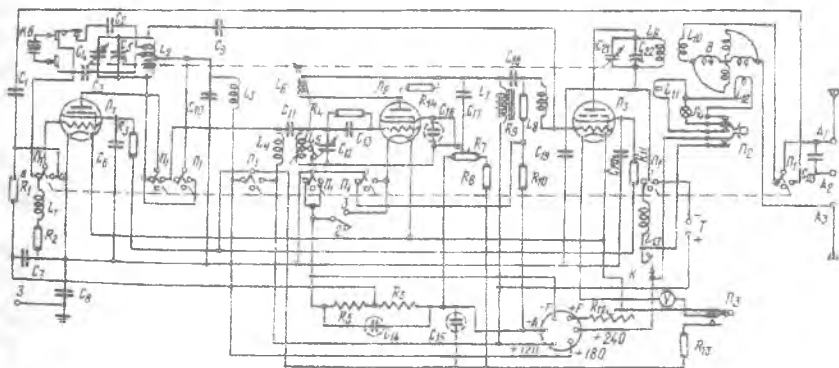


Рисунок 70 - Принципиальная схема радиостанции «Север»

На заводе им. Козицкого (Ленинград) начат выпуск малогабаритной и экономичной радиостанции «Север» для фронта и партизанских отрядов. Радиостанция (конструктор Б.А. Михалин) была собрана по трансверальной схеме, в которой работы на прием и передачу использовались одни и те же лампы при соответствующей коммутации.

Приемник содержал усилитель радиочастоты с регенеративной обратной связью, детектор и усилитель низкой частоты. Передатчик мощностью около 2 Вт построен по двухкаскадной схеме (задающий генератор с возможностью включения кварцевого резонатора и оконечный каскад). Станция работала в диапазонах 2...10 МГц для приема и 2,5...6 МГц для передачи. Питание осуществлялось от комплекта батарей - анодной и накальной. Антенна – типа «наклонный луч» - в виде провода длиной 12 м забрасывалась на дерево, противовес, также длиной 12м, располагался на высоте 1м от земли в направлении на корреспондента. Радиостанция «Север» обеспечивала связь с радиоцентром на расстояниях до 700км. Аппарат весил 2 кг, батарей 6 кг.

**1942г.** Выпущена войсковая связанная радиостанция РБН с дальностью действия 250 км, портативная КВ радиостанция А-7А, для партизанской радиосвязи выпущена радиостанция «Белка».

Создание систем радиоуправления для наведения беспилотных летательных аппаратов (самолетов-снарядов и ракет), в частности, немецких ракет дальнего действия серии А.

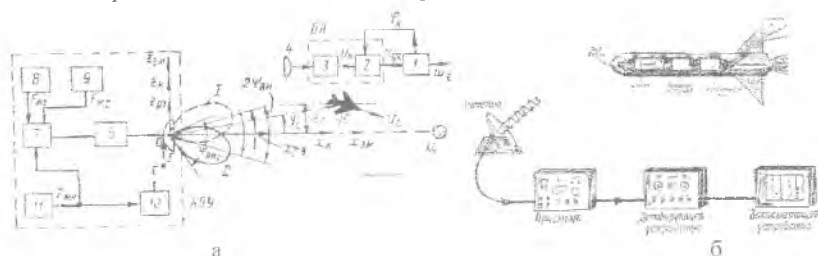


Рисунок 71 — Радиосистема бокового управления (а), система радиотелеметрии (б)

**1943г.** В СССР по проекту А.Л. Минца построен и введен в действие самый мощный в мире СВ впечатительный передатчик мощностью 1200 кВт.

Антенная система состояла из двух групп башен-антенн, расположенных на территории радиостанции и стоящих в вершинах двух квадратов. Башни имели форму трехгранной пирамиды и были выполненной из полых металлических труб и стержней высотой 200м и 150м (в меньшем квадрате). Сдвоенная система позволяла вести передачу двух программ на СВ с мощностью по 600 кВт или одну с мощностью 1200 кВт. В центрах квадратов располагались антенные павильоны, где находились катушки индуктивности и конденсаторы, в которых

диэлектриком служил осушенный азот, находящийся под давлением 15 атм. Все башни были смонтированы на керамических ВЧ-изоляторах и имели элементы фазирования, что позволяло получить направленное излучение на север, юг, восток и запад. Питание каскадов осуществлялось напряжением 10-12 кВ через высоковольтные ртутные выпрямители.

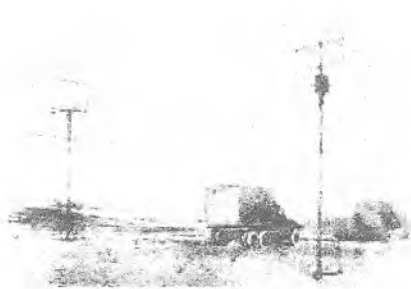
Создание А. Компфнером лампы бегущей волны (ЛБВ) для усиления СВЧ колебаний обеспечило дальнейшее развитие радиолокации и радиорелейной связи.

Создание РЛС «Яхонт» для наведения зенитного прожектора. Мощность излучения в импульсе составляла 100 кВт на волне 1,5 м. Антенна укреплялась на барабане прожектора мощностью 850 млн. свечей с диаметром зеркала 150 см и вращалась вместе с ним. Дальность обнаружения самолета достигала 20 км.

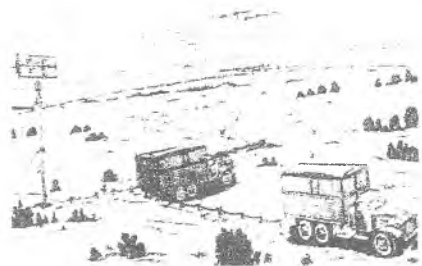
Создание при Государственном комитете обороны Совета по радиолокации, органа по организации исследований, разработки и серийного производства РЛС для нужд армии и ВМФ (зам. руководителя А.И. Берг). По инициативе Совета был создан ряд НИИ в области радиофизики, СВЧ, электровакуумной техники, научно-технической информации. В 1947 г. Совет был преобразован в Комитет по радиолокации, сыгравший важную роль в развитии отечественной радиотехники.

1946 г. Создание РЛС дальнего обнаружения самолетов П-3А метрового диапазона с дальностью действия до 150 км. Мощность излучения в импульсе достигала 75 кВт, чувствительность приемника не хуже 7 мкВ. Антенна типа «волновой канал» работала как на излучение, так и на прием. Индикатор кругового обзора и индикатор высоты позволяли определить угол места и азимут цели. РЛС имела систему селекции движущихся целей с когерентным гетеродином. Имелся также блок защиты от помех и радиолокационный запросчик. Индикатор кругового обзора имел длительное послесвечение для наблюдения за целями при вращении антенны с частотой 2 об/мин. Модернизация РЛС (П-8, П-12) в 1951 г. позволила довести дальность обнаружения до 250 км при высоте полета цели 35 тыс. метров, по низколетящим (100 м) целям – не менее 30 км.

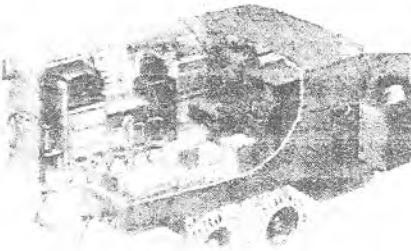
Создана РЛС СОН-4 для управления зенитным огнем 100-мм батареи. Для повышения точности использован СМ-диапазон. Мощность излучения в импульсе 250 кВт, дальность обнаружения 60 км, автоматического сопровождения цели - 40 км. Антенна РЛС - параболическая, диапазон 1,8 м с вращающимся излучателем обеспечивала круговой обзор и сопровождение целей. Для построения передатчика использовался магнетрон, станция могла работать в 4х диапазонах (путем переключения магнетронов) для защиты от помех.



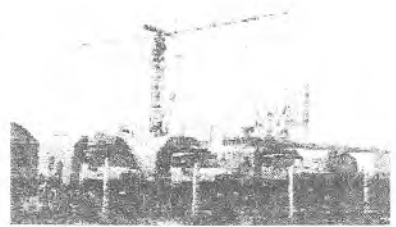
а



б

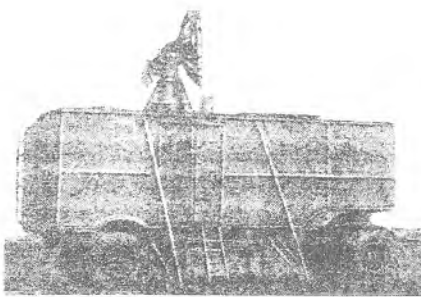


в

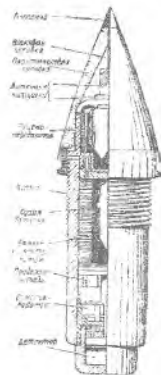


г

Рисунок 72 – РЛС дальнего обнаружения П-3А (1946) (а), П-8 (б, в), П-12 (1951) (г)



а



б

Рисунок 73 - РЛС СОН-4 в боевом положении (а), устройство артиллерийского радиовзрывателя (б)

Система измерения дальности обеспечивала точность порядка 120м. Данные РЛС передавались в ПУАЗО (прибор управления огнем). Эффективность комплекса возросла с применением в 100-мм снарядах радиолокационного взрывателя, выполненного на микромодульных схемах.

который производил подрыв снаряда в зоне 15-20м от цели (1951г). Дальнейшие модификации РЛС ССН-9 (1951г) позволили довести дальность до 50 км при мощности 250 кВт и импульса длительности 0,5 мкс и повысить точность определения координат цели (до 20м по дальности). Была предусмотрена связь со станцией дальнего обнаружения самолетов и меры по защите от радиопомех.

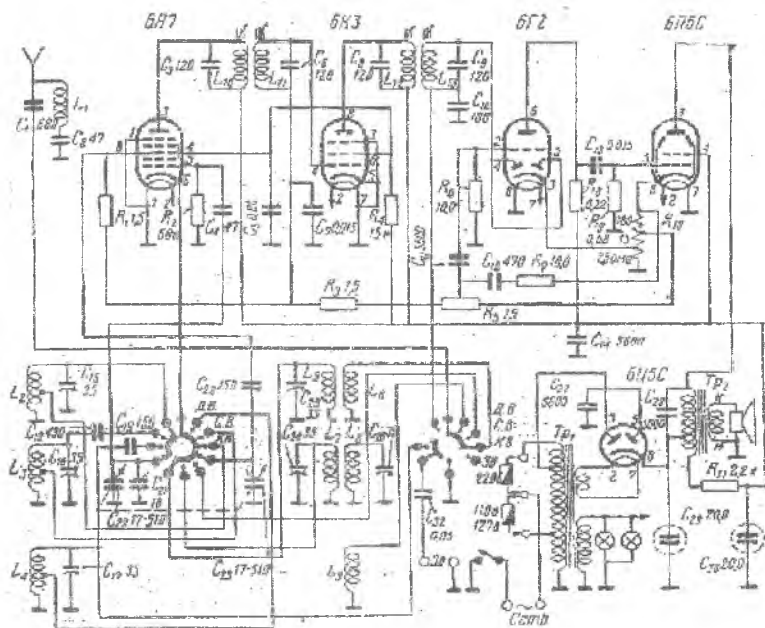


Рисунок 74 – Схема массового супергетеродина радиоприемника «Рекорд»

Александровский радиозавод освоил массовое производство бытового радиоприемника «Рекорд» - 3-х диапазонного пятилампового супергетеродина с сетевым питанием.

Рижский завод «Радиотехника» приступил к выпуску 10-лампового супергетеродина с ДВ, СВ, КВ-«растянутыми» диапазонами.

Начался серийный выпуск радиостанции УКВ «Урожай» для радиосвязи в сельской местности.

Открытие Дж. Гриффитсом ферромагнитного резонанса.

В Москве введена в строй УКВ ЧМ радиовещательная станция, мощностью 1 кВт.

Создание первых ЭВМ на электронных лампах. ENTAC (США) предназначалась для вычисления баллистических данных для орудий и ракет, ЭВМ содержала 18000 ламп. ЭВМ Colossos (Англия) использовалась для расшифровки кодов.

В Венгрии и США осуществлен прием радиосигналов, излученных с Земли и отраженных от Луны, было уточнено расстояние от Земли до Луны, получены данные о свойствах ее поверхности.

## 1.6. Становление основных направлений развития современной радиотехники

1948г. Выполнение под руководством А.С. Лебедева проекта создания ЭВМ «МЭСМ». Позднее на базе этого проекта была создана первая вычислительная машина серии БЭСМ. Под руководством Н.С. Брука и М.А. Карцева создана ЭВМ серии «М», под руководством Б.И. Рамеева – «Урал». Ламповые ЭВМ производились в развитых странах до конца 50-х годов.

Создание Дж. Бардиным У. Браттейном, под руководством У. Шокли, полупроводникового усилительного прибора - точечного транзистора.

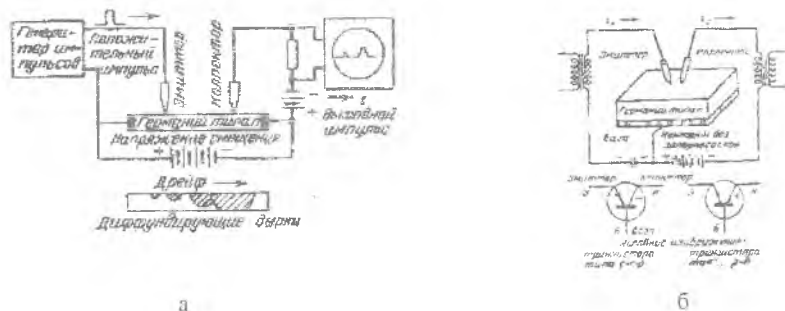


Рисунок 75 – Схема эксперимента У. Шокли (а), включение точечного транзистора (б)

Прибор состоял из монокристалла германия с проводимостью n-типа с большим плоским контактом, называемым базой, и двух точечных контактов, эмиттером и коллектором, образованных остриями из металла (фосфористой бронзы) и расположенных на близком расстоянии друг относительно друга (около 50 мкм). Каждый контакт совместно с базой образует выпрямитель с большим обратным сопротивлением.

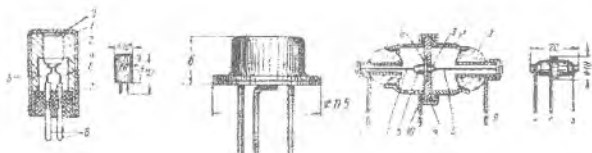


Рисунок 76 - Первые конструкции транзисторов

В схеме включения транзистора к эмиттеру прикладывается положительное напряжение в прямом для выпрямительного контакта направлении, которое создает ток порядка нескольких миллиампер в цепи эмиттер-база. К коллектору прикладывается обратное напряжение и его ток определяется инъекцией носителей (дырок) идущих от эмиттера. Таким образом, изменение тока эмиттера вызывает изменение тока коллектора

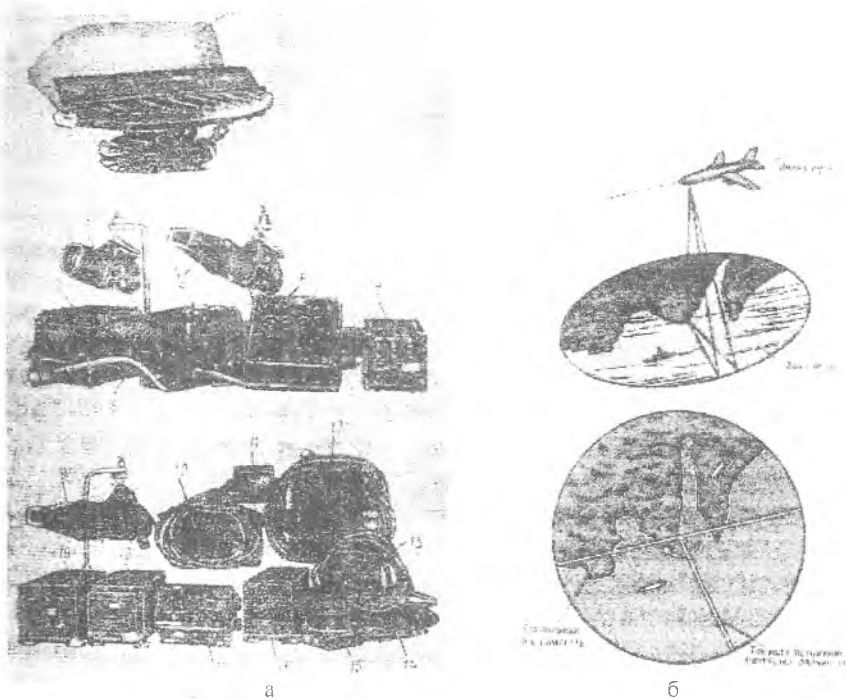


Рисунок 77 - Состав аппаратуры РПБ-4 (а). РЛС бокового обзора земной поверхности (б)

Если входным сигналом модулировать ток эмиттера, то ток коллектора тоже будет изменяться по закону сигнала. Величина отношения выходного и входного напряжений сигнала получается достаточно

большой величины, порядка отношения сопротивления контакта в обратном направлении (коллектор-база) и прямом (эмиттер-база). Таким образом, возникает эффект усиления сигнала с коэффициентом усиления по мощности, который достигал для первых транзисторов на частотах до 10 МГц 20 дБ. Недостатком точечных транзисторов была низкая надежность точечного контакта

Создание радиолокационных прицелов для самолетов дальней авиации «Кобальт» и «Рубидий». РЛС работали в СМ-диапазоне с мощностью порядка 65 кВт и имели антенну с узкой диаграммой направленности в горизонтальной плоскости ( $3^{\circ}$ ) и широкой в вертикальной.

РЛС позволяли обнаруживать крупные наземные объекты на расстоянии до 100 км и производить прицельное бомбометание с высоты 3000 – 10500 м. Дальность приведения самолета совместно с наземным маяком составляла 400 км. РЛС были приняты на вооружение ВВС для авиации дальнего действия (первоначально для самолетов ТУ-4). Дальнейшей разработкой на основе РЛС «Рубидий» (1952г.) была станция РБП-4 для реактивной авиации (ТУ-16), обеспечивающая большую дальность обнаружения целей (до 200км), возможность прицельного бомбометания с высот 2000-15000м в диапазоне скоростей до 1250 км/час. Разрешающая способность по дальности составила 75-150м, по азимуту около  $2,5^{\circ}$ . Для эксплуатации прицела требовалось два члена экипажа

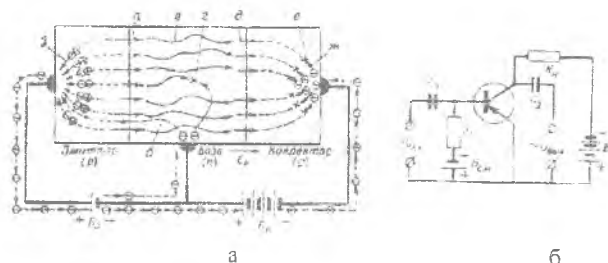
Разработка на Александровском радиозаводе нового вида бытовой радиоаппаратуры – легких переносных приемников «Эфир-48». В приемнике использовались миниатюрные пальчиковые батарейные лампы с напряжением накала 1В: 1А1П, 1Б1П, 1К1П, 2П1П. Приемник был выполнен в виде небольшого чемоданчика весом 2,5 кг со встроенной рамочной антенной. Впоследствии получили широкое распространение переносные приемники «Турист» на лампах той же серии.

Начало передач Московского телецентра, переоборудованного на новый стандарт в 625 строк, 25 кадров в секунду при чересстрочной развертке. Звуковое сопровождение передач велось в УКВ-диапазоне с частотной модуляцией.

1949г. Разработка У. Шокли теории р-п-перехода, предложение р-п-р - транзистора (плоскостного транзистора). Плоскостной транзистор представлял собой монокристалл, в котором с помощью технологической обработки (внесение примесей) создавалось три области с различными типами проводимости. Например, образовывалось два перехода типа р-п-р (эмиттер – база - коллектор). Усиление таких транзисторов достигало (30 – 40)дБ, они обладали высокой надежностью и выдерживали большие кратковременные перегрузки, что определило в дальнейшем их широкое распространение.



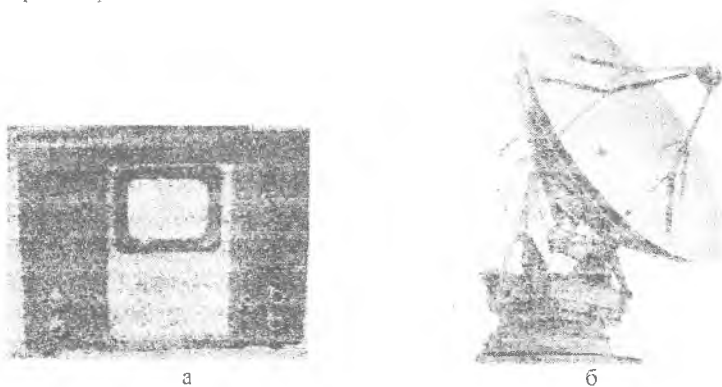
Начат серийный выпуск массового 16-лампового телевизора КВН-49 (В.А. Кенигсон, Н.М. Варшавский, И.А. Николаевский) с диаметром экрана 18 см. Выпуск аппаратов продолжался до 1960г.



а б  
Рисунок 78 - Распределение тока в плоскостном транзисторе (а). схема включения р-п-р транзистора в усилительном режиме (б)

Сооружение первого отечественного зеркального радиотелескопа РТ-7,6 (диаметр зеркала 7,6 м) для наблюдений на волне 10 см радиоизлучения Солнца и Луны

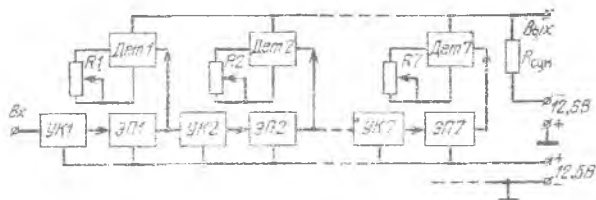
1950г. Разработка РЛС бокового обзора для картографирования и ведения воздушной разведки. Антенна имела раскрыв, равный длине фюзеляжа самолета. При полете самолета отраженные сигналы запоминались и после их обработки, создавалась картина приема сигналов со всей траектории полета самолета.



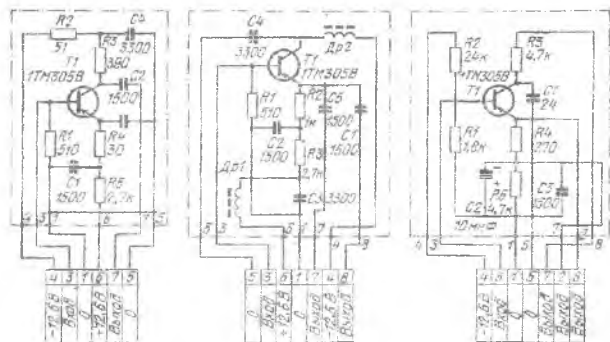
а б  
Рисунок 79 - Телевизор «КВН-49»(1949)(а). антенна радиотелескопа РТ-7.6

Разработка интегральных схем, в основу изготовления которых была положена технология изготовления керамических конденсаторов, использующая метод нанесения на керамическую подложку через трафареты паст, содержащих порошок серебра и стекла. Переход к изготовлению на одной подложке нескольких соединенных между собой

конденсаторов, а затем соединение их с композиционными резисторами, наносимыми также с помощью трафарета, с последующим вжиганием, привело к созданию гибридных схем, состоящих из конденсаторов и резисторов. Вскоре в состав гибридных схем были включены и дискретные активные и пассивные компоненты: навесные конденсаторы, диоды и транзисторы. Такие схемы получили название толстопленочных гибридных интегральных микросхем.



а



б

Рисунок 80 – Усилитель радиолокационного приемника (а) на транзисторных модулях (б)

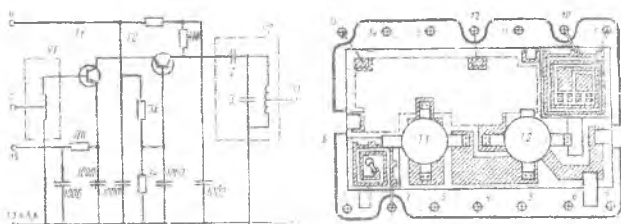


Рисунок 81 - Гибридная интегральная схема каскада избирательного усилителя

1951 г. Начало массового производства полупроводниковых приборов, коренное обновление элементной базы проектирования радиоаппаратуры. «Транзисторная революция» привела к улучшению технико-экономических показателей радиотехнических средств: уменьшению габаритов, массы, увеличение надежности, прочности конструкций, значительному повышению экономичности.

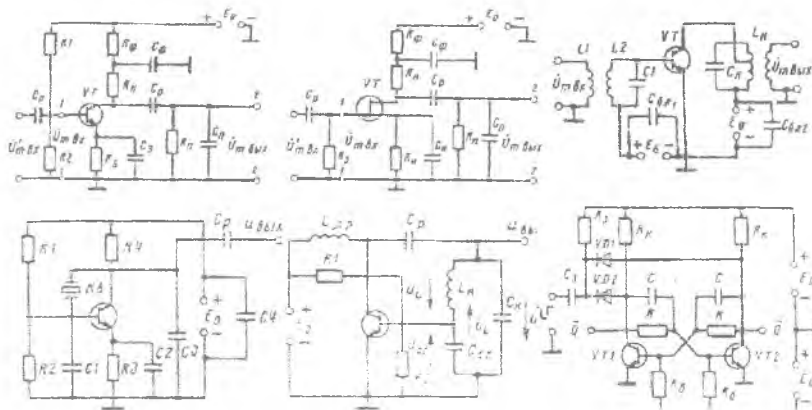


Рисунок 82- Транзисторная схмотехника

1952 г. Создание радиотехнических средств для истребительной авиации, впервые использованных на самолетах МиГ-15. Комплекс средств включал оборудование для слепой посадки ОСП-48, установленное впервые на советском истребителе и содержащее автоматический радиокompас АРК-5 «Амур», радиовысотомер малых высот РВ-2 «Кристалл» и маркерный радиоприспосабливатель МРП-48 «Хризантема». Самолет МиГ-15бис был оснащен также радиолокационным ответчиком «Барий М» системы опознавания государственной принадлежности, приемно-передающей КВ радиостанцией РСИ-6К, которая на более поздних самолетах была заменена станцией РСИУ-3 «Клен».

Импульсная РЛС «Изумруд», предназначенная для обнаружения целей и прицеливания, была выполнена по ставшей впоследствии «классической» схеме. Диапазон частот - сантиметровые волны, мощность излучения магнетронного передатчика 60 кВт. Станция имела две антенны – обзорную, сканирующую в пределах  $\pm 60^\circ$  по азимуту и  $\pm 25^\circ$  по углу места в направлении полета самолета, и прицельную с углом обзора  $\pm 7^\circ$ . Переход от обзора к прицеливанию происходил автоматически. Индикатор РЛС был связан с оптическим прицелом с помощью счетно-решающего устройства. Обнаружение цели происходило на дальности около 12 км, после этого включалось автоматическое сопровождение до расстояния прицельной стрельбы (2 км). Индикатор РЛС обеспечивал пилоту

наблюдение всех целей, а положение своего самолета по отношению к Земле определялось на индикаторе по электронным меткам авиагоризонта. РЛС широко применялась на истребителях и стала основой для создания современных РЛС перехвата и прицеливания.

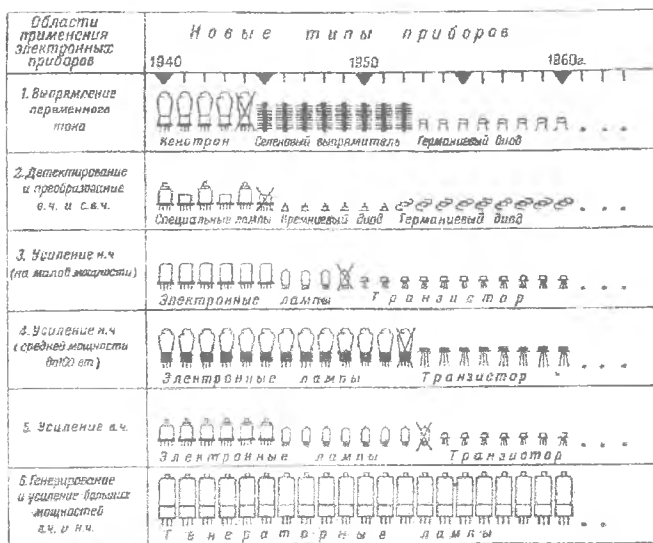


Рисунок 83 - Обновление элементной базы радиотехники (1958)

Создание первой системы радиоуправляемого ракетного оружия «Комета» класса «воздух-поверхность». Система «Комета» стала первой, поступившей в морскую авиацию, системой авиационного реактивного управляемого и предназначалась для поражения ракетами с «большого» расстояния, вне зависимости от условий оптической видимости, морских надводных и наземных целей.

Радиолокационная станция самолета-носителя вводила ракету в узкий луч равносигнальной зоны, формируемый бортовой антенной. Опытный экипаж на подготовку к пуску и наведение ракеты затрачивал 10-12 мин. При этом скорость носителя после отделения ракеты следовало уменьшать до 320 км/ч. На конечном участке ракета, достигнув скорости 1100-1200 км/ч, переходила на полуактивное самонаведение. В этом случае к моменту встречи ракеты с целью самолет сближался с ней до 40 км. Таким образом, ракетный комплекс «Комета» давал некоторые преимущества экипажу самолета-носителя, повышая вероятность ухода из зоны радиолокационных средств ПВО объекта.

Создание У. Шокли нового активного полупроводникового прибора, названного униполярным полевым транзистором. Управление током в приборе осуществлялось за счет изменения проводимости рабочей области - канала под действием напряжения, приложенного к обратному смещенному управляющему р-п переходу, граничащему с областью канала. При изменении входного напряжения (исток-загвор) изменяется площадь поперечного сечения канала, через который проходит поток основных носителей заряда, т.е. выходной (стоковый) ток. Полевые транзисторы из-за своей квадратичной характеристики полностью вытеснили радиолампы из входных каскадов высококачественных приемников связи.

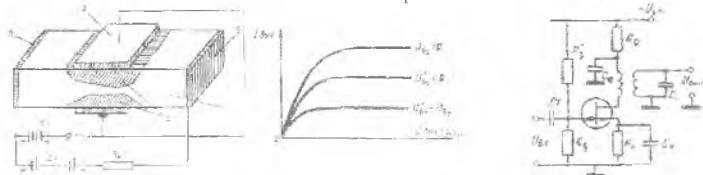


Рисунок 84 - Полевой транзистор

Расширение научно-производственной базы отечественной радиопромышленности. Организация Рязанского и Таганрогского радиотехнических институтов.

1953г. Внедрение радиолокационной техники в гражданский речной и морской флот. Оснащение судов РЛС «Нептун» и «Створ» позволило сократить число навигационных аварий почти в 10 раз.

1954г. Разработка первых отечественных радиотехнических систем управления ракетным оружием средней дальности. Впервые для ракет средней дальности Р-5, наряду с автономной системой управления, стали использовать системы радиуправления дальностью, боковой радиокоррекции и аварийного выключения двигателя. Радиотехническая подсистема осуществляла коррекцию бокового движения центра масс ракеты в конце активного участка траектории и выдачу команды на выключение двигателей, что повышало точность стрельбы.

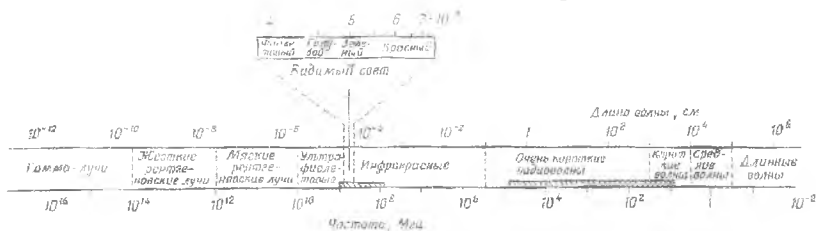


Рисунок 85 - Распределение «окон» радиопрозрачности в атмосфере Земли

Изучение с помощью ракетного зондирования закономерностей распространения радиоволн в околоземном пространстве. Геофизическая ракета Р-1Б, разработанная на основе первой боевой отечественной ракеты Р-1 с дальностью 270 км, несла комплекс научной аппаратуры по исследованию ионосферы.

Н.Г. Басов, А.М. Прохоров (СССР) Дж. Гордон, Х. Уайгер, К. Таунс (США) создали первый молекулярный генератор СВЧ-колебаний, т.е. положили основу создания квантовой электроники. Развитие исследований в 60-х годах привело к созданию генераторов и усилителей нового типа - мазеров и лазеров. В 1964г. Н.Г. Басову, А.М. Прохорову (СССР) и К. Таунсу (США) за фундаментальные исследования в области квантовой электроники была присуждена Нобелевская премия по физике.

На основе представлений квантовой электроники в 50-х годах были созданы сверхмалощумящие парамагнитные усилители СВЧ в тысячи раз более чувствительные, чем усилители на вакуумных или полупроводниковых приборах.

Сооружение отечественного сантиметрового радиотелескопа РТ-31 с диаметром параболического зеркала 31 м, расположенного на поверхности Земли для исследования Солнца и сверхкороны.

Начало массового производства транзисторов для бытовой радиоаппаратуры. Одной из первых компаний, захватившей вскоре американский рынок, стала Texas Instr., производящая транзисторы для портативных приемников.

1956г. Дж. Бардин, У. Браттейн, У. Шокли удостоены Нобелевской премии по физике за работы в области полупроводниковой электроники и открытие транзисторного эффекта.

1957г. Начало космической радиоэлектроники. Средняя ракета-носитель 8К71ПС <Р-7> (<Спутник>) - 2-х ступенчатая ракета для запусков на низкую околоземную орбиту, 4 октября вывела на орбиту Земли первый искусственный спутник. Диаметр спутника - 58 см, масса 83,6 кг, параметры орбиты: высота перигея - 228 км, апогея - 947 км, период обращения вокруг земли - 96,17 мин.

Разработка проекта была проведена коллективом ОКБ-1 под руководством главного конструктора С.П. Королева.

Для слежения за полетом спутник содержал бортовой передатчик, работающий в телеграфном режиме на частотах 40 и 20 мегагерц. Посылка сигнала одной частоты производилась во время паузы сигнала другой частоты. В среднем длительность сигналов на каждой из частот составляла 0,2 - 0,3 с. Соотношение между длительностью и паузой посылок несло информацию об изменении некоторых параметров внутри спутника (температуры, давления). Для определения координат спутника на Земле использовался приемник и коммутационная приставка, подключающая его

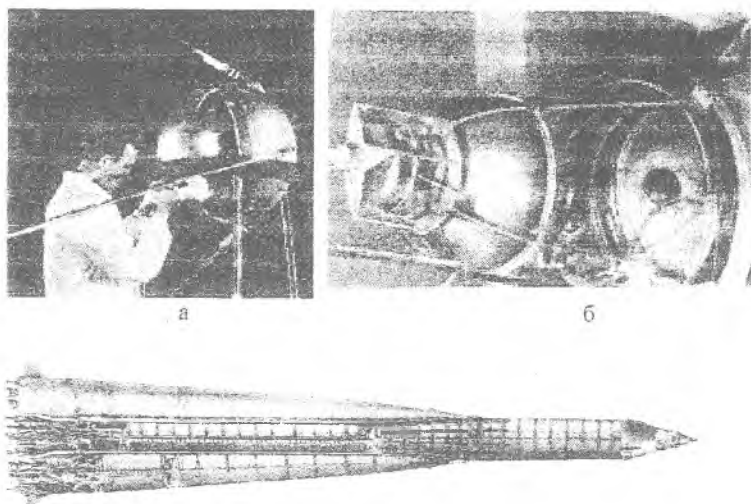


Рисунок 86 - Первый искусственный спутник Земли (а), сферический контейнер с аппаратурой и радиопередатчиками и кабина с подопытным животным — собакой Лайкой на силовой раме второго спутника (б) Ракета-носитель 8K71ПС <Р-7> (<Спутник>), под головным обтекателем расположен первый искусственный спутник (в)

поочередно к одной из двух разнесенных в пространстве антенн. Когда спутник входил в зону приемной станции или выходил из нее, сигнал от одной антенны был сильнее, чем от второй. И только когда спутник оказывался на равном расстоянии от антенн, сигналы уравнивались. Зная момент времени, когда это произошло, можно было определить положение спутника на орбите.

Запуск второго искусственного спутника Земли с научной аппаратурой с полезным весом 508,3 кг. Бортовая радиотелеметрическая аппаратура обеспечивала передачу на наземные пункты наблюдения данных о космических излучениях, параметрах среды внутри контейнеров, физиологическую информацию о состоянии подопытного животного в условиях космического полета. Использование химических источников тока для питания бортовой аппаратуры ограничило программу научных исследований до 7 суток полета

Строительство большого Пулковского радиотелескопа (БРТ) с антенной переменного профиля с диаметром хорды зеркала 130м, состоящей из 90 элементов размером 1,5×3м. Радиометры содержали приемники прямого усиления на ЛБВ, работающие на волнах 3, 10, 30 см с





устройства, повысить дальность действия радиолокационной и навигационной аппаратуры.

**1958г.** Запуск на орбиту вокруг Земли автоматической научной станции – третьего советского спутника с весом 1327 кг. Начало функционирования первой в стране космической командной радиолинии. Научная аппаратура спутника включала приборы для исследования космического излучения, микрометеорных частиц, ионного состава атмосферы, интенсивности электростатических и магнитных полей, корпускулярного излучения Солнца. Многоканальная радиотелеметрическая система спутника могла одновременно передавать на Землю данные обо всех научных измерениях. Использование солнечных батарей позволило существенно продлить программу исследований.

Создание первых полупроводниковых интегральных схем для цифровой электроники Дж. Килби (Texas Inst.) и Р. Нойсом (Fairchild Semicond. Corp.). В дальнейшем Р. Нойс стал одним из создателей компании Intel, являющейся крупнейшим разработчиком ИС для компьютерных систем.

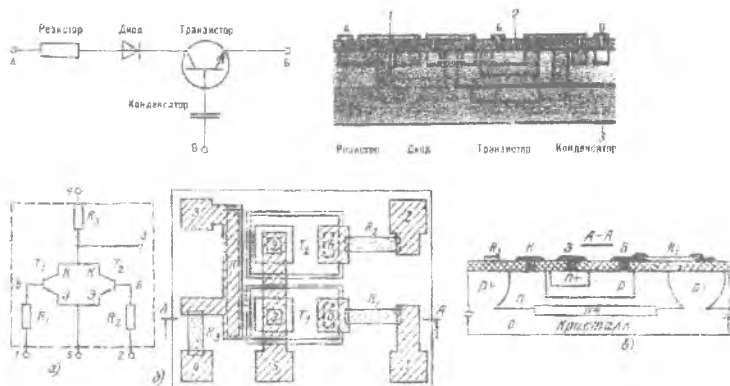


Рисунок 89 - Полупроводниковые интегральные схемы

**1959г.** Под руководством АС Тагера обнаружена возможность генерации СВЧ колебаний, основанная на лавинном эффекте; созданы генераторные лавинно-пролетные диоды для генераторов сантиметровых волн с мощностью до нескольких ватт.

Начало внедрения методов цифровой обработки сигналов в радиотехнические системы. В РЛС это, в частности, позволило использовать внутриимпульсную модуляцию и «сжатие» радиоимпульсов и, тем самым, существенно улучшить разрешающую способность по скорости и по дальности, увеличить дальность действия РЛС.

Создание в Крымской экспедиции ФИАН высокочувствительного прецизионного интерферометра на волне 1,76 м для определения траектории полета ракет в сторону Луны, с ошибкой около одной минуты дуги.

Строительство в Пушино полноповоротного радиотелескопа ФИАН РТ-22 (диаметр зеркала – 22 м) с точностью обработки поверхности зеркала – 0,3 мм, в фокусе которого размещались радиометры для приема на волнах 3 см и 8 мм. Позднее в РТ-22 стали использоваться квантовые параметрические усилители (1963 г.) с рабочей длиной волны 21 см, что позволило существенно увеличить чувствительность при регистрации радиоизлучений звезд. В миллиметровом диапазоне были исследованы радиоизлучения планет.



а



б

Рисунок 90 - Антенны радиотелескопа-интерферометра (а),  
полупроводниковые лазеры (б)

Запуск автоматической межпланетной станции для исследования Луны. На борту станции была установлена радиотехническая система, обеспечивающая измерение параметров орбиты станции, передачу на Землю телеметрической и телевизионной информации, а также прием с Земли команд управления. Передатчики станции работали на частотах 183,6 МГц (передача телевизионного сигнала, научной информации) и 39,986 МГц. Фототелевизионная аппаратура содержала фотоаппарат, который с помощью системы ориентации станции наводился на Луну, устройство автоматической обработки пленки, телевизионную камеру. После проявления пленки изображение построчно считывалось световым лучом камеры (до 1000 строк на кадр 35-мм пленки) и с помощью фотоэлектронного умножителя преобразовывалось в электрический сигнал. Передача изображения велась на различных расстояниях вплоть до расстояния в 470 тыс. км.

1960 г. Создание Т. Мейманом (США) первого лазера (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) на кристалле рубина с

длиной волны 0,69 мкм. В 60-х годах получает развитие лазерная технология, в том числе при производстве интегральных схем, оптическая связь, лазерная локация и навигация, лазерные системы записи и хранения информации. Развивается голография и оптические способы обработки информации. Этому способствует разработка дешевых и экономичных полупроводниковых лазеров, в частности, инжекционных полупроводниковых лазеров на гетероструктурах (Ж.И. Алферов, 1964г.).

Выпуск первых серийных ЭВМ на транзисторах (отечественные ЭВМ М-4, -20 и управляющая ЭВМ УМ-1 с быстродействием 8 тыс./сек, IBM-704 (США)).

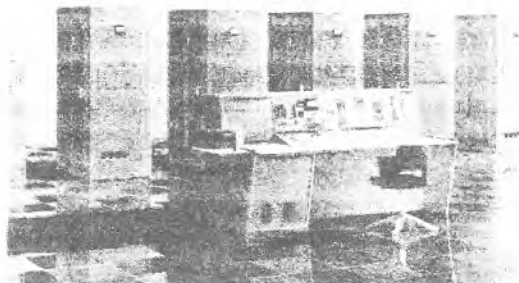


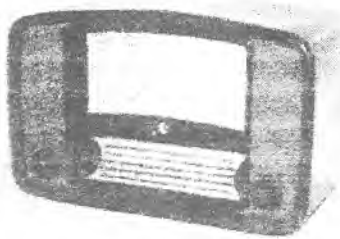
Рисунок 91 –ЭВМ М-4, входящая в состав радиолокационных станций дальнего обнаружения

Создание первой системы обработки информации в реальном времени для систем противоракетной обороны и выпуск первых экземпляров ЭВМ М-4 для радиолокационных станций. В ЭВМ впервые внутренняя память была разделена на оперативную память данных и ПЗУ программ и констант. В результате повышалась устойчивость к отказам и сбоям, надежность машины. В М-4 появились спецпроцессоры ввода/вывода, благодаря чему распараллеливались обработка данных и обмен с внешними устройствами, и М-4 работала быстрее. Аппаратно реализовано извлечение квадратного корня — в задачах такого рода эта операция занимает порядка 30% общего счета. М-4 считала со скоростью 20 тыс. операций в секунду.

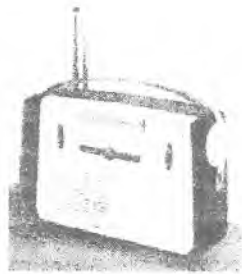
Выпуск фирмой Fairchild семейства монокристаллических транзисторно-транзисторных логических элементов с четырьмя и более биполярными транзисторами на одном кристалле кремния. Планарная технология Хорни и монокристаллическая технология Нойса заложили фундамент развития интегральных микросхем, сначала на биполярных структурах, а затем в 1965–85 гг., более экономичных, на полевых структурах и на комбинациях тех и других.

Разработка первых отечественных видеоманитов.

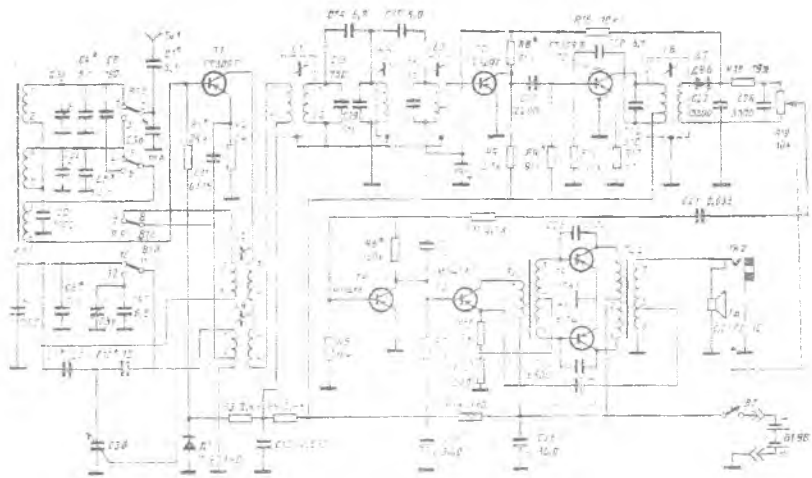
Разработка и выпуск первых отечественных транзисторных переносных приемников «Атмосфера», «Спидола».



а



б



в

Рисунок 92 – Бытовые радиоприемники 60-х годов ламповый «Балтика» (а), транзисторный «Сидола» (б), схема карманного приемника «Нейва» (в)

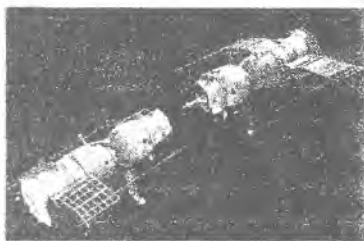
Создание МОП-транзистора М. Аттола и Д Кантом. Структура металл-окисел-полупроводник (МОП) была использована в качестве основы для построения транзистора. Проводимость канала изменялась под действием напряжения, приложенного к металлическому электроду, изолированному от полупроводника тонким слоем окисла. Отличительной особенностью таких приборов являлось высокое входное сопротивление, малый уровень шумов, квадратичность проходной характеристики, полное разделение целей выходного сигнала от входного. Совокупность данных свойств позволила упростить схемотехнику радиотехнических устройств, уменьшить габариты, массу, повысить экономичность по сравнению с использованием биполярных транзисторов.

1961г. Впервые в истории, космический корабль «Восток», с летчиком космонавтом СССР Ю.А. Гагариным на борту, выведен на

орбиту спутника Земли. Для измерения параметров орбиты корабля, контроля бортовой аппаратуры и состояния космонавта на нем была установлена радиоизмерительная и радиотелеметрическая аппаратура. Бортовая радиосистема «Сигнал», работающая на частоте 19,995 МГц, была предназначена для пеленгации корабля и передачи телеметрической информации. Телевизионная система осуществляла передачу на Землю изображения космонавта с помощью двух телевизионных камер. Двухсторонняя связь космонавта с Землей обеспечивалась радиотелефонной системой работающей в диапазоне коротких волн (19,019 и 20,006 МГц) и ультракоротких волн (143,625 МГц). Ультракоротковолновый канал использовался для связи с наземными пунктами на расстояниях до 2000 км. Связь по коротковолновому каналу обеспечивалась на большей части орбиты.



а



б

Рисунок 93 - Внутренний вид кабины космонавта корабля-спутника «Восток» (а), стыковка на орбите беспилотных космических аппаратов серии «Космос» с помощью радиотехнической системы взаимных измерений «Игла» (б)

В СССР, США и Англии проведена радиолокация Венеры, впоследствии Меркурия, Марса, Юпитера.

1962г. Осуществление радиолокационного исследования Венеры в дециметровом диапазоне, позволившее определить параметры ее вращения по наблюдению ширины спектра отраженного сигнала. Достаточно большое соотношение сигнал/шум позволило осуществить радиотелеграфную передачу с использованием Венеры в качестве пассивного отражателя.

Создана сеть спутникового ТВ вещания с помощью наземных станций «Орбита».

Разработка загоризонтных РЛС с обнаружением целей на расстояниях в десятки тыс. км. Принцип работы таких РЛС основан на эффекте Кабанова, открытом в 1947г. Для регистрации отраженных сигналов использовалась ионосфера, а также метод многопозиционного приема сигналов, отраженных от цели.

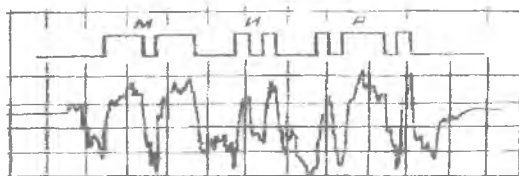


Рисунок 94 – Сигнал (слово «МИР») переданный по линии Земля – Венера – Земля (длительность точки составляла 10 с, тире – 30 с)

### **Создан радиотехнический факультет в Куйбышевском авиационном институте.**

Середина 60-х годов охарактеризовалась формированием основных направлений развития современной радиотехники.

Появление фазированных антенных решеток и антенн с электрическим сканированием луча в пространстве существенно повысило чувствительность, разрешающую способность и точность радиотехнических систем. Одной из первых РЛС с ФАР явилась станция слежения за спутниками AN/FPS-85 (США). При импульсной мощности 50 Мвт на частоте 442 МГц станция обеспечивает дальность действия 4000 км по цели с эффективной площадью рассеяния равной 1 м. Станция формирует луч шириной 1,4 градуса.

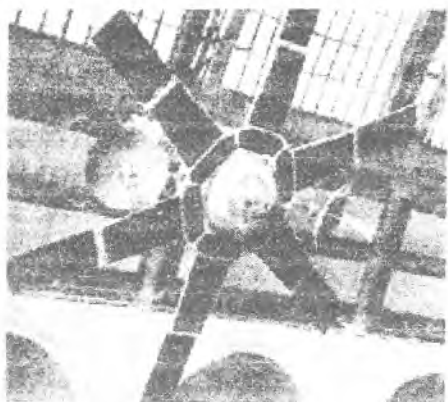
Начало создания спутниковых глобальных систем связи. В СССР «Молния» и Земные станции «Орбита», во Франции и ФРГ система «Симфония». Создание международной системы «Интелсат» с участием 80 стран.

Спутник «Молния-1» (1965г.), запущенный на эллиптическую орбиту с апогеем 40 тыс. км., углом наклоения 63,5град. и с периодом обращения 12ч обеспечивал зону видимости, охватывающую северное полушарие, включая всю территорию СССР. Для обеспечения круглосуточной связи необходимо было 3 спутника.

Основные параметры спутника: мощность передатчика 40 Вт, количество антенн 2, коэффициент усиления антенн 17 дБ, полоса частот 20 МГц, несущая частота 1 ГГц.

В дальнейшем Всемирная административная конференция по радиосвязи (ВАКР) выделила для спутниковых систем ряд полос частот: в диапазонах 6 ГГц (на участке Земля-спутник) и 4 ГГц ( на участке спутник-Земля).

Вступила в строй Останкинская общесоюзная радиотелевизионная передающая станция с антеннами, установленными на башне высотой 533м.

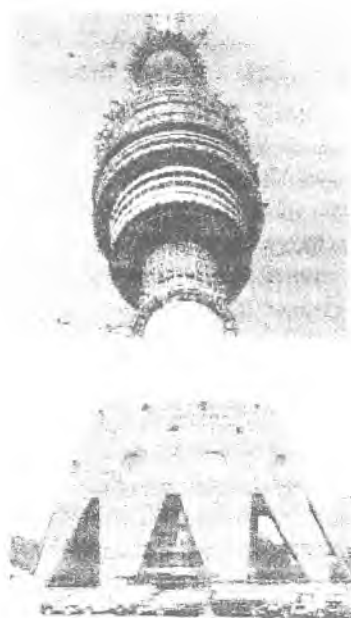
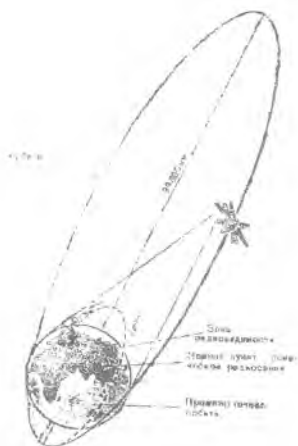


а



б

Рисунок 95 - Спутник связи «Молния-1» (а), Земная станция «Орбита» (б)



а

б

Рисунок 96 - Орбита спутника «Молния-1» (а), Останкинская общесоюзная радиотелевизионная передающая станция (б)

Разработка отечественной крылатой ракеты серии КСР, для поражения радиолокационно-контрастных морских (надводные корабли) или наземных (мосты, плотины, электростанции) целей с активным

самонаведением по курсу и тангажу на радиотехническом принципе и программным управлением по высоте, обеспечивающим вывод ракеты в стратосферу с последующим пикированием на цель.



а



б

Рисунок 97 — Крылатая ракета системы К-26 под крылом самолета Ту-16 (а), самолет дальнего радиолокационного обнаружения Ту-126 (б)

Разработка летающей системы дальнего радиолокационного обнаружения и целеуказания на базе самолета Ту-114. Выбранная для установки на самолет РЛС «Лиана» в то время считалась настоящим чудом гехники. Комплекс обнаруживал воздушные цели, начиная со средних высот, и наводил на них истребители-перехватчики СУ-11, СУ-15, ЯК-28. Согласно заявленным данным, РЛС позволяла обнаруживать воздушные цели на дальностях от 100 до 350 км (в зависимости от их размеров) и морские цели типа крейсер — на дальности до 400 км. Бортовая телекодовая аппаратура должна была передавать полученные сведения на командные пункты ПВО и ВМФ, расположенные на удалении до 2000 км. Чтобы обеспечить круговой обзор, антенную систему РЛС «Лиана» требовалось установить над фюзеляжем на пилоне высотой 2,6 м и вращать в процессе работы вместе с грибовидным обтекателем со скоростью 10 оборотов в минуту.

Комплекс включал бортовую ЭВМ, прицельную РЛС «Криптон», телевизионный прицел, аппаратуру радиоэлектронного противодействия и радиотехнической разведки, позволявшую обнаруживать работающие РЛС на дальности до 600 км. Оказалось также, что скорость полета Ту-126 позволяет за короткое время создать рубеж гарантированного обнаружения воздушного и морского противника в любом необходимом направлении, в т.ч. в высоких широтах, где развертывание наземных РЛС вообще не представлялось возможным, и в морских районах, где по погодным условиям развернуть корабельные средства дальнего обнаружения затруднительно. Комплекс обеспечивал передачу на землю следующих данных: принадлежность воздушной или морской цели («свой» или «чужой») — одновременно по четырем целям, координаты воздушной цели в условной системе координат — одновременно по четырнадцати целям, высоту целей над уровнем моря.



В 1967 г. были введены 20 станций «Орбита», к 1975 г. их количество достигло 50. Система «Орбита» имеет земную передающую станцию мощностью 10 кВт (расположенную в Подмоскowie), сигнал на которую поступает из студии в Останкино. Далее передача идет на спутник и ретранслируется на приемные станции и далее, на местные телевизионные центры для вещания.

Выпуск в СССР унифицированных моделей телевизоров (УНТ-35, УНТ-47, УНТ-59) для массового производства позволил повысить эксплуатационные качества и снизить стоимость. Начат выпуск цветных телевизоров с размером экрана 59 см. Число телевизионных станций и ретрансляторов в СССР достигло 500, количество телевизоров - 15 млн. шт.

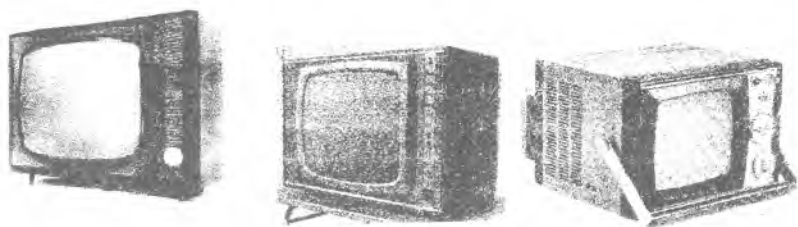


Рисунок 98 - Телевизоры 60-х гг «Чайка», «Рубин», «Пиляпис»

Интенсивное освоения ММ диапазона волн, построение РЛС, обладающих высокой разрешающей способностью по углу, дальности, скорости, обладающих более высокой помехозащищенностью. Такие системы нашли применение в военной технике для обнаружения целей и высокоточного управления оружием.

Появление новой элементной базы: элементов функциональной электроники, волоконно-оптических приборов и твердотельных пьезоэлектрических фильтров, работающих на поверхностных акустических волнах и отличающихся высокой добротностью (более 1 тыс. ед.) и диапазоном частот до единиц ГГц.

Развитие магистральной связи в КВ диапазонах, выпуск серийных передатчиков мощностью 5кВт, 15 кВт, 80 кВт, приемной магистральной аппаратуры «Арена».

Формирование мобильной радиотелефонной связи для гражданских служб в диапазонах 40, 80, 160, 330, 450, 900 МГц.

Создание сети государственной радиорелейной связи, для передачи телевизионных сигналов (охват 130 тыс. км), телефонных каналов (11 млн. км), служебной информации, сигналов фототелеграфа и вещания. Разработанная для этой цели радиорелейная аппаратура «Рассвет-2» и «Восход» работала на частотах 3400-3900 МГц. Система имела

резервирование и автоматический выбор каналов работы, обеспечивающий требуемое качество передачи сообщений при изменении условий функционирования.

Создание серий полупроводниковых интегральных схем малой степени интеграции -  $10^2$  транзисторов на кристалле размером  $0,25 \times 0,5$  мм. Впоследствии каждые 5 лет количество активных элементов на кристалле увеличивалось на порядок.

Создание первого микропроцессора фирмы «Intel» (США). На одном кристалле удалось сформировать минимальный по архитектуре (набору аппаратных средств) процессор (2250 транзисторов), на других кристаллах были сформированы БИС ОЗУ и ПЗУ.

Выпуск первой персональной ЭВМ (США).

Появление дешевых микропроцессоров открыло перспективу разработки интеллектуального поколения радиотехнической аппаратуры сочетающей в себе возможности вычислительной техники.

Запуск спутника «Молния-1С» на круговую орбиту с расстоянием от земли 36 тыс. км и периодом обращения 24 часа. Постоянное положение спутника относительно точки на поверхности Земли упростило приемную аппаратуру и послужило основой для организации прямого телевизионного вещания из космоса, которое стала успешно развиваться в 90-е годы.

## 2. БИОГРАФИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК

**АМПЕР Андре Мари** (22.1 1775-10 VI 1836) - французский физик, математик и химик, член Парижской АН (1814). Р. в Лионе. Получил домашнее образование. В 1805 - 24 работал в Политехнической школе в Париже (с 1809-профессор), с 1824 - профессор Коллеж де Франс.

Основные физические работы посвящены электродинамике. В 1820 сформулировал правило для определения направления действия магнитного поля тока на магнитную стрелку (правило Ампера), осуществил большое количество экспериментов по исследованию взаимодействия между электрическим током и магнитом, сконструировал для этого множество приборов, обнаружил влияние магнитного поля Земли на движущиеся проводники с током. Открыл взаимодействие электрических токов и установил закон этого взаимодействия (закон Ампера), разработал теорию магнетизма (1820). Согласно его теории все магнитные взаимодействия сводятся к взаимодействию скрытых в телах так называемых круговых электрических молекулярных токов, каждый из которых эквивалентен плоскому магниту - магнитному листку (теорема Ампера). Открыл (1822) магнитный эффект катушки с током соленоида, сделал вывод, что соленоид, обтекаемый током является эквивалентом постоянного магнита, выдвинул идею усиления магнитного поля путем помещения внутрь соленоида железного сердечника из мягкого железа. В 1820 предложил использовать электромагнитные явления для передачи сигналов. Изобрел коммутатор, электромагнитный телеграф (1829). Сформулировал понятие «кинематика». Исследования относятся также к философии и ботанике.

Член многих академий наук, в частности, Петербургской АН (1830).

**БАРЛОУ Питер** (13.X 1776-1.III 1862) - английский физик и математик, член Лондонского королевского об-ва (с 1823). Р. в Норвиче. Образование получил самостоятельно. С 1801 преподавал в Королевской военной академии в Вулвиче.

Физические работы относятся к магнетизму, оптике. Исследовал земной магнетизм, изучал влияние железа на показания корабельного компаса и предложил метод его корректировки. Провел пионерские исследования сопротивления металлов, дерева, камня, цемента. Работал над созданием ахроматических линз объективов, построил линзу из флинт- и кронгласса (линза Барлоу). Сконструировал (1820) раннюю модель электрического мотора (колесо Барлоу). Экспериментально подтвердил постоянство силы тока во всей цепи. Подготовил так называемые математические «таблицы Барлоу».

Член Парижской (1828) и Петербургской АН (1826). Медаль, Копли (1825).

**БЕРГ Аксель Иванович** (1892-1979) - получил высшее военно-морское инженерное образование, фундаментальные познания в математике, физике, астрономии, метеорологии в Петроградском политехническом ин-те и ун-те. 1943 - член-кор. АН СССР, 1946 - академик, 1951 - председатель Всесоюзного научного Совета по радиофизике и радиотехнике, 1959 - председатель Научного Совета по кибернетике при президиуме АН СССР.

1914-22 служил на Балтфлоте штурманом, позднее командиром подлодок. На флоте начал научную деятельность по изучению девиации (отклонения)

магнитного компаса для определения местонахождения подводной лодки в море, гидрокомпаса, радиопеленгатора.

С 1922- А.И.Берг занимался научной и педагогической деятельностью в Высшем военно-инженерном училище, в Военно-морской академии РККА, в Ленингр. Электротехническом ин-те. С 1927 - возглавлял разработку системы и программы вооружения каждого класса корабля, подлодки и берегового наблюдательного моста, председатель секции радиосвязи и радионавигации НТК ВМС РККА. Начальник Высшего Военно-морского училища (1928) и курсов усовершенствования специалистов связи, начальник Научно-исследовательского Морского ин-та связи (вскоре и телемеханики). А.И. Берг развивал радиолокационную технику и промышленность (1943 - зам. пред. Совета по радиолокации при Госкомитете обороны и зам. народного комиссара по электропромышленности, 1953 - зам. министра обороны), новые направления в науке и технике - ЭВМ, автоматизацию процессов управления, вопросы надежности электронной аппаратуры, кибернетику.

А.И. Бергом написаны учебники, уч. пособия по радиотехнике и радиосвязи, десятки научных статей в научные и научно-популярные сборники и журналы.

1951.- АН присуждает А.И. Бергу Золотую медаль им. Попова, 1956- звание «инженер-адмирала». 1963 - Герой Соц. труда

**БИО Жан Батист** (21 IV 1774-3.11 1862) - французский физик, член Парижской АН (1803). Р. в Париже. Окончил Политехническую школу (1797). С 1800 - профессор Коллеж де Франс, в 1808 - 49 - Парижского ун-та.

Работы посвящены оптике, электромагнетизму, акустике, истории науки. Определял скорость звука в твердых телах (1809,1823). В 1811 открыл поляризацию при преломлении (независимо от Э. *Малюса*). в 1815 - круговую поляризацию (независимо от Д. *Араго* и Д. *Брюстера*) Исследовал поляризационные свойства многих веществ. Обнаружил оптическую активность некоторых жидкостей (в частности, в 1815 у скипидара), установив, что они обладают способностью вращать плоскость поляризации. Открыл закон вращения плоскости поляризации света (закон Био) и установил существование право- и левовращательных веществ (1815). Исследования Био вращения плоскости поляризации света в кристаллах и органических веществах положили начало сахарометрии (1836). В 1820 вместе с Ф *Саваром* открыл закон, определяющий напряженность магнитного поля прямого тока (закон Био - Савара). Совместно с Араго выполнил измерения плотности и показателя преломления различных газов (1806). Пересоткрыл (1814) поляризационные свойства турмалина. Автор широко известного в своё время курса физики.

Член Лондонского королевского об-ва (1815). Петербургской АН (1819). Медаль Б. Румфорда (1840).

**БОНЧ-БРУЕВИЧ Михаил Александрович** (1889 - 1940) - радиоинженер, ученый, изобретатель. Окончил Николаевское военно-инженерное училище (1912-14) и офицерскую электротехническую школу в Петрограде. Профессор Нижегородского ун-та (с 1921), профессор Московского высшего технического училища (с 1922), профессор Ленинградского института инженеров связи (с 1932), член-кор. АН СССР с 1931.

В 1916-19 Бонч-Бруевич впервые в России организовал лаб. произ-во электронных ламп собственной конструкции для аппаратуры радиосвязи. С авг.1918 по март 1929 - науч. руководитель (позднее директор) Нижегородской радиолaborатории (НРЛ), 1929-35 - зам. дир. Центральной радиолaborатории в Ленинграде. 1935-40 - науч.рук. НИИ-9. В 1922 построил в Москве первую в мире мощную (12 кВт) радиовещательную станцию, в1927 - радиовещательную станцию на 40 кВт. 1924-30 - руководил изучением условий распространения коротких волн (КВ), разработкой первых коротковолновых антенн направленного действия и строительством линии дальней радиосвязи. 1930-32- проводил исследования состава верхних слоев атмосферы и ионосферы методом радиозонд. 1935-40 - возглавлял исследование ряда научных проблем оборонного характера, в т.ч. разработку станций радиобнаружения для зенитной артиллерии и службы ВНОС.

Бонч-Бруевич автор фундаментального учебника «Основы радиотехники», многих зарегистрированных изобретений, более 80-ти научных статей.

**БРАНЛИ Эдуард** (23.X 1844-24.III 1940) - французский физик, член Парижской АН (1911). Р. в Амьене. Окончил Нормальную школу (1865). В 1873 получил степень доктора наук, а в1882 - доктора медицины. В 1875 - 97 - профессор физики, а 1897 - 1916 - профессор медицины в Католическом ун - те в Париже.

Научные исследования в области электромагнитных волн, ультрафиолетовых лучей электропроводности и газов, беспроводной телеграфии. Изобрёл (1890) когерер - стеклянную трубку с насыпанными в нее металлическими опилками - и показал, что он становится проводящим под действием электромагнитных колебаний. Когерер Бранли был использован А. С. Поповым в его приемнике.

**ВВЕДЕНСКИЙ Борис Алексеевич** (1892-1969) - советский ученый, профессор, действительный член АН СССР, специалист в области радиофизики и радиотехники.

Б.А. Введенский установил основные закономерности распространения УКВ над земной поверхностью в пределах прямой видимости между передающей и приемной станциями (1928), теоретически разработал проблемы дифракционного распространения УКВ (1930...35), занимался исследованиями и разработками по радиобнаружению самолетов(1937).

Результаты исследований Б.А. Введенский совместно с А.Г. *Аренбергом* изложил в книге «Распространение УК-радиоволн».

Б.А. Введенский возглавлял (1920-30) лабораторию УКВ ВЭИ, руководил сооружением радиовещательной станции в Москве (1929), работал в НИИ радиолокационного профиля и ин-тах АН (1941-45), руководил отделением технических наук, Всесоюзным научным советом по радиофизике и радиотехнике, был гл. редактором ж. «Известия АН СССР», возглавлял гл. Редакцию Большой советской энциклопедии.

Б.А. Введенский лауреат Государственной премии, Золотой медали им. А.С.Попова, награжден орденом Ленина, Герой социалистического труда.

**ВЕБЕР Вильгельм Эдуард** (24. X 1804-23.V 1891) - немецкий физик, чл.-кор. Берлинской АН (1834). Р. в Виттенберге. Окончил ун-т в Галле (1826). Был

профессором ун-тов в Галле (1828-31), Гёттингене (1831-37 и с 1849) и Лейпциге (1843-49).

Основные работы посвящены электромагнетизму. Совместно с К. Гауссом построил в 1833 первый в Германии электромагнитный телеграф. Разработал теорию электродинамических явлений и установил закон взаимодействия движущихся зарядов, выдвинул идею сверхлёгкой частицы (1848). В 1846 указал на связь силы тока с плотностью электрических зарядов и скоростью их упорядоченного перемещения. Совместно с Р. Кольраушем в 1856 определил скорость света, исходя из соотношения заряда конденсатора в электростатических и магнитных единицах. Автор теории элементарных магнитов - магнитных диполей (1854) и гипотезы о прерывности электрического заряда (1848). Построил первую электронную модель атома, дав его планетарную структуру (1871).

Работы относятся также к акустике, теплоте, молекулярной физике, земному магнетизму. Совместно с братом Э. Вебером выполнил экспериментальное исследование волн на воде и воздухе. Наблюдал интерференцию звука (1826), выдвинул идею записи звука (1830). Открыл (1835) упругое последствие. Изобрел ряд физических приборов, в частности электродинамометр (1848).

**ВОЛЬТА** **Алессандро** (18. II 1745 - 5. III 1827) - итальянский физик, химик и физиолог, изобретатель источника постоянного электрического тока. Р. в Комо. Учился в школе ордена иезуитов, но ещё в ранние годы увлёкся естественными науками. В 1774 - 79 преподавал физику в гимназии в Комо, с 1779 - профессор Павийского ун-та, в 1815 - 19 - директор философского факультета Падуанского ун-та.

Физические исследования в области электричества. Заинтересовавшись опытами *Д. Гальвани* с «животным» электричеством в 1792 начал их повторять и вскоре пришёл к выводу, что причиной появления кратковременного электрического тока в мышцах лягушек является не свойственное им «животное» электричество, как считал Гальвани, а наличие цепи из проводников двух классов (двух разнородных металлов и жидкостей). После длительных экспериментов для усиления эффектов, возникающих при соединении нескольких разнородных проводников, сконструировал в конце 1799 первый источник длительного гальванического (электрического) тока - вольтов столб. Первый вольтов столб состоял из 20 пар медных и цинковых кружочков, разделённых суконными кружочками, смоченными солёной водой. Открыл (1795) также взаимную электризацию разнородных металлов при их контакте (контактное электричество) и разместил металлы в так называемый ряд напряжений (1801). Объяснил гальваническую поляризацию элементов. Построил смоляной электрофор (1775), чувствительный электроскоп с соломинками (1781), конденсатор (1783), электрометр и другие приборы, описал проект телеграфа. Исследовал также тепловое расширение воздуха, наблюдал (1790) диффузию. Установил проводимость пламени (1787). Обнаружил метан (1776).

Член Лондонского королевского об-ва и Парижской АН. Медаль Копли (1794).

**ГАЛЬВАНИ** **Луиджи** (9. IX 1737-4. XII 1798) итальянский физиолог и физик. Р. в Болонье. Окончил Болонский ун-т (1759), с 1775 - профессор этого ун-та.

Начал в 1773 анатомическое исследование движений мышц лягушек, а в 1780 провел на них свои первые электрофизиологические опыты. После 11 лет исследований и экспериментов, которые привели его к открытию (1786) в ткани лягушки кратковременных импульсов электрического тока, или, как он назвал «животного» электричества, опубликовал в 1791 свои результаты в «Трактате о силах электричества при мышечном движении». Гальвани заметил, что если соединить металлическим проводником мышцы и нервы только что убитой и препарированной лягушки, сразу же происходит сокращение ее мышц. Сокращения становятся более сильными и длительными, если проводник состоит из двух разнородных металлов, например железа и меди или серебра. И Гальвани сделал вывод, что сокращения мышц лягушки обусловлены возникновением в них электрического тока. Однако причину этого Гальвани видел в наличии в каждом животном так называемого собственного животного электричества и разработал его теорию, согласно которой мышцы и нервы образуют что-то подобное «обкладке» лейденской банки, а металлический проводник служит разрядником, вызывающим разряд. Ошибку Гальвани вскоре исправил А. *Вольта*, доказавший, что электрические токи в опытах Гальвани возникали вследствие соединения металлических проводников с животными тканями.

Гальвани - один из основоположников учения об электричестве, его опыты с «животным» электричеством положили начало новому научному направлению - электрофизиологии.

**ГАУСС Карл Фридрих** (30.IV 1777-23.II 1855) - немецкий математик, астроном и физик. Р. в Брауншвейге. Учился в 1795 - 98 в Гёттингенском ун-те. С 1807 - профессор этого ун-та и директор астрономической обсерватории.

Исследования посвящены многим разделам физики. В 1832 создал абсолютную систему мер, введя три основных единицы: единицу времени - 1 с, единицу длины - 1 м, единицу массы - 1 мг, и в 1833 совместно с В. Вебером построил первый в Германии электромагнитный телеграф. В 1839 в сочинении «Общая теория сил притяжения и отталкивания, действующих обратно пропорционально квадрату расстояния» изложил основы теории потенциала, в частности ряд положений и теорем, например основную теорему электростатики (теорема Гаусса - Остроградского). В 1840 в работе «Диоптрические исследования» разработал теорию построения изображений в сложных оптических системах. Еще в 1845 пришел к мысли о конечной скорости распространения электромагнитных взаимодействий. Изучал земной магнетизм, изобрел в 1837 униполярный магнетометр, в 1838 - бифилярный. В 1829 сформулировал принцип наименьшего принуждения (принцип Гаусса). Один из первых высказал в 1818 предположение о возможности существования неевклидовой геометрии.

Член Лондонского королевского об-ва (1804), Парижской АН (1820) и Петербургской АН (1824).

**ГЕНРИ ДЖОЗЕФ** (17. XII 1797-13.V 1878) - американский физик, член Национальной АН, ее президент (1866-78). Р. в Олбани, где учился в Академии (1819 - 22) и впоследствии работал. В 1832 - 46 - профессор Принстонского колледжа, с 1846 - директор Смитсоновского ин-та. Работы посвящены электромагнетизму. Первый сконструировал мощные подковообразные электромагниты (1828), применив многослойные обмотки из изолированной

проволаки (грузоподъемность их достигала одной тонны), открыл в 1831 принцип электромагнитной индукции). Построил электрический двигатель (1831), обнаружил (1832) явление самоиндукции и экстратоки, установил причины, влияющие на индуктивность цепи. Изобрел электромагнитное реле. Построил телеграф, действующий на территории Принстонского колледжа, установил в 1842 колебательный характер разряда конденсатора.

Был одним из организаторов Американской ассоциации развития наук (в 1849 - президент) и философского об-ва в Вашингтоне (с 1871 — президент).

**ГЕРИКЕ Отто фон** (20.XI 1602 - 11.V 1686) - немецкий физик. Родился в Магдебурге. В 1617-23 учился в Лейпцигском, Гельмштадском, Йеском и Лейденском университетах. В 1646-8 - бургомистр Магдебурга. Изобрел 1641 воздушный насос и усовершенствовал его, осуществил ряд опытов продемонстрировал в 1654 существование давления воздуха (опыты с «магдебургскими полушариями»), доказал его упругость, определил плотность, выяснил, что воздух является проводником звука, в пустоте звук не распространяется и т.п.

Около 1660 Герике построил одну из первых электростатических машин. Это был шар, который мог вращаться вокруг железного стержня как вокруг оси. Вращая шар и натирая его ладонями, Герике тем самым электризовал его. С помощью этого прибора изучал электрические явления, в частности, обнаружил явление электрического отталкивания, электризацию через влияние и электрическое свечение (наблюдал в темноте свечение наэлектризованного шара). Построил также первый водяной барометр (1657) и использовал его для предсказания погоды, изобрел гигрометр, построил воздушный термометр, манометр (не позже 1662).

Изучал магнитные явления, заметил намагничивание длинных железных предметов, расположенных при ковке в меридиональном направлении. Обратил внимание на уменьшение интенсивности света при отражении. Автор трактата «Новые, так называемые магдебургские опыты с пустым пространством» (1672).

**ГЕРЦ Генрих Рудольф** (22.II 1857-1.I 1894) - немецкий физик, чл.-кор. Берлинский АН (1889). Р. в Гамбурге. Окончил Берлинский ун-т (1880) и был ассистентом у Г. Гельмгольца. В 1885 - 89 - профессор Высшей технической школы в Карлсруэ, с 1889 - Боннского ун-та.

Основные работы относятся к электродинамике, одним из основоположников которой он является, и механике. В 1887 в работе «Об очень быстрых электрических колебаниях» предложил удачную конструкцию генератора электромагнитных колебаний (вibrator Герца) и метод их обнаружения с помощью резонанса (резонатор Герца), впервые разработав, таким образом, теорию открытого вibratorа, излучающего электромагнитные волны в пространстве. Пользуясь вibratorом и резонатором, в 1888 экспериментально доказал существование электромагнитных волн, распространяющихся в свободном пространстве, предсказанных теорией Максвелла. Экспериментируя с электромагнитными волнами, наблюдал их отражение, преломление, интерференцию, поляризацию. Установил, что скорость распространения электромагнитных волн равна скорости света. Опыты Герца имели большое значение для признания теории Максвелла и ее утверждения. Развивая теорию Максвелла, он придал (1890) уравнениям



электродинамики симметричную форму, которая хорошо обнаруживала полную взаимосвязь между электрическими и магнитными явлениями (электродинамика Максвелла - Герца). В 1887 наблюдал внешний фотоэффект, заметив, что электрический разряд между двумя электродами происходит сильнее (или при меньшем напряжении), если искровой промежуток (электроды) освещается светом, богатым ультрафиолетовыми лучами.

**ГИЛЬБЕРТ Уильям** ( 24.V 1554 - 30.XI 1603) - английский физик. Родился в Колчестере, учился в Кембридже и Оксфорде. Был придворным врачом королевы Елизаветы. В 1600 издал сочинение «О магните, магнитных телах и большом магните - Земле...», в котором описал свои исследования (более 600 опытов) магнитных и электрических явлений и построил первые теории электричества и магнетизма. Установил, что магнит всегда имеет два полюса - северный и южный и, распилив магнит, никогда нельзя получить магнит только с одним полюсом; что одноименные полюсы отталкиваются, а разноименные притягиваются; что железные предметы под влиянием магнита приобретают магнитные свойства (магнитная индукция); обнаружил явление усиления природного магнетизма с помощью железной арматуры. Изучая магнитные свойства намагниченного шара с помощью магнитной стрелки, пришел к выводу, что они соответствуют магнитным свойствам Земли, т.е. что последняя является большим магнитом. Исходя из этого, объяснил наклонение магнитной стрелки.

Является основоположником науки об электричестве. Благодаря Гилберту учение об электричестве обогатилось рядом открытий, наблюдений, приборов. С помощью своего «версора» (первого электроскопа) показал, что способностью притягивать легкие тела (соломинки) обладает не только натертый янтарь, но и алмаз, сапфир, карборунд, опал, аметист, горный хрусталь, стекло, сланцы, сера, сургуч, каменная соль и др., которые он назвал «электрическими». Заметил также, что пламя уничтожает электрические свойства тел, приобретенные при трении. Теплоту рассматривал (1590) как движение частиц тела. Выступал с критикой учения Аристотеля и способствовал распространению в Англии идей гелиоцентрической системы Коперника.

**ГРЕЙ Стефен** (1666 - 15.II 1736) - английский физик, член Лондонского королевского общества (1732). Основные исследования в области электричества. Открыл в 1729 явление электропроводности, установив, что электричество может передаваться от одного тела к другому по металлической проволоке или прядильной нити, но не может передаваться по шелковой нити. Первый разделил все тела на проводники и непроводники электричества. Надежно подтвердил существование явления электростатической индукции, показал, что электрический заряд распределяется по поверхности тела.

**ГУК Роберт** (18.VII 1635 - 3.III 1703) - английский физик, член Лондонского королевского общества (1663), его секретарь в 677 - 83. Родился на о. Уайт. Учился в Оксфордском университете, где стал ассистентом Р.Бойлч. С 1665 - профессор Лондонского университета.

Работы относятся к теплоте, упругости, оптике, небесной механике. Около 1660 вместе с Р.Бойлем усовершенствовал воздушный насос Герике, с Х.Гюйгенсом установил (1665) постоянные точки термометра - точку таяния льда и точку

кипения воды. В 1668 показал, что для всех тел точки кипения и плавления постоянны. Выказал (1665) гипотезу о теплоте как роде движения частиц тела. В 1660 открыл закон упругости для твердых тел (закон Гука).

Усовершенствовал (1665) микроскоп, что позволило ему осуществить ряд микроскопических исследований. В «Микрографии» (1665) Гук дает также свою теорию цветов, окраску тонких слоев объясняет сложением световых импульсов, отраженных от верхней и нижней поверхностей, распространение света от источника сравнивает с распространением волн на воде от брошенного камня. Положил начало физической оптике.

В «Трактате о движении Земли» (1674) высказал идею тяготения и дал свою систему мироздания. В 1680 пришел к выводу, что сила тяготения обратно пропорциональна квадрату расстояния. Поэтому, после того как И. Ньютон представил в 1686 в Королевское общество рукопись своих «Начал», Гук настаивал на собственном приоритете в открытии закона всемирного тяготения. Однако Ньютон заявил, что ему такая зависимость была известна уже давно и в свое время он сообщил о ней в письме Х. Гюйгенсу.

Автор многочисленных изобретений, в частности, барометра (1665), оптического телеграфа (1684), максимального термометра (1691) и др.

**ДЕЗАГЮЛЬЕ Жан Теофил** (12. III 1683 - 29. II 1744) английский естествоиспытатель, член Лондонского королевского общества (1714). Р. в Ла-Рошель (Франция). В 1685 пересел в Англию. Окончил Оксфордский ун-т (1709), где и работал.

Исследования в области оптики, механики, электричества, теплоты. Продолжил опыты *С. Грея* по изучению электрических явлений, ввел понятие проводника и непроводника электричества и термин «проводник» (1742). Пытался доказать экспериментально связь между кинетической энергией и скоростью. Ввел (1718) в паровой котёл Папина предохранительный клапан. Сыграл важную роль в пропаганде учения Ньютона в Европе. Изобрёл планетарий.

Член Парижской АН. Медаль Копли (трижды).

**ДЖОУЛЬ Джеймс Прескотт** (24. XII 1818—11-X 1889) - английский физик, один из первооткрывателей закона сохранения энергии, член Лондонского королевского об-ва (1850). Получил домашнее образование. Первые уроки по физике ему давал Дж. Дальтон, под влиянием которого Джоуль начал свои экспериментальные исследования.

Работы посвящены электромагнетизму, теплоте, кинетической теории газов. Установил в 1841 зависимость количества тепла, выделяемого в проводнике при прохождении через него электрического тока, от величины тока и сопротивления проводника (закон Джоуля - Ленца). В 1843 экспериментально показал, что теплоту можно получить за счет механической работы, и вычислил механический эквивалент теплоты, дав тем самым опытное доказательство закона сохранения энергии. Исследовал тепловые явления при сжатии и расширении газа, в частности опыт с расширением разреженного газа показал, что внутренняя энергия идеального газа не зависит от его объема (1845). Совместно с У. Томсоном открыл в 1853—54 явление охлаждения газа при его медленном стационарном адиабатическом протекании через пористую перегородку (эффект Джоуля - Томсона). Построил термодинамическую температурную шкалу, теоретически

определил теплоемкость некоторых газов. Теплоту рассматривал как движение частиц. Вычислил скорость движения молекул газа и установил ее зависимость от температуры. Давление газа считал результатом ударов частиц этого газа о стенки сосуда (1848). Открыл явление магнитного насыщения ферромагнетиков (1840) и магнитострикцию (1842).

**ДОЛИВО-ДОБРОВОЛЬСКИЙ Михаил Иосифович** (2.I 1862-15.XI 1919) - русский физик и электротехник, заложивший основы техники трехфазного тока. Р. в Петербурге. Учился в Рижском политехническом ин-те, за участие в студенческих политических выступлениях был исключен из ин-та без права поступления в высшие учебные заведения России. Окончил Дармштадтское высшее техническое училище (1884) и работал на заводах электротехнической компании Эдисона (Германия), в 1914-18 жил в Швейцарии.

Автор многих открытий и изобретений. Предложил систему из трех однофазных переменных токов, сдвинутых по фазе на 120 градусов (трехфазный ток) и построил первый генератор трехфазного тока с вращающимся магнитным полем (1888). Сконструировал двигатель трехфазного тока с ротором из литого железа, асинхронный короткозамкнутый двигатель (1890), изобрел трансформаторы трехфазного тока (1890), фазометр (1894) и др. Разработал схемы включения генераторов и двигателей «звездой» и «треугольником» и построил в 1891 первую линию электропередачи трехфазного тока длиной около 170 км.

**ДОППЛЕР Христиан** (30. XI 1803 - 17. III 1853) - австрийский физик, математик и астроном, член Австрийской АН (1848). Р. в Зальцбурге. Окончил Политехнический ин-т в Вене (1825). В 1829 - 33 - ассистент в Вене, в 1835-47 работал в Праге (с 1841-профессор), в 1847 - 49 - профессор Горной академии в Хемнице, с 1850 - профессор Венского ун-та и директор первого в мире Физического института при ун-те, организованного по его инициативе.

Физические работы в области оптики и акустики. В 1842 теоретически обосновал зависимость частоты звуковых и световых колебаний, воспринимаемых наблюдателем, от скорости движения наблюдателя и источника колебаний (эффект Доплера). Исследования посвящены также аберрации света, теории микроскопа, теории цветов.

**ДЭВИ Гемфри** (17.XII 1778-29.V 1829) - английский химик и физик, член Лондонского королевского об-ва (1803), президент в 1820 - 27. Р. в Пензансе. Был учеником аптекаря, затем химиком в Пневматическом ин-те (Бристоль), с 1802 - профессор химии Королевского ин-та в Лондоне.

Физические исследования посвящены электричеству и теплоте. Доказал, что электрический ток вызывает разложение кислот и солей. В 1807 получил металлургические калий и натрий. Развил водородную теорию кислот, опровергнув утверждение А. Лавуазье, что, каждая кислота должна содержать кислород. От Дэви ведет начало электрохимия. Установил в 1821 зависимость сопротивления проводника от его длины и поперечного сечения, наблюдал его изменение с изменением температуры. Сконструировал ряд термометров (со ртутью, спиртом, водой). В 1799 получил тепло от трения двух кусков льда, в 1812 высказал предположение о кинетической природе теплоты.

Член Петербургской АН (1826). Медали Копли (1805), Б. Румфорда (1816), Королевская медаль (1827).

**ДЮФЕ Шарль Франсуа** (14.IX 1698 - 16.VII 1739) - французский физик, член Парижской АН (1723). Родился в Париже. Был директором Ботанического сада (с 1732). Исследования в области электричества, оптики, механики, жидкостей, теплоты, магнетизма. Открыл в 1733 существование двух родов электричества, которые назвал «стеклянным» и «смоляным» электричеством. Первое возникало на стекле, горном хрустале, драгоценных камнях, волосах, шерсти, второе - на янтаре, шелке, бумаге. При этом установил, что однородные электричества отталкиваются, а разнородные притягиваются. Первый наэлектризовал тело человека и «получил» из него электрические искры. Для обнаружения и примитивного измерения электричества пользовался версором Гилберта, сделав его намного более чувствительным. Впервые высказал мысль об электрической природе молнии и грома (1735). Исследовал магнитные явления, фосфорисценцию, двойное лучепреломление в кристаллах.

**КИРХГОФ Густав Роберт** (12.III 1824-17.X 1887) - немецкий физик, член Берлинской АН (1875). Р. в Кенигсберге. Окончил Кенигсбергский ун-т (1846), профессор Бреславльского (с 1850), Гейдельбергского (с 1854) и Берлинского (с 1875) ун-тов.

Работы посвящены электричеству, механике, оптике, математической физике, теории упругости, гидродинамике. В 1845 - 47 открыл закономерности в протекании электрического тока в разветвленных электрических цепях (правила Кирхгофа), в 1857 построил общую теорию движения тока в проводниках. Совместно с Р. Бунзеном в 1859 разработал метод спектрального анализа и открыл новые элементы - цезий (1860) и рубидий (1861). Установил (1859) один из основных законов теплового излучения, согласно которому отношение «испускательной» способности тела к «поглощательной» не зависит от природы излучающего тела (закон Кирхгофа), предложил (1862) концепцию черного тела и дал его модель. Открыл обращение спектров (1860). Объяснил происхождение фраунгоферовых линий, высказал предположение, что Солнце состоит из раскалённой жидкой массы, окружённой атмосферой пара. Развил (1882) строгую теорию дифракции. Усовершенствовал теорию магнетизма Пуассона. Исследовал также упругость твёрдых тел, колебания пластин и дисков, форму свободной струи жидкости, движение тела в жидкой среде.

Член Петербургской АН (1862).

**КУЛОН Шарль Огюстен** (14. VI 1736-23.VIII 1806) - французский физик и военный инженер, член Парижской АН (1803). Р. в Ангулеме. Окончил (1761) школу военных инженеров и все время находился на военной службе.

Работы относятся к электричеству, магнетизму, прикладной механике. Сформулировал в 1781 законы трения, качения и скольжения. Исследуя кручение шелковых и металлических нитей, установил законы упругого кручения, в частности определил, что сила закручивания нити зависит от материала, из которого она сделана, пропорциональна углу закручивания и четвертой степени диаметра нити и обратно пропорциональна ее длине. Это имело большое значение, поскольку давало новый, очень чувствительный метод измерения силы. Исходя из

этого, в 1784 построил прибор для измерения силы - крутильные весы. С его помощью экспериментально установил в 1785 основной закон электростатики (закон Кулона), распространив его в 1788 на взаимодействие точечных магнитных полюсов. Выдвинул гипотезу магнетизма, согласно которой магнитные жидкости не свободны или не могут течь, как их электрические аналоги, и связаны с отдельными молекулами. Предположил, что каждая молекула в процессе намагничивания становится поляризованной. Сконструировал магнитометр (1785). Заложил основы электро- и магнитостатики. Пытался экспериментально измерить (1796) трение в жидкости по затуханию колебаний движущегося в ней маятника и определить зависимости трения от скорости.

**ЛЕБЕДЕВ Петр Николаевич** (8.III 1866—14.III 1912) - русский физик-экспериментатор. Р. в Москве. В 1884 - 87 учился в Московском техническом училище, где начал физические исследования. Окончил Страсбургский ун-т (1891). В 1892 начал работать в Московском ун-те (с 1900 - профессор). В 1911 в знак протеста против реакционных действий царского министра просвещения Л. Кассо оставил ун-т вместе со многими прогрессивными преподавателями и на частные средства создал новую физическую лабораторию при городском ун-те им. А. Л. Шанявского.

Известен как блестящий экспериментатор-виртуоз, автор исследований, выполненных скромными средствами на грани технических возможностей того времени, но поражающих глубокой интуицией и гениальностью. В 1895 впервые создал комплекс устройств для генерирования и приема миллиметровых электромагнитных волн с длиной 6 и 4 мм, установил их отражение, двойное преломление, интерференцию и др. В 1899 экспериментально доказал существование давления света на твердые тела, а в 1907 - на газы, что явилось прямым подтверждением электромагнитной теории света. Опыты по световому давлению принесли Лебедеву мировую славу. По этому поводу У. Томсон говорил: «Я всю жизнь воевал с Максвеллом, не признавая его светового давления, и вот... Лебедев заставил меня сдать перед его опытами».

Осуществил также оригинальные эксперименты по магнетизму вращающихся тел, выдвинул глубокие идеи относительно природы межмолекулярных сил и происхождения хвостов комет, занимался также вопросами акустики, в частности ультраакустики.

Создал первую физическую школу в России. Его именем названы Физический ин-т Академии наук СССР и премия, присуждаемая Президиумом АН СССР за лучшие работы в области физики.

**ЛЕЙБМЮР Ирвинг** (31.I 1881 - 16.VIII 1957) - американский физик и химик, член Национальной АН. Р. в Нью - Йорке. Окончил Колумбийский ун - т (1903), в 1905 получил степень доктора в Гёттингенском ун - те. В 1909 - 57 работал в лаборатории «Джснерал электрик компани» (в 1929 - 50 - заместитель директора).

Физические работы посвящены изучению разрядов в газах, физике плазмы, электронике, атомной физике, в частности химическим реакциям при высоких температурах и низких давлениях, термическим эффектам в газах, атомной структуре, термоядерной эмиссии, химическим силам в твердых телах, жидкостях и поверхностях пленки. Многие из этих работ привели к развитию ряда технологий. Внёс существенный вклад в исследование процессов в электронных лампах,

установив в 1913 закон для плотности тока термоэлектронной эмиссии (закон Ленгмюра). Его исследования явлений электрических разрядов в газах и термоэлектронной эмиссии были использованы при конструировании различных электронных приборов. Построил газотронный выпрямитель. В 1911 получил атомарный водород и предложил процесс сварки металлов в водородном пламени (водородная горелка Ленгмюра). В 1913 сконструировал молекулярный манометр. В 1916 - первый конденсационный паротурбинный вакуумный насос. Развил (1912) теорию теплопроводности. Разработал в 1919 модель атома (модель атома Ленгмюра). В 1929 совместно с Л. *Тонксом* ввел понятие плазмы и плазменных колебаний (ленгмюровские колебания). Известен уравнением Ленгмюра - Саха (1924). Построил (1919) теорию химической валентности (теория Льюиса - Ленгмюра). В 1916 дал уравнение изотермы мономолекулярной адсорбции.

Нобелевская премия по химии (1932). Член ряда академий наук и научных об - в

**ЛЕНЦ Эмиль Христианович** (24.II 1804 - 10.II 1865) - русский физик, член Петербургской АН (1834). Р. в Дерпте (ныне Тарту). Учился в Дерптском ун-те. В 1836 возглавил кафедру физики и физической географии Петербургского ун-та, с 1840 - декан физико - математического ф - та, с 1863 - ректор. Преподавал также в Морском корпусе (1835 - 41), в Михайловской артиллерийской академии (1848 - 61) и педагогическом ин - те (1851 - 59).

Основные работы в области электромагнетизма. В 1833 установил правило определения электродвижущей силы индукции (закон Ленца), а в 1842 (независимо от Дж. *Джоуля*) - закон теплового действия электрического тока (закон Джоуля - Ленца). Совместно с Б. С. *Якоби* впервые разработал методы расчета электромагнитов в электрических машинах, установил существование в последних «реакции якоря». Открыл обратимость электрических машин. Изучал зависимость сопротивления металлов от температуры.

Работы относятся также к геофизике. В 1823 - 26 принимал участие в кругосветном путешествии на шлюпе «Предприятие», осуществил важные геофизические исследования. Учениками Ленца были М. П. Авсариус, Ф. Ф. Петрушевский, Ф. Н. Шведов, Р. Э. Ленц, А. И. Савельев, Н. П. Слугинов и др.

**ЛОДЖ Оливер Джозеф** (12.VI 1851-22.VIII 1940) - английский физик, член Лондонского королевского об-ва (1887). Р. в Пенкхалле (Индия). Окончил Лондонский ун-т (1872). В 1881 - 1900 - профессор Ливерпульского ун-та, в 1900 - 19 возглавлял Бирмингемский ун-т.

Работы относятся к механике, электролизу, электромагнитным колебаниям и волнам, теплопроводности, магнитооптике, оптике движущихся тел, теории эфира. Подошел близко к открытию электромагнитных волн, обнаруженных Г. *Герцем*, исследовал их распространение, получил в 1888 электромагнитные волны вдоль проводника при разряде лейденской банки, существенно усовершенствовал методы детектирования волн при помощи когерера. Принимал участие в начальных этапах развития радиотелеграфии. Показал, что движущаяся материя не увлекает эфир (проблема эфира занимала в его исследованиях значительное место), своими экспериментами доказал несостоятельность теории эфира. В 1896 обнаружил расщепление спектральной линии в магнитном токе на три компоненты.

Мсдали Б. Румфорда (1898), М. Фарадея (1932) и др.

**ЛОМОНОСОВ Михаил Васильевич** (19.XI 1711-15.IV 1765) - выдающийся русский ученый, мыслитель-материалист, член Петербургской АН (1745). Р. в с. Денисовка Архангельской губ. (ныне с. Ломоносово Архангельской обл.). В 1731-35 - учился в Славяно-греческо-латинской академии в Москве, в 1735 - 36 - в ун-те при Петербургской АН, в 1736 - 41 - за границей в Марбурге и Фрейберге. Возвратившись в Россию, был избран в 1742 адъюнктом, а в 1745 - академиком Петербургской АН.

Работы посвящены физике, химии, астрономии, горному делу, металлургии и др. Ломоносов сосредоточил исследования на актуальнейших проблемах физики и химии того времени. Высказал ряд новых положений и гипотез, сделал ряд открытий, которые опередили его время и предвосхитили достижения физики XIX ст. Экспериментально доказал закон сохранения вещества. В 1756 выполнил классический опыт, показав, что в запаянном сосуде при нагревании без доступа воздуха вес металла не увеличивается и при этом общая масса сосуда остается неизменной (закон сохранения массы вещества). Аналогичный эксперимент был выполнен А. Лавуазье лишь в 1774. И хотя именно после этих работ Лавуазье закон сохранения массы вещества при химических реакциях окончательно вошел в науку, приоритет Ломоносова в открытии этого закона является неоспоримым.

Разработал точные методы взвешивания и был основоположником внедрения физических методов в химию, пытался применить в химии методы точного количественного анализа. Разработал также немало конструкций различных физических, метеорологических и др. приборов (около 100), в частности вискозиметр, прибор для определения твердости тел, пиrometer, котел для исследования вещества при низком и высоком давлениях, анемометр, газовый барометр и др.

Значительное место в творчестве Ломоносова занимали работы по оптике. Он был сторонником волновой теории света, разработал теорию цветов, сконструировал ряд оптических приборов, в частности телескоп-рефлектор (так называемую ночезрительную трубу), при помощи которого наблюдал в 1761 прохождение Венеры по диску Солнца, что привело его к открытию атмосферы на этой планете.

Вместе с Г. В. Рихманом проводил исследования в области электричества, в частности атмосферного. С этой целью они использовали изобретенный Рихманом "электрический указатель", который был прообразом электрметра. Разработал теорию образования атмосферного электричества, происхождение которого связывал с восходящими и нисходящими, потоками воздуха. Пытался создать общую теорию электрических явлений, суть их он видел в движении эфира.

Много сделал для развития науки, культуры и образования в России. В 1755 по инициативе и по проекту М. В. Ломоносова был открыт Московский ун-т, носящий ныне его имя. Был основателем естествознания в России. Академия наук СССР учредила золотую медаль им. М. В. Ломоносова.

**МАКСВЕЛЛ Джеймс Клерк** (13.VI 1831-5.XI 1879) - английский физик, член Эдинбургского (1855) и Лондонского (1861) королевских об-в. Р. в Эдинбурге. Учился в Эдинбургском (1847-50) и Кембриджском (1850-54) ун-тах. По окончании последнего непродолжительный период преподавал в Тринити колледж, в 1856 - 60 - профессор Абердинского ун-та, в 1860 - 65 - Лондонского

королевского колледжа, с 1871 - первый профессор экспериментальной физики в Кембридже. Под его руководством создана известная Кавендишская лаборатория в Кембридже, которую он возглавлял до конца своей жизни.

Работы посвящены электродинамике, молекулярной физике, общей статистике, оптике, механике, теории упругости. Наиболее весомый вклад Максвелл сделал в молекулярную физику и электродинамику. Самым большим научным достижением Максвелла является созданная им в 1860 - 65 теория электромагнитного поля, которую он сформулировал в виде системы нескольких уравнений (уравнения Максвелла), выражающих все основные закономерности электромагнитных явлений (первые дифференциальные уравнения поля были записаны Максвеллом в 1855 - 56). В своей теории электромагнитного поля Максвелл использовал (1861) новое понятие - ток смещения; дал (1864) определение электромагнитного поля и предсказал (1865) новый важный эффект: существование в свободном пространстве электромагнитного излучения (электромагнитных волн) и его распространение в пространстве со скоростью света. Последнее дало ему основание считать (1865) свет одним из видов электромагнитного излучения (идея электромагнитной природы света) и раскрыть связь между оптическими и электромагнитными явлениями. Теоретически вычислил давление света (1873). Предсказал эффекты Стоарта - Толмена и Эйнштейна - де Гааза (1878), скин-эффект.

Также сформулировал теорему в теории упругости (теорема Максвелла), установил соотношения между основными теплофизическими параметрами (термодинамические соотношения Максвелла), развивал теорию цветного зрения, исследовал устойчивость колец Сатурна, показав, что кольца не являются твердыми или жидкими, а представляют собой рой метеоритов. Сконструировал ряд приборов. Был известным популяризатором физических знаний.

**МАНДЕЛЬШТАМ Леонид Исаакович** (4.V 1879—27.VI 1944) - советский физик, академик (1929; чл.-кор. 1928). Р. в Могилеве. Учился в Новороссийском ун-те (Одесса), из которого был исключен за участие в студенческих волнениях. Окончил Страсбургский ун-т (1902), где работал (с 1913 - профессор). В 1914 возвратился в Россию.

В 1918 - 22 - зав. кафедрой физики Одесского политехнического ин-та. С 1925 - зав. кафедрой теоретической физики Московского ун-та и сотрудник НИИ физики ун-та, с 1934 работал также в Физическом ин-те АН СССР.

Работы относятся к оптике, радиофизике, теории нелинейных колебаний, квантовой механике, истории и методологии физики. Уже в 1907 в работе «Об оптически однородных и мутных средах», посвященной рассеянию света, доказал ошибочность господствующих в то время теорий Планка и Рэлея, показав что рассеяние обуславливается неоднородностью среды, однородные же среды свет не рассеивают. Дальнейшие исследования М. Смолуховского, А. Эйнштейна и самого Мандельштама доказали, что эти неоднородности обуславливаются статистическими флуктуациями плотности среды. В 1926 независимо от французского физика Л. Бриллюэна предсказал (идея и четкие соображения были высказаны еще в 1918 - 21), что при рассеянии света упругой средой должно наблюдаться расщепление линии рассеянного света (эффект Бриллюэна - Мандельштама). Попытки экспериментально обнаружить этот эффект привели его и Г. С. Ландсберга в 1928 к открытию комбинационного рассеяния света



(независимо от индийских физиков Ч. Рамана и К. С. Кришнана). Открыл совместно с Г. С. Ландсбергом селективное рассеяние света, с М. А. Леонтовичем разработал теорию рассеяния света в твердых телах. Дал строгую математическую теорию оптических изображений.

Исследования Мандельштама в области теории колебаний, выполненные в большинстве своем совместно с Н. Д. Папалекси, привели к созданию нового направления - теории нелинейных колебаний. Развивая эту теорию, Мандельштам охватывал колебательные процессы в радиотехнике, акустике, автоматике, аэродинамике. С его именем связано открытие новых видов резонанса, в частности, резонанса  $n$ -го рода и создание его теории. Обобщение и углубление понятия резонанса, построение теории стационарных колебаний при резонансе  $n$ -го рода, обнаружение асинхронного возбуждения, разработка нового метода генерации электромагнитной энергии при помощи параметрических генераторов.

Вместе с Н. Д. Папалекси внес существенный вклад в радиофизику и радиотехнику. Разработал новые способы радиотелеграфной и радиотелефонной модуляции, радиоинтерференционные методы исследования распространения радиоволн и измерения расстояния, создал новую область радиотехники - радиогодезию и др. За разработку радиоинтерференционной методики и по ценные практические результаты в 1942 был удостоен Государственной премии СССР.

**МАРКОНИ Гульельмо** (25.IV 1874 - 20.VII 1937) - итальянский физик, инженер и предприниматель, член Академии (1912), с 1930 - ее президент. Р. в Болонье. Получил домашнее образование. Под влиянием работ Г. Герца и А. Риги по электромагнитным волнам начал опыты в этой области и разработал приборы беспроводного телеграфа. В 1896 переехал в Англию и подал заявку, а в 1897 получил патент на применение электромагнитных волн для беспроводной связи (изобретатель радио А. С. Попов свое открытие не патентовал). Схема приемника Маркони была такой же как и схема приемника Попова. Благодаря большому материальным ресурсам и энергии Маркони добился широкого практического применения нового способа связи. В 1901 осуществил радиосвязь через Атлантический океан. Его деятельность сыграла большую роль в развитии радиотехники в частности в распространении радио как средства связи (Нобелевская премия, 1909).

**МУШЕНБРУК Питер** (14.III 1692 - 19.IX 1761) - голландский физик. Родился в Лейдене. Окончил Лейденский университет (1715). Был профессором Дуйсбургского (1719 - 23), Утрехтского (1723 - 40) и с 1740 - Лейденского университетов.

Работы посвящены электричеству, теплоте и оптике. В 1745 независимо от Э.Клейста изобрел первый конденсатор - лейденскую банку и провел с ней ряд опытов. Первый обратил внимание на физиологическое действие разряда. Осуществил первые экспериментальные исследования теплового расширения твердых тел, которое он регистрировал при помощи изобретенного (1731) пирометра. В 1747 использовал его как термометр для измерения температуры плавления некоторых металлов. Исследовал избирательное поглощение различных цветов в воздухе, прочность строительных материалов. Дал таблицы удельных весов многих тел (1751). Был автором первого систематического курса физики, а

его двухтомное «Введение в натуральную философию», изданное в 1762, представляло собой энциклопедию физических знаний того времени.

Член Лондонского королевского общества, Петербургской АН (1754), член-корреспондент Парижской АН.

**НЕЙМАН Франц Эрнст** (II. IX 1798-23. V 1895) - немецкий физик-теоретик, член Берлинской АН (1858). Р. в Йоахимстале. В 1825 получил степень доктора философии в Берлинском ун-те. В 1829 - 73 - работал в Кёнигсбергском ун-те (с 1829 - профессор).

Основные работы посвящены электричеству, оптике и магнетизму. Разработал (1845 - 48) первую математическую теорию электромагнитной индукции, установил закон электромагнитной индукции для замкнутых проводников, вывел формулу для коэффициента взаимной индукции, ввел понятие вектор-потенциал. Исследовал поляризацию и двойное лучепреломление, отражение от металлов. Работы посвящены также упругости, теплопроводности, кристаллофизике, молекулярной физике. Установил связь симметрии физических свойств кристалла с симметрией его формы (принцип Неймана).

В 40-х годах организовал на собственные средства в Кёнигсбергском ун-те физическую лабораторию - одну из первых в Европе. В 1834 совместно с К. Якоби основал в ун-те первый коллоквиум по теоретической физике и математике. Его учениками были Г. Кирхгоф, К. Нейман, В. Фойгт и др. Чл.-кор. Петербургской АН (1838), член Лондонского королевского об-ва и Парижской АН, Медаль Копли (1887).

**НОБИЛИ Леопольдо** (1784-5. VIII 1835) — итальянский физик. Р. в Трассилино. Был капитаном итальянской армии. С 1831 - профессор музея во Флоренции.

Основные исследования посвящены электромагнетизму. Изобрел (1825) высокочувствительный гальванометр (гальванометр Нобили). Построил (1830) термопару, термомультипликатор высокой чувствительности, астатический гальванометр. Предложил правило для определения направления индукционных токов, получил (1831) от них искру. Изучал тепловые лучи и явление электролиза. Совместно с М. Мелони исследовал (1831) тепловой спектр Солнца и «прозрачность» различных тел для тепловых лучей.

Член Парижской АН (1833).

**НОЛЛЕ Жан Антуан** (19. XI 1700-2. I V 1770) - французский физик-экспериментатор, член Парижской АН (1770). Учился в Клермоне, Бове, Париже. В 1735 стал преподавателем экспериментальной физики. Был профессором в Турине, лектором в Бордо, Версале, с 1753 - профессор Королевского колледжа в Наварре, с 1761 - в Школе искусств в Мезьере.

Исследования в области электричества, молекулярной физики, оптики. Изобрел (1747) электроскоп, усовершенствовал лейденскую банку и способствовал ее распространению во Франции, усовершенствовал электрическую машину. Принимал участие в электрических опытах Ш. Дюфе. «Передал» электричество по цепи из 180 человек. Первый заметил, что электричество быстрее «стекает» с острия, чем с тупых тел. Выдвинул идею изучения действия электричества на растениях и животных. Открыл диффузию жидкостей и осмос (1748). Исследовал

водяной пар, наблюдал его конденсацию в сосуде при откачке. Описал машину для шлифовки линз.

**ОМ Георг Симон** (16.III 1787-6. VII 1854) - немецкий физик, чл.-кор. Берлинской АН (1839). Р. в Эрлангене. Окончил Эрлангенский ун-т (1811). Преподавал математику, затем физику в различных гимназиях. С 1833 - профессор Нюрнбергской высшей политехнической школы (с 1839 - ректор), в 1849-52 - Мюнхенского ун-та.

Исследования относятся к электричеству, акустике, оптике, кристаллооптике. Экспериментально открыл в 1826 основной закон электрической цепи, связывающий между собой силу тока, напряжение и сопротивление (закон Ома). В 1827 вывел его теоретически (для участка и полной цепи), ввел понятия «электродвижущей силы», «падения напряжения» и «проводимости». Выполнил (1830) первые измерения э.д.с. источника тока.

Высказал мысль о сложном составе звуков. Установил (1843), что ухо воспринимает как простой тон только тот звук, который вызван простым синусоидальным колебанием, все же прочие звуки воспринимаются как основной тон и добавочные - обертоны (акустический закон Ома).

Член Лондонского королевского об-ва (1842). Медаль Копли (1841).

**ПАПАЛЕКСИ Николай Дмитриевич** (2. XII 1880 - 3.11 1947) - советский физик, академик (1939; чл.-кор. 1931). Р. в Симферополе. Окончил Страсбургский ун-т (1904), где работал до 1914 - сначала ассистентом у К. Брауна, затем приват-доцентом. Там же познакомился с Л. И. Мандельштамом, дружба и научное сотрудничество с которым продолжались до последних дней жизни. В 1914 возвратился в Россию. В 1918 - 22 работал в Одесском политехническом ин-те (с 1922 - профессор), в организации которого принимал активное участие вместе с Мандельштамом. В 1922 - 35 работал в Центральной радиолоборатории (Москва, Ленинград) и одновременно в 1926 - 35 - в Ленинградском электрофизическом и Политехническом ин-тах. С 1935 - в Физическом и Энергетическом ин-тах АН СССР (Москва).

Исследования относятся к радиофизике, радиотехнике, теории нелинейных колебаний. Сразу же после возвращения в Россию из Страсбурга работал над созданием первых отечественных усилительных и генераторных электронных ламп, впервые применил для накаливания их электродов высокочастотный индукционный нагрев, разрабатывал лампы приемники для нужд армии, проводил исследования по радиотелефонной связи и др.

Совместно с Мандельштамом внес вклад в теорию нелинейных колебаний, в частности открыл явление резонанса и асинхронного возбуждения, создал принципиально новые генераторы - параметрические - и разработал интерференционные методы изучения распространения радиоволн. За работы в области теории колебаний и распространения радиоволн в 1942 удостоен Государственной премии СССР. Принимал участие в создании первого советского промышленного навигационного прибора, основанного на радиоинтерференционном методе, уделял большое внимание разработке методов радиоизмерений. В последние годы жизни занимался проблемами радиоастрономии, которая только зарождалась. Один из первых выдвинул идею радиолокации Луны.

Премия Д. И. Менделеева (1936).

**ПЕТРОВ Василий Владимирович** (19.VII 1761—3.VIII 1834) - русский физик и электротехник, академик 1815; (чл.- кор. 1802). Р. в г. Обояне (ныне Курская обл.). Окончил Харьковский коллегийум (1785). С 1791 преподавал в Петербурге, в 1795 - 1833 - профессор Медико-хирургической академии, где организовал образцовый для своего времени физический кабинет, ставший важным центром русской физики (1810 - 27 возглавлял также физический кабинет Петербургской Академии наук).

Физические исследования главным образом в области изучения электрических явлений. Сконструировал в 1802 большую гальваническую батарею, состоящую из 2100 медно-цинковых элементов с электродвижущей силой около 1700В. Исследовал свойства этой батареи как источника тока и показал, что действие ее основано на химических процессах между металлами и электролитом. Осуществил ряд опытов с этой батареей. В частности, открыл в 1802 электрическую дугу (на 8 лет раньше Г. Дэви) и показал возможность использования ее для плавления и обновления металлов и освещения.

Обнаружил зависимость силы тока от площади поперечного сечения проводника. Исследовал электролитическое действие электрического тока и явление Электролиза, электропроводность различных веществ, установил важность электроизоляции и использовал покрытие металлического проводника изоляционным слоем. Изучал электрический разряд в вакууме, нашел зависимость его от материала, формы и полярности электродов, расстояния между ними и степени разряженности. Всесторонне исследовал электризацию тел, показал возможность электризации металлов трением, предложил новые способы электризации тел. Разработал оригинальные конструкции электростатических машин и приборов. Свои исследования в этой области описал в трудах «Сообщение о гальвано-вольтовых исследованиях» (1803) и «Новые электрические опыты» (1804).

**ПИКСИ Ипполит** (1808-1835)-французский изобретатель. Конструировал различные физические инструменты. В 1832 сконструировал первую магнитоэлектрическую машину, работающую на принципе электромагнитной индукции (генератор переменного тока). Используя коммутатор Ампера, получил во внешней цепи ток одного направления.

**ПОЙНТИНГ Джон Генри** (9 IX 1852-30.III 1914) - английский физик, член Лондонского королевского об-ва (1888), вице-президент в 1910 - 11. Р. в Монтоне. Окончил Лондонский (1872) и Кембриджский (1876) ун-ты. В 1876 - 78 работал в Манчестерском ун-те, в 1878 - 80 в Кавендишской лаборатории. С 1880 - профессор Бирмингемского колледжа, с 1900 - профессор, декан факультета наук Бирмингемского ун-та. Работы посвящены изучению электрических явлений, переносу энергии, теории излучения и давления света, радиации. Ввел в 1884 понятие о потоке электромагнитной энергии (вектор Умова - Пойнтинга). Измерил в 1891 плотность Земли, в 1893- гравитационную постоянную. В 1903 высказал идею о торможении солнечным светом гелиоцентрического движения космических тел (эффект Пойнтинга - Робертсона). Этим же эффектом он объяснял поворот хвостов комет в сторону от Солнца.

Королевская медаль (1905), премия Дж. Адамса (1893) и др.

**ПОПОВ Александр Степанович** (16.11.1859—13.1.1906) - русский физик и электротехник, изобретатель радио. Р. в п. Туринские Рудники (ныне г. Краснотуринск Свердловской обл.). Окончил Петербургский ун-т (1882). В 1883-1901 преподавал в военных заведениях Кронштадта. С 1901 - профессор Петербургского электротехнического ин-та (с 1905 - ректор).

Исследования относятся к различным проблемам электротехники и радиотехники, в частности радиосвязи. В 1888 повторил опыты Г. Герца по получению электромагнитных волн и в 1889 впервые указал на возможность их использования для передачи сигналов на расстояние. В 1894 сконструировал генератор электромагнитных колебаний и когерер - элемент приемника, чувствительный к электромагнитным волнам. В том же году изобрел первую приемную антенну и установил, что ее приемник реагирует на грозовые разряды. Создал прибор для регистрации разрядов на значительных расстояниях - так называемый грозоотметчик, который был прототипом первой приемной радиостанции. 7 мая 1895 продемонстрировал свой грозоотметчик (радиоприемник) на заседании физического отделения Российского физико-химического об-ва и прочитал доклад «Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям». Здесь же он высказал мысль о возможности применения своего грозоотметчика для передачи сигналов на расстояние. 24 марта 1896 на заседании физического отделения Российского физико-химического об-ва при помощи своих приборов наглядно продемонстрировал передачу сигналов на расстояние 250 м, передав первую в мире радиограмму, состоящую из двух слов - «Генрих Герц».

В 1897 впервые обнаружил явление отражения волн от предметов (в частности, кораблей), находящихся на пути их распространения. Это явление было положено в основу радиолокации. Осуществил серию опытов по телеграфии на значительные расстояния.

На увековечение памяти Попова Президиум Академии наук СССР в 1945 учредил золотую медаль им. А. С. Попова за выдающиеся достижения в области радиофизики. День 7 мая стал днем радио.

**ПУАССОН Симеон Дени** (21 VI 1781-25. IV 1840) - французский механик, математик и физик, член Парижской АН (1812). Р. в Питавье. Окончил Политехническую школу (1800), где преподавал (с 1806 - профессор), с 1809 - профессор Парижского ун-та.

Физические исследования относятся к электричеству и магнетизму, капиллярности, теории упругости, гидромеханике, теории колебаний, теории света. В 1811 применил математическую теорию потенциала к электростатике, сформулировав здесь важную теорему, согласно которой напряженность поля в точке у поверхности проводника пропорциональна плотности заряда на проводнике, и решил задачу о распределении электричества на поверхности различных проводников в системах проводников. В 1824 распространил теорию потенциала на магнитные явления и разработал математическую теорию магнетизма.

Впервые записал уравнения аналитической механики в составляющих импульса, в гидродинамике обобщил уравнение Навье - Стокса на случай движения сжимаемой вязкой жидкости с учетом теплопередачи. Разрабатывал теорию

распространения звука в воздухе. Первый теоретически исследовал адиабатический процесс, дал (1823) вывод уравнения адиабаты (уравнение Пуассона).

Член Петербургской АН (1826).

**РАМСДЕН Джессе** (6.X 1735 - 5.XI 1800) - английский механик и оптик, известный конструктор физических приборов, член Лондонского королевского общества (1786). Родился в Галифаксе. В 1755 переехал в Лондон и работал клерком. В 1758 стал учеником мастера математических инструментов, в 1762 открыл собственную мастерскую. Развил технологию, которая дала ему возможность повысить точность изготавливаемых астрономических, физических и навигационных инструментов. В созданной им мастерской к 1789 было изготовлено около 1000 теодолитов, весов, барометров, секстантов, микрометров. Построены также электрическая машина со стеклянными пластинами (1766, машина Рамсдена), делительная машина, микрометрический микроскоп, ахроматический телескоп, окуляр, состоящий из двух плоско-выпуклых линз, разделенных воздушным промежутком (окуляр Рамсдена) и др. Снабжал многие астрономические обсерватории Европы ахроматическими телескопами и др.

Член Петербургской АН (1794). Медаль Копли (1795).

**РИГИ Аугусто** (27.VIII 1850-8.VI 1921)-итальянский физик, член Академии де Линчи (1898). Р. в Болонье, где окончил в 1872 инженерную школу. В 1873 - 80 преподавал в Технической школе в Болонье, в 1880 - 85-в ун-те в Палермо. В 1885-89-профессор Падуанского ун-та, с 1889 - Ин-та физики Болонского ун-та.

Работы посвящены электромагнетизму, физике диэлектриков, оптике, атомной физике. В 1880 открыл магнитный гистерезис (независимо от Э. Варбурга). В 1888 переоткрыл внешний фотоэффект и всесторонне его изучил, в частности наблюдал внешний фотоэффект также в случае диэлектриков (эбонит, сера). Создал фотоэлемент и впервые применил название "фотоэлемент". Исследовал колебательные движения, эффекты Холла и Керра, рентгеновские лучи, эффект Зеемана. Создал (1892) новый тип генератора электромагнитных волн - сферический осциллятор сантиметровых волн, получил волны длиной в 20 и 7,5 см. Исследовал отражение этих волн, преломление, поглощение, интерференцию и дифракцию, впервые наблюдал их двойное лучепреломление. Показал, что радиоволны отличаются от световых только длиной волны, но не природой. В 1887 совместно с С. Ледюком открыл один из терромагнитных эффектов (эффект Риги—Ледюка).

Член ряда академий наук, в частности Петербургской АН (1<sup>^</sup>96).

**РИХМАН Георг Вильгельм** (22.VII 1711-6. VIII 1753) - русский физик, академик (1741). Р. в Пернове (Пярну). Окончил академический ун-т при Петербургской АН. С 1741 - профессор кафедры физики Петербургской АН и с 1744 - заведующий физическим кабинетом Академии. Преподавал также в академическом ун-те.

Работы относятся к теплоте и электричеству. В калориметрии усовершенствовал метод смешения Тэйлора и обобщил формулу Крафта, дав в 1747 - 48 формулу для температуры смеси любого числа жидкостей (формула Рихмана). Исследовал влияние различных факторов на процесс теплообмена, изучал испарение жидкостей, сконструировал ряд метеорологических и термометрических

приборов. Изобрел первый электрический измерительный прибор (электрический указатель) и широко применял его в своих исследованиях по электричеству. Экспериментально изучал электризацию и электропроводность тел, открыл в 1748 - 51 явление электростатической индукции. В 1752 - 53 исследовал атмосферное электричество, устроив у себя дома "громовую машину". Погиб во время проведения опыта от удара молнии.

**РОЖАНСКИЙ Дмитрий Аполлинариевич** (1882-1936) - физик, членкор. АН СССР. Окончил Петербургский ун-т (1904), профессор Харьковского ун-та (1911-21), 1921-23 - работал в Нижегородской радиолaborатории, с 1923 в Центральной радиолaborатории в Ленинграде, позднее в Ленинградском физико-техническом институте.

Д.А.Рожанский изучал проблемы электрического разряда в газах, защитил диссертацию (1911) «Влияние искры на колебательный разряд конденсатора», в ЦРЛ руководил работой по созданию КВ передатчиков, по стабилизации частоты ламповых генераторов, по исследованию распространения КВ. Работы по радиофизике - (1931) - «Проблемы дециметровых волн». (1933) - «Метод измерения диэлектрических постоянных и абсорбции при высоких частотах». (1937) - «Физика газового разряда»

**РУМКОРФ Генрих Даниэль** (15.I 1803-20.XII 1877) - изобретатель. Р. в Ганновере. С 1840 - конструктор точных инструментов в Париже. Изобрел в 1851 индукционную катушку (катушка Румкорфа), генерирующую токи высокой частоты. Получил от своей катушки искры длиной до 50 см в воздухе.

**САВАР Феликс** (30.VI 1791 - 16.III 1841) - французский физик, член Парижской АН (1827). Р. в Мезьере. Окончил Страсбургский ун - т (1816), получив медицинское образование. Работал военным хирургом. С 1816 занялся физикой, с 1828 - профессор экспериментальной физики в Коллеж де Франс.

Работы относятся к акустике, электромагнетизму, оптике, гидромеханике. Изобрёл прибор для определения частоты звука (колесо Савара), изучал акустический резонанс, разрабатывал физические основы конструирования струнных инструментов, предложил конструкцию сирены. Показал (1826), что характер распространения звука в жидкостях такой же, как и в твёрдых телах. Проводил исследования пределов слышимости звука, в 1830 установил верхний предел слышимости - 24000 Гц, в 1831 нижний предел - 14 - 16 Гц. В 1820 вместе с Ж. Био экспериментально открыл закон электродинамики, определяющий величину напряжённости магнитного поля, создаваемого электрическим током (закон Био - Савара). Изобрёл для изучения поляризованного света кварцевую пластинку (пластинка Савара), полярископ (1840).

**СИМЕНС Эрнст Вернер** (13.XII 1816-6.XII 1892) — немецкий физик, электротехник и предприниматель, член Берлинской АН (1874). Р. в Ленте близ Ганновера. Окончил Берлинское артиллерийское училище, однако вскоре оставил военную карьеру и занялся изобретательской деятельностью. Совместно с И. Гальске сконструировал электрический телеграф (в 1847 получил на него в Пруссии патент) и начал выполнять заказы и подряды на телеграфные, установкИ. Прибыли от этих подрядов, а особенно от сооружения телеграфной линии Петербург —

Севастополь дали возможность Сименсу превратить небольшую берлинскую мастерскую в крупный завод. Основатель и главный владелец электротехнических кондернов — «Сименс и Гальске», «Сименс и Шукерт». Выполнил крупномасштабные разработки в электротехнике, став основателем электротехнической промышленности. Изобрел машину для наложения резиновой изоляции на провода, создал (1860) ртутный эталон сопротивления, осуществил измерения электропроводности различных металлов и ее зависимости от температуры, диэлектрической проницаемости многих веществ. Усовершенствовал (1860) магазин сопротивлений. В 1867 предложил заменить в индукционных электрических машинах стальные магниты электромагнитами и разработал (независимо от других) электрогенератор с самовозбуждением. Построил первый трамвай (1879), сконструировал электрический пирометр (1869), создал промышленную конструкцию электроплавильной печи (1878), селеновый фотометр (1887). Именем Сименса названа единица сопротивления в Международной системе единиц - сименс.

Член Петербургской АН (1882). Один из основателей первого физико-технической ин-та (Берлин, 1888).

**СТОЛЕТОВ Александр Григорьевич** (29. VII 1839-14.V 1896)- русский физик. Р. во Владимире. Окончил Московский ун-т (1860) и был оставлен для подготовки к профессорскому званию. В 1862 - 66 совершенствовал знания у Г. Магнуса, Г. Кирхгофа и В. Вебера. После возвращения из заграничной командировки работал в Московском ун-те (с 1873 - профессор). Научные работы посвящены электромагнетизму, оптике, молекулярной физике, философским вопросам науки. В докторской диссертации «Исследования функции намагничивания мягкого железа» (1872) впервые показал, что при увеличении намагничивающего поля магнитная восприимчивость железа вначале возрастает, а затем уменьшается, проходя через максимум. Впервые снял кривую магнитной проницаемости ферромагнетика (кривая Столетова). Предложил два важных метода магнитных измерений веществ - метод тороида с замкнутой магнитной цепью и баллистическое измерение намагниченности. Осуществил ряд экспериментов для определения величины отношения электромагнитных и электростатических единиц, получил значение, близкое к значению скорости света (1876).

В 1888 - 90 выполнил цикл работ по исследованию явления внешнего фотоэффекта, обнаруженного Г. Герцем в 1887. В 1888 независимо от В. Гальвакса и А. Риги переоткрыл этот эффект, создал первый фотоэлемент, основанный на внешнем фотоэффекте, и применил его на практике, рассмотрел вопрос об инерционности фототока и оценил его запаздывание по отношению к освещению в 0,001 с. Открыл прямую пропорциональную зависимость силы фототока от интенсивности падающего света (1-й закон внешнего фотоэффекта) и явление фотоэлектрического утомления - понижение чувствительности фотоэлемента со временем (1889), обнаружил фототок насыщения, показал его независимость от потенциала (1890). Является основоположником количественных методов исследования фотоэффекта, предложил метод фотоэлектрического контроля интенсивности света.

Изучал самостоятельный газовый разряд, установил, что отношение напряженности электрического поля к давлению газа при максимальном токе есть



величина постоянная (константа Столетова). Исследовал критическое состояние вещества (1892-94).

Многое сделал для развития физики в России. В 1872 им была организована первая физическая лаборатория, был инициатором создания Физического ин-та при Московском ун-те. Автор ряда философских очерков, в которых выступал как материалист, а также историко-научных.

**СТЕРДЖЕН Уильям** (22.V 1783 - 4.XII 1850) - английский изобретатель. Р. в Уиттенгеме. В 1802 - 20 служил в армии, затем работал сапожником и занимался науками и конструированием приборов. Был лектором Военной семинарии Ост - Индийской компании в Аддискомбе, в 1840 - 44 - заведующий Галереей практических знаний в Манчестере.

Основные исследования посвящены электромагнетизму. Изобрёл (1823) динамо. В 1825 построил первый подковообразный электромагнит со стержнем из мягкого железа, обмотанным изолированной медной проволокой. Разработал (1828) метод амальгирования цинка. Сконструировал ряд электрических машин. Изучал также атмосферное электричество.

**ТЕСЛА Никола** (10.VII 1856-71 1943)-сербский ученый и области электротехники и радиотехники. Р. в с. Смяляны (Хорватия). Окончил Политехнический ин-т в Граце (1878) и Парижский ун-т (1880). Работал инженером в Будапеште, в 1882 - 84 - в Париже, с 1884 - на заводах Эдисона и Вестингауза в США.

Разработал ряд конструкций многофазных (преимущественно двухфазных) генераторов, электродвигателей и трансформаторов, а также схемы передачи и распределения многофазных токов. Открыл в 1888 (независимо от Г. Феррариса) явление вращающегося магнитного поля, на основе которого построил в 1889 - 90 электрические генераторы частотой от 5000 до 20000 Гц. Изобрел (1891) высокочастотный трансформатор (трансформатор Теслы) и первые электромеханические генераторы высокой частоты. Исследовал возможность беспроводной передачи сигналов и энергии на значительные расстояния и в 1899 демонстрировал лампы и двигатели, работающие без проводов на высокочастотных токах. Сконструировал ряд радиоуправляемых самоходных механизмов. Изучал физиологическое действие токов высокой частоты. Построил в 1899 радиостанцию на 200 кВт в Колорадо и радиантенну высотой 57,6 м в Лонг-Айленде. Изобрел электрический счетчик, частотомер и др.

**ТОМСОН (Кельвин) Уильям** (26. VI 1824-17.XII 1907) - английский физик, один из основоположников термодинамики, член Лондонского королевского об-ва (1851), президент в 1890 - 95. В 1892 получил титул лорда Кельвина. Р. в Белфасте. Окончил Кембриджский ун-т (1845). В 1846-99 - профессор ун-та в Глазго (в 1846 организовал одну из первых физических лабораторий), с 1904 - президент.

Работы относятся к термодинамике, гидродинамике, электромагнетизму, упругости, теплоте, математике, технике. В 1851 сформулировал (независимо от Р. Клаузиуса) второе начало термодинамики.

Широко применял термодинамический метод для объяснения различных физических явлений. Ввел в 1848 понятие абсолютной температуры и абсолютную

шкалу температуры, названную его именем (шкала Кельвина). Показал, как температура кипения жидкости в зависимости от давления связана с теплотой парообразования, объемом жидкости образовавшимся из нее паром. Построил термодинамическую теорию термоэлектрических явлений.

Плодотворно работал в области изучения электрических и магнитных явлений, в частности изучал магнитные свойства кристаллов. Открыл в 1851 изменение удельной электропроводности ферромагнетиков при их намагничивании (эффект Томсона). Сконструировал ряд высокочувствительных электрометров и гальванометров, универсальный компас и другие приборы. Дал расчет электрических колебаний в контуре, выведя в 1853 формулу зависимости периода собственных колебаний в контуре от его емкости и индуктивности (формула Томсона). Установил (1856) изменение сопротивления металлов в магнитном поле, перпендикулярном току. Теоретические исследования Томсона по электромагнетизму и ряд его технических изобретений значительно содействовали практическому осуществлению телеграфной связи, в частности по трансатлантическому кабелю, в прокладывании которого он принимал активное участие.

Член многих академий наук и научных об-в, в частности Петербургской АН (1896).

**УИТСТОН Чарлз** (6.II.1802 - 19.X. 1875) - английский физик, член Лондонского королевского общества. Р. в Глостере. С 1834 - профессор Королевского колледжа в Лондоне.

Работы и области электромагнетизма, акустики, оптики. Сконструировал в 1837 электромагнитный телеграф и в 1858 первый практически пригодный автоматический телеграфный аппарат, в котором применялась запись текста телеграммы кодом Морзе на перфорированную ленту. В 1843 изобрел метод измерения сопротивления (мостик Уитстона). Сконструировал первые переменные реостаты (три типа), в 1834 осуществил первые измерения скорости протекания тока в проводниках методом быстро вращающегося зеркала (пытался использовать этот метод для измерения скорости света). Построил (1838) стереоскоп (с зеркалами). Независимо от других в 1867 предложил принцип самовозбуждения электрических машин. В 1835, исследуя спектр электрической искры, пришел к выводу, что он зависит лишь от материала электродов и не зависит от газа, в котором проскакивает искра.

Изготовил также музыкальные инструменты, изобрел в 1829 концертину, объяснил в 1833 акустические фигуры Хладни, установил (1837), что тембр звука определяется относительной интенсивностью обертонов.

**ФАРАДЕЙ Майкл** (22.IX 1791-25.VIII 1867) - английский физик, член Лондонского королевского об-ва (1824). Р. в Лондоне. Учился самостоятельно. В 1813 стал ассистентом Г. Дэви в Королевском ин-те в Лондоне, в 1825 - директором лаборатории Королевского ин-та, сменив на этом посту Г. Дэви, в 1833 - 62 - профессор кафедры химии.

Исследования в области электричества, магнетизма, магнитооптики, электрохимии. В 1821 впервые осуществил вращение магнита вокруг проводника с током и проводника с током вокруг магнита, создав тем самым лабораторную модель электродвигателя. В этом опыте наглядно проявилась связь между

электрическими и магнитными явлениями. Не случайно, что в этом же году Фарадей поставил себе целью «превратить магнетизм в электричество». В 1831 открыл явление электромагнитной индукции - возникновение электрического тока в проводнике при изменении магнитного потока через контур проводника. В последующие годы подробно изучил открытое им явление и установил законы электромагнитной индукции, открыл (1835) экстратоки при замыкании и размыкании и установил их направление.

Используя огромный экспериментальный материал, Фарадей доказал тождественность известных тогда видов электричества: «животного», «магнитного», термоэлектричества, электричества, возникающего от трения. гальванического электричества. Стремление выяснить природу электрического тока привело его к экспериментам по прохождению тока через растворы кислот, солей и щелочей. Результатом этих исследований было открытие в 1833 законов электролиза (законы Фарадея). Кроме большого практического значения, эти законы стали также существенным аргументом в пользу дискретного характера электричества. Ввел понятия: подвижность (1827), катод, анод, ионы, электролиз, электролиты, электроды (1834), изобрел (1833) вольтметр. В 1845 открыл диамагнетизм и в 1847 - парамагнетизм. Обнаружил (1845) явление вращения плоскости поляризации света в магнитном поле (эффект Фарадея). Последнее было первым экспериментальным доказательством связи между светом и магнетизмом и положило начало магнитооптике.

В работах Фарадея по электромагнетизму важным также является понятие поля. Он первый в 30-х годах ввел понятие поля, в 1845 употребил термин «магнитное поле», отчетливо сформулировал свою концепцию поля в 1852. По мнению А. Эйнштейна, идея поля была самой оригинальной идеей Фарадея, самым важным открытием со времен Ньютона. У Ньютона и других ученых пространство выступало как пассивноеместилище тел и электрических зарядов, у Фарадея же пространство участвует в явлениях. «Надо иметь могучий дар научного предвидения, - писал А. Эйнштейн, - чтобы распознать, что в описании электрических явлений не заряды и не частицы описывают суть явлений, а скорее пространство между зарядами и частицами». Для описания электрических и магнитных явлений Фарадей ввел представление об электрических и магнитных силовых линиях, которые он, правда, считал реально существующими. Является создателем учения об электромагнитном поле. В 1846 в мемуарах «Мысли о лучевых колебаниях» высказал идею об электромагнитной природе света. В 1837 обнаружил влияние диэлектриков на электрическое взаимодействие (поляризацию диэлектриков) и ввел понятие диэлектрической проницаемости. Высказал мысль о распространении электрического и магнитного взаимодействий через промежуточную среду. В 1843 экспериментально доказал закон сохранения электрического заряда. Близко подошел к открытию закона сохранения и превращения энергии, высказал (1840) мысль о единстве сил природы (различных видов энергии) и их взаимном превращении.

Член Петербургской АН (1830).

**ФЛЕМИНГ Джон Амброс** (29.XI 1849 - 18.IV 1945) - английский физик, член Лондонского королевского общества (1892). Р. в Ланкастере. Окончил Лондонский университет (1870). В 1877 - 81 работал в Кавендишской лаборатории, в 1881 -

82 - профессор Ноттингемского ун - та, 1882 - 82 - консультант Эдисоновской компании в Лондоне, 1885 - 1926 - профессор Лондонского ун - та.

Работы посвящены радиотелеграфии, радиотелефонии, радио- и электротехнике. Предложил правило правой руки для определения направления индукционного тока в проводнике (правило Флеминга). Изобрёл в 1904 двухэлектродную электронную лампу (диод).

Медали Д. Юза (1910), М. Фарадея (1928).

**ФРАНКЛИН Бенджамин** (Вениамин) (17.I.1706 - 17.IV.1790) - американский физик, политический и общественный деятель. Родился в Бостоне. Образование получил самостоятельно. В 1727 основал в Филадельфии собственную типографию. Основал в 1731 первую в США публичную библиотеку, в 1743 - американское философское общество, в 1751 - Пенсильванский университет. В 1737 - 53 - почтмейстер Пенсильвании, в 1737 - 74 - североамериканских колоний.

Основные научные работы в области электричества. В 1746 - 54 осуществил ряд экспериментальных исследований, принесших ему широкую известность. Объяснил действие лейденской банки, построил первый плоский конденсатор, состоящий из двух параллельных металлических пластин, разделенных стеклянной прослойкой, изобрел в 1750 молниеотвод, доказал электрическую природу молнии (опыт со змеем) и тождественность земного и атмосферного электричества.

Разработал (1750) теорию электрических явлений - так называемую «унитарную теорию», согласно которой электричество представляет собой тонкую жидкость, пронизывающую все тела. В каждом незаряженном нейтральном теле всегда содержится определенное количество «электрической жидкости». Если по каким-либо причинам в теле появляется ее избышек, то тело заряжается положительно, когда ее недостает - отрицательно. В этой теории Франклина впервые было введено понятие положительного и отрицательного электричества (заряда) и их обозначение «+» и «-». Исходя из своей теории, объяснил наблюдаемые им явления. В унитарной теории Франклина содержался закон сохранения электрического заряда. Является автором ряда технических изобретений, в частности применения электрической искры для взрыва пороха.

Член Лондонского королевского общества (1756) и Петербургской АН (1789).

**ХЕВИСАЙД Оливер** (18.V. 1850-3.II.1925)--английский физик и математик, член Лондонского королевского об-ва (1891). Р. в Лондоне. Работал в телеграфной компании в Ньюкасле, в 1874 оставил работу из-за прогрессирующей глухоты. Научные исследования проводил в собственной лаборатории.

Основные физические работы относятся к электромагнетизму и математической физике. Развил теорию электромагнитного поля Максвелла, особенно подчеркивал симметрию электрического и магнитного полей, определял поля, создаваемые различными конфигурациями движущихся зарядов, независимо от Дж. Пойнтинга рассматривал вопрос о потоке энергии электромагнитного поля и получил энергетические соотношения. Автор пятитомной монографии "Электромагнитная теория". Независимо от Дж. Релея построил (1886) теорию скин-эффекта. Постулировал (1902) существование ионизированного слоя атмосферы, отражающего электромагнитные волны. Один из творцов операционного исчисления.

**ШВЕЙГТЕР Иоганн** (8.IV 1779-6.IX 1857) - немецкий физик. Р. в Эрлангене. В 1800 получил степень доктора философии в Эрлангенском ун-те, где работал. С 1803 - профессор гимназии в Бауреуте, в 1811 - 16 - Политехнической школы в Нюрнберге. С 1819 - профессор ун -та в Галле.

Работы относятся к изучению электрических явлений и конструированию электрических приборов. Изобрёл электрометр (1808), пружинный гальванометр. электромагнитный мультипликатор (1820), названный его именем (мультипликатор Швейгтера).

**ШОКЛИ Уильям Брэдфорд** (р 13.II 1910)-американский физик, член Национальной АН (1951). Р. в Лондоне. Окончил Калифорнийский технологический ин-т (1932). В 1936 - 55 работал в лабораториях Белл-Телефон. В 1955 - 58 - директор лаборатории полупроводников «Бекман Инструменте Инкорпорейшн», в 1958 - 60 - президент «Шокли Транзистор Корпорейшн», в 1960 - 63 - директор «Шокли Транзистор», 1963 - 75 - профессор Стенфордского ун-та.

Работы в области физики твердого тела и физики полупроводников (энергетические уровни в твердых телах, теория дислокации и границы зерен, эксперименты и теория ферромагнитных доменов, физика транзисторов, теория вакуумных ламп). Открыл «эффект поля», имевший важное значение для изобретения транзистора (1948). Предложил механизм рекомбинации, основанный на предположении, что дефекты в кристалле служат своего рода катализаторами для процесса рекомбинации. Экспериментально доказал участие не основных носителей в процессе переноса в твердых телах, наблюдал дрейф и диффузию дырок. Изобрел способ создания диффузионного базового электрода (диффузионный базовый транзистор). Осуществил подробное исследование эффекта усиления и контролируемой инжекции носителей тока в полупроводниках и положил начало большой серии работ по изучению свойств германия и кремния. В 1949 совместно с Дж. Хейнсом осуществил эксперимент, позволивший непосредственно определить подвижность и время жизни не основных носителей заряда в германии (опыт Хейнса - Шокли), с Г. Сулом открыл влияние магнитного поля на концентрацию дырок и электронов. В 1949 предсказал возможность осуществления триода р - n переходом, вывел формулу для плотности полного тока в р - n -переходе (уравнение Шокли), исходя из своей теории р - n -перехода, предложил р - n - р транзистор. Предсказал (1951) эффект насыщения в полупроводниках, предложил метод определения эффективной массы. Нобелевская премия (1956).

**ШОТКИ Вальтер** (23. VII 1886-4.III 1976) - немецкий физик. Р. в Цюрихе. Учился в Берлинском ун-те, где в 1912 получил степень доктора философии. В 1920 - 23 - лектор Вюрцбургского ун-та, 1923 - 27 - профессор Ростовского. В 1916-19 и с 1927 работал в лабораториях «Сименс и Гальске».

Исследования относятся к физике твердого тела, статистике, электронике, физике полупроводников, термодинамике. В 1915 изобрел электронную лампу с экранной сеткой. Открыл явление возрастания электронного тока насыщения под действием внешнего ускоряющего электрического поля (эффект Шоттки) и разработал (1914) его теорию. Предложил (1918) супергетеродинный принцип усиления. В 1930 рассмотрел пустые узлы кристаллической решетки, не

скомпенсированные атомом в междоузлиях (дефекты по Шоттки), в 1939 исследовал потенциальный барьер, образующийся в приконтактном слое «полупроводник - металл» (барьер Шоттки), и построил теорию полупроводниковых диодов с таким барьером (диоды Шоттки, или диоды с барьером Шоттки). Предложил механизм проводимости в полупроводниках. Внес значительный вклад в изучение процессов в электронных лампах и полупроводниках [561].

Создал школу физиков. Немецким физическим об-вом учреждена премия имени В. Шоттки за работы в области физики твердого тела.

**ЭДИСОН Томас Алва** (11.II 1847-18.X 1931) - американский изобретатель. член Национальной АН (1927). Р. в Майлане. С 12 лет работал разносчиком газет, затем (1863) телеграфистом. В 1868 занялся изобретательством, организовал (1870) лабораторию в Нью-Арке, затем в 1876 в Менло-Парке, с 1887 в Уэст-Ориндже возглавлял организованный им изобретательский центр.

Усовершенствовал телефон Белла и лампу накаливания, изобрел в 1877 фонограф, который сам же усовершенствовал в 1889, разработал систему освещения, сконструировал патрон и цоколь с резьбой, предохранитель, электросчетчик, поворотный выключатель, рекордер, мегафон и др. Ввел в практику параллельное включение ламп. построил сверхмощные в то время электрогенераторы и запустил в эксплуатацию в 1881 первую тепловую электростанцию с разветвленной сетью подачи электроэнергии. Изобрел железнодорожный тормоз, щелочные железо-никелевые аккумуляторы, аппарат для записи телефонных разговоров, усовершенствовал кинематографическую камеру. Первый наблюдал (1883) явление термоэлектронной эмиссии (эффект Эдисона) и многое другое. Запатентовал более 1600 изобретений.

Иностраный член АН СССР (1930).

**ЭРСТЕД Ханс Кристиан** (14.VIII 1777-9.III 1851) - датский физик. непременный секретарь Датского королевского об-ва (с 1815). Р. в Рудкёбинге (о. Лангслани). Окончил Копенгагенский ун-т (1797). С 1806 - профессор этого ун-та, с 1829 одновременно директор Копенгагенской политехнической школы. Работы посвящены электричеству, акустике, молекулярной физике. В 1820 обнаружил действие электрического тока на магнитную стрелку, что привело к возникновению новой области физики - электромагнетизма. Идея взаимосвязи между различными явлениями природы - характерна для научного творчества Эрстеда: в частности он один из первых высказал (1821) мысль, что свет представляет собой электромагнитные явления. В 1822 - 23 независимо от Ж. Фурье переоткрыл термоэлектрический эффект и построил первый термоэлемент. Экспериментально изучал сжимаемость и упругость жидкостей и газов, изобрел пьезометр (1822). Проводил исследования по акустике, в частности пытался обнаружить возникновение электрических явлений за счет звука. Исследовал отклонения от закона Бойля - Мариотта. Был блестящим лектором и популяризатором, организовал в 1824 Общество по распространению естествознания, создал первую в Дании физическую лабораторию, способствовал улучшению преподавания физики в учебных заведениях страны. Почетный член многих академий наук, в частности Петербургской АН (1830).

**ЯКОБИ Борис Семенович** (21.IX 1801-27.11 1874) - русский физик и электротехник, член Петербургской АН (1847). Р. в Потсдаме. Учился в Гёттингенском ун-те. В 1834 переехал в Кенигсберг, в 1835 - профессор Дерптского ун-та, с 1837 жил в Петербурге.

Работы в области электромагнетизма и его практического применения. Изобрел в 1834 электродвигатель с вращающимся рабочим валом, открыл явление возникновения обратной ЭДС., построил лодку с электродвигателем, имевшим мощность 1 л. с. В 1838 изобрел гальванопластику и много сделал для внедрения ее в печатное и монетное дело, для изготовления художественных изделий. Сконструировал ряд телеграфных аппаратов, один из первых построил подземные (кабельные) телеграфные линии, в частности линию Петербург - Царское Село длиной около 25 км. Много сделал для создания отечественного электротехнического оборудования, построил ряд электротехнических приборов - вольтметр, проволочный эталон сопротивления, несколько конструкций гальванометров, регулятор сопротивления и т. п. Работы Якоби сыграли важную роль в организации электротехнического образования в России.

### 3. СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ ПО РАДИОТЕХНИКЕ

**Автогенератор** - генератор, работающий после включения в режим самовозбуждения, преобразующий энергию источника питания в незатухающие колебания.

**Амплитуда** - наибольшее значение величины, совершающей гармонические колебания.

**Анод** - электрод, присоединяемый к положительному полюсу источника тока.

**Антенна** - устройство для приема (или излучения) электромагнитных волн.

**Вакуум** - состояние, заключенного в сосуд газа, характеризующееся давлением значительно ниже атмосферного.

**Варикап** - полупроводниковый диод с емкостью, зависящей от прикладываемого обратного напряжения; предназначен для применения в качестве элемента с электрически управляемой емкостью.

**Вариометр** - устройство для плавного изменения индуктивности контура путем механического изменения относительного положения катушек, входящих в состав вариометра.

**Вибратор** - устройство, в котором могут возбуждаться колебания, продолжающиеся дольше вызвавшего их воздействия; излучатель антенны.

**Волна** - возмущение среды или физического поля, распространяющееся с конечной скоростью в пространстве.

**Волна электромагнитная** - распространяющееся в пространстве переменное электромагнитное поле.

**Выпрямитель** - устройство для преобразования переменного тока в постоянный.

**Гальванический элемент** - электрохимический источник тока, содержащий два различных проводника, помещенных в электропроводящий раствор (обычно водный раствор кислоты или соли). Например, элемент Вольта состоит из медной и цинковой пластинок (электродов), погруженных в слабый водный раствор серной кислоты. Медь заряжается положительно (анод), цинк - отрицательно (катод), начальная ЭДС элемента 1.1В.

**Гальванометр** - высокочувствительный прибор, показания которого определяются силой проводящего через него тока; по принципу построения гальванометры могут быть магнитоэлектрическими, тепловыми и др.

**Гармоническое колебание** - колебание, характеризуемое изменением какой-либо величины во времени по закону  $a = a_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ . Если  $a$  - текущее значение величины, то  $a_0$  - амплитуда колебания,  $\omega_0$  - круговая (циклическая) частота колебания.  $(2\pi/\omega_0) = T_0$  - период колебаний (промежуток времени, через



который текущие значения величины  $a$  повторяются,  $f = 1/T_0$  - число колебаний в единицу времени или частота колебаний,  $\omega_0 t + \varphi_0$  - фаза колебаний,  $\varphi_0$  - начальная фаза.

**Генератор** - устройство для получения энергии заданного вида путем преобразования энергии другого вида; электрическая машина постоянного (переменного) тока, предназначенная для преобразования механической энергии в электрическую и основанная на явлении электромагнитной индукции при движении проводников в магнитном поле; электронная схема, предназначенная для получения электрических колебаний.

**Гетеродин** - вспомогательный маломощный генератор гармонических колебаний, используемый в приемниках для преобразования частоты принимаемого сигнала. например, в супергетеродинных схемах, - в промежуточную частоту, или в гетеродинных приемниках телеграфных сигналов - в звуковую частоту для слухового приема.

**Гониометр** - устройство для вращения диаграммы направленности антенны, образованной двумя взаимно перпендикулярными рамочными антеннами.

**Громоотвод** - система проводов, предназначенная для защиты зданий и сооружений от удара молнии с целью предотвращения пожаров и поражения людей; состоит из заостренного металлического стержня, укрепленного на самой высокой точке сооружения, и соединенного проводом с Землей.

**Датчик** - элемент измерительного, сигнального, регистрирующего устройства, преобразующий измеряемую, передаваемую, контролируемую величину в электрический сигнал.

**Демодуляция** - процесс преобразования модулированного сигнала, обеспечивающий получение из него электрического колебания, содержащегося в модулируемом сигнале, и непосредственно отображающего информацию.

**Детектор** - обнаружитель сигналов; устройство, предназначенное для преобразования высокочастотного модулированного колебания в напряжение или ток, изменяющийся по закону модуляции.

**Диапазон** - область изменения какой-либо величины.

**Динамомашинa** - устаревшее название генератора электрического тока, содержащего ротор, вращающийся в магнитном поле.

**Диод** - двухэлектродный электронный прибор, содержащий катод и анод, используемый для выпрямления переменного тока, детектирования сигналов и др. целей.

**Дифракция** - отклонение от геометрических законов распространения волн (например, законов зеркального отражения или преломления радиоволн).

**Диффузия** - проникновение частиц одного вещества в другое в направлении убывания их концентрации, обусловленное тепловым движением атомов, молекул и других частиц.

**Диэлектрик** - вещество практически не проводящее электрический ток.

**Дуга (дуговой разряд)** - самостоятельный (непрерывный во времени) электрический разряд в газе (воздухе), характеризующийся большой плотностью тока и поддерживаемый термоэлектронной или автоэлектронной эмиссией.

**Емкость электрическая** - параметр, характеризующий способность проводника, совокупности проводников или конденсатора удерживать электрический заряд, равный отношению величины заряда к потенциалу проводника.

**Заземление** - электрическое соединение с Землей или ее эквивалентом (металлическим корпусом летательного аппарата, корабля и т.п.).

**Закон Ампера** - сила взаимодействия двух элементов тока (произведение тока на рассматриваемый элемент проводника) пропорциональна величине каждого элемента тока, т.е. их произведению, и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Направление этой силы определяется двойным векторным произведением: вектора одного элемента проводника на векторное произведение второго элемента проводника на радиус вектор, соединяющий элементы проводника.

**Закон Био-Савара** - напряженность магнитного поля, создаваемая в данной точке элементом тока, пропорциональна величине тока, обратно пропорциональна квадрату расстояния от точки до элемента проводника; направление магнитного поля определяется векторным произведением элемента проводника на радиус вектор соединяющего элемент проводника и рассматриваемую точку (правило правого буравчика).

**Закон Джоуля-Ленца** - количество теплоты, которое выделяется током в проводнике, прямо пропорционально силе тока и падению напряжения на нем.

**Закон Кирхгофа** - алгебраическая сумма токов в точках разветвления цепей равна нулю; алгебраическая сумма электродвижущих сил (ЭДС) и напряжений в замкнутом контуре равна нулю.

**Закон Кулона** - сила взаимодействия двух точечных зарядов, направлена вдоль линии, соединяющей оба заряда, пропорциональна величине этих зарядов, т.е. их произведению, и обратно пропорциональна квадрату расстояния между зарядами.

**Закон Ома** - сила тока в электрической цепи пропорциональна приложенному напряжению; коэффициент пропорциональности этой зависимости называется электропроводностью проводника, а величина обратная электропроводности - электрическим сопротивлением. Сопротивление проводника зависит от рода вещества проводника, его геометрических размеров и физического состояния.

**Зуммер** - электромагнитное устройство, с прерывателем, наподобие электрического звонка, будучи включенное в цепь постоянного тока, вследствие вибрации якоря, издает звук невысокой частоты.

**Измерение** - процесс определения опытным путем значения физической величины, характеризующей некоторый объект или явление.

**Иконоскоп** - первая передающая телевизионная трубка с накоплением электрических зарядов для преобразования оптического изображения в телевизионный сигнал.

**Информация** - мера уменьшения неопределенности при выборе различных возможностей; сведения о каких-либо событиях или предметах, являющиеся объектом для преобразования, хранения, передачи или непосредственного использования.

**Ионосфера** - ионизированная часть атмосферы, в которой происходят отражение и рассеяние радиоволн.

**Кабель** - один или несколько изолированных проводников, заключенных в защитную герметическую оболочку.

**Катод** - источник электронов в электровакуумных приборах; отрицательный полюс источника тока или электрод прибора, присоединяемый к отрицательному полюсу источника тока.

**Катушка индуктивности** - элемент электрической цепи, предназначенный для использования его индуктивности и выполненный из провода, намотанного на каркас.

**Ключ Морзе** - настольное устройство, используемое в телеграфии, для быстрой коммутации электрической цепи в виде коротких кодовых посылок различной длительности (точек и тире), срабатывающее при нажатии пальцами на головку ключа, удерживаемого пружиной в разомкнутом состоянии; удачная конструкция ключа позволила телеграфистам вести передачу сообщения со скоростью до ста знаков в минуту.

**Кинескоп** - приемная электронно-лучевая трубка, предназначенная для преобразования телевизионного сигнала в передаваемое изображение.

**Клистрон** - электровакуумный СВЧ прибор, работа которого основана на взаимодействии электронного потока переменной плотности с электрическим полем СВЧ генератора.

**Код** - система условных знаков (символов) или элементарных сигналов, используемых при передаче сообщений, а также для представления различной информации.

**Колебание** - изменение состояния или значение той или иной физической величины, повторяющееся через определённые промежутки времени.

**Колебание затухающее** - колебание, энергия которого убывает во времени с момента их возникновения.

**Колебание незатухающее** - колебание с постоянной во времени энергией.

**Колебания электромагнитные** - физические явления, при которых электрические величины, их характеризующие (заряды, токи, электрические и магнитные поля) изменяются периодически.

**Коммутатор** - устройство для формирования соединений между цепями, обеспечивающими прохождение сигнала в заданных направлениях.

**Компас** - навигационный прибор, указывающий направление географического (истинного) или магнитного меридиана; простейший магнитный компас содержит магнитную стрелку, вращающуюся на острие в центре круга (лимба), разделённого на градусы (румбы), которая устанавливается в направлении меридиана «север - юг».

**Конденсатор** - элемент электрической цепи, состоящий из двух или более проводящих обкладок, разделённых диэлектриком и обладающий свойством накапливать электрический заряд, которое характеризуется величиной электрической ёмкости конденсатора.

**Контакт** - место перехода электрического тока из одного токопроводящего элемента цепи в другой.

**Контур колебательный** - электрическая цепь, содержащая индуктивный и ёмкостной элементы, в которой могут возбуждаться периодические электрические колебания с частотой, определяемой параметрами контура.

**Лазер** - генератор когерентного во времени и пространстве электромагнитного излучения оптического диапазона, основанный на использовании вынужденного испускания или рассеяния света активной средой, находящейся в оптическом резонаторе.

**Лампа** - искусственный источник света; электровакуумный прибор.

**Лампа электронная** - электровакуумный прибор, содержащий электрод-катод, с помощью которого создается путем термоэлектронной эмиссии поток электронов, направляемый под действием электрического поля к электроду-аноду; поток электронов может управляться с помощью специальных электродов-сеток, расположенных на пути электронов к аноду.

**Литера** - несущий стержень, на верхнем торце которого находится рифлёное (печатающее) изображение буквы или знака, использующийся в буквопечатающих телеграфных аппаратах.

**Магнитострикция** - изменение размеров и формы тела при его намагничивании.

**Манипуляция** - вид модуляции, при котором модулируемый параметр несущего колебания (например, амплитуда) изменяется скачкообразно, соответственно дискретному характеру модулирующего сигнала.

**Маяк радиолокационный** - навигационный приемо-передатчик, расположенный в заданном географическом месте и работающий в качестве ответчика совместно с бортовыми РЛС, передавая по их запросу кодированные сигналы для местоопределения.

**Метрология** - наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

**Микропроцессор** - программно-управляемое устройство в интегральном микроэлектронном исполнении, осуществляющее процесс обработки информации и управление им.

**Микросхема** - микроэлектронное изделие, имеющее высокую плотность упаковки электрически соединенных элементов и рассматриваемая как единое конструктивное целое.

**Микросхема интегральная (ИС)** - микроэлектронное изделие определенного функционального назначения (усиления, преобразования сигналов, обработки данных, генерации колебаний и т.д.), имеющее высокую плотность элементов и соединений между ними, выполненных неразделимо.

**Микросхема интегральная полупроводниковая** - микросхема, выполненная на основе полупроводниковой подложки, где все активные и пассивные элементы неделимо связаны между собой и изготовлены в виде областей с разным типом проводимости; пассивные элементы соединения нанесены на поверхность подложки в виде тонких пленок.

**Микросхема интегральная гибридная** - микросхема, выполненная на диэлектрической подложке; пассивные элементы и соединения изготовлены в виде однослойных или многослойных пленочных структур, а активные элементы в виде отдельных микроэлектронных компонентов (транзисторы, ИС, диоды) смонтированы пайкой или сваркой на специальные контактные площадки.

**Микрофон** - устройство преобразования звуковых колебаний в электрические.

**Модуляция** - процесс изменения параметров высокочастотного колебания (т.н. несущей), передаваемого по радиолинии, в соответствии с передаваемым сообщением.

**Молния** - искровой электрический разряд, возникающий между облаками или между облаком и Землей, с силой тока до 500 кА и длительностью порядка микросекунд.

**Навигация** - раздел науки кораблевождения, изучающий методы вождения судов в морях и океанах, летательных аппаратов в воздушном пространстве и космосе с помощью специальных технических средств.

**Нейтрализация** положительной обратной связи - схемотехнический прием борьбы с самовозбуждением усилительного каскада, заключающийся в компенсации внутренней обратной связи (например, в активном элементе усилителя) путем введения внешней обратной связи.

**Нестабильность частоты** - самопроизвольное изменение частоты колебаний генератора под действием различных дестабилизирующих факторов (изменение температуры, напряжение питания, старение элементов и др.).

**Оптоэлектроника** - область электроники, охватывающая теорию и практическое применение взаимных преобразований световых и электрических сигналов в системах обработки, хранения и передачи информации.

**Осциллограф** - прибор для исследования изменений электрических величин во времени путем визуального наблюдения и/или регистрации.

**Пеленг** - направление на объект от радиотехнического средства обнаружения, измеряемое углом между плоскостью меридиана (истинного, магнитного или компасного) и вертикальной плоскостью, проходящей через точку установки радиотехнического средства и наблюдаемый объект.

**Пентод** - пятиэлектродная лампа, имеющая анод, катод и три сетки - управляющую, экранирующую и защитную (антидинаatronную); пентод обладает по сравнению с лампой-триодом лучшими электрическими характеристиками.

**Передатчик (радиопередатчик)** - устройство, предназначенное для формирования радиосигналов (например, электромагнитных колебаний модулированных сообщением), излучаемых через антенну в пространство в виде электромагнитных волн.

**Поле** - форма существования материи.

**Поле магнитное** - физическое поле взаимодействия движущихся электрических зарядов, а также тел, обладающих магнитным моментом.

**Поле физическое** - форма материи, представляющая собой систему, характеризующую непрерывным распределением физических величин в пространстве и обладающую неограниченным числом степеней свободы.

**Поле электрическое** - физическое поле взаимодействия движущихся, а также неподвижных электрических зарядов.

**Поле электромагнитное** - физическое поле, посредством которого осуществляется взаимодействие частиц, обладающих электрическим зарядом или магнитным моментом.

**Полупроводник** - вещество (элемент, например, кремний, селен, или химическое соединение), которое по своей удельной электропроводности занимает промежуточное место между проводниками ( $6 \cdot 10^3 \dots 6 \cdot 10^5 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ ) и диэлектриками ( $10^{-10} \dots 10^{-20} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ ) (для нормальной температуры), причем электропроводность сильно зависит от температуры, при низких значениях приближаясь к изоляторам, высоких - к проводникам.

**Поляризация среды** - процесс образования объемного дипольного электрического момента среды, происходящий под действием электрического поля или др. факторов.

**Помеха** - постороннее электромагнитное колебание различного происхождения, мешающее прислушке полезного сигнала и точному воспроизведению сообщений.

**Потенциометр (переменный резистор)** - элемент электрической цепи, обладающий свойством электрического сопротивления, имеющий подвижный контакт, позволяющий использовать при построении электрических цепей часть его полного сопротивления (часто используется для получения регулируемых вручную делителей напряжения).

**Проводимость односторонняя** - явление, наблюдаемое, в частности, в электрической цепи, содержащей контакт металл-полупроводник (или двух полупроводников) и заключающееся в том, что сопротивление контакта зависит от направления тока при различной полярности приложенного напряжения, сопротивления контакта в прямом и обратном направлении могут отличаться в  $10^2 \dots 10^6$  раз; используется при создании выпрямителей переменного тока, детекторов амплитудно-модулированных сигналов и др. нелинейных устройств.

**Правило Ленца** - возникающее в результате самоиндукции напряжение противоположено порождающему его изменению тока.

**Преобразование частоты** - процесс переноса несущей частоты сигнала на более низкую или более высокую частоту без изменения закона модуляции несущей; преобразование частоты осуществляется в приемниках с помощью устройства, построенного, например, по схеме перемножения колебаний сигнала и гетеродина и имеющего в выходной цепи фильтр, настроенный на частоту преобразованного сигнала.

**Приёмник (радиоприёмник)** - устройство, соединяемое с антенной, служащее для выделения полезного сигнала из радиосигналов, регистрируемых антенной, и преобразования его к виду, позволяющему использовать содержащуюся в нем информацию.

**Радио ...** - составная часть сложных слов, указывающая на их отношение к радиотехнике.

**Радиотехника** - область науки и техники, связанная с созданием систем и устройств, основанных на использовании электромагнитного поля (радиоволн) для передачи, приема и преобразования информации.

**Радиоволна** - электромагнитная волна с частотой до 3 ТГц.

**Радиоизлучение** - процесс излучения электромагнитных волн; энергия переносимая излучаемыми радиоволнами.

**Радиолокатор (радиолокационная станция, РЛС, радар)** - радиотехническая система для обнаружения, распознавания различных объектов (целей), определения их координат, параметров движения и др. сведений с помощью излучения, приема и обработки радиоволн.

**Радиолокация** - область радиотехники, предметом которой является поиск, обнаружение и распознавание объектов (целей) а так же определение их координат в пространстве и параметров движения с помощью радиоволн; основной принцип радиолокации заключается в извлечении информации о цели путем обработки радиосигнала отраженного от цели после ее облучения зондирующим сигналом.

**Радионавигация** - область радиотехники, охватывающая радиотехнические методы и средства вождения кораблей, летательных и космических аппаратов, а также других движущихся объектов.

**Радиосигнал (радиочастотный сигнал)** - сигнал в виде радиоизлучения; сигнал в электрической цепи на частоте радиоизлучения.

**Радиостанция** - один или несколько радиопередатчиков или приёмников, или комбинация радиопередатчиков и приёмников, сосредоточенные в определённом месте с целью организации радиослужбы.

**Радиуправление** - управление на расстоянии различными объектами с помощью радиотехнических средств.

**Разряд электрический** - быстро протекающий процесс прохождения электрического тока в среде (например, в воздухе) за счёт накопления электрических зарядов на электродах разрядника при самопроизвольном (или искусственном) увеличении проводимости среды.

**Регенеративный прием** - метод построения радиоприемников, с целью повышения чувствительности и избирательности, основанный на использовании положительной обратной связи в каскадах усиления радиочастоты; за счёт введения положительной обратной связи, в контуре, являющимся нагрузкой каскада, происходит частичная компенсация потерь (его полоса сужается), усиление каскада растёт, повышая чувствительность приёмника.

**Резистор** - элемент электрической цепи, основным свойством которого является его электрическое сопротивление.

**Резонанс** - явление сильного возрастания амплитуды колебания системы (например, напряжение в электрической цепи) при приближении частоты внешнего воздействия к частоте собственных колебаний системы.

**Резонатор** - система (например, электрическая цепь – колебательный контур), в которой может возникать явление резонанса.

**Реле** – устройство, содержащее слаботочный электромагнит с притягиваемым якорем, механически соединённым с контактной группой. При пропускании слабого тока через обмотку электромагнита, его якорь притягивается, контакты замыкаются и включают цепь более мощного источника тока.

**Ретрансляция** - способ связи на больших расстояниях с помощью установки по трассе связи промежуточных пунктов, осуществляющих приём сигналов, их усиление и передачу от одного пункта к другому.

**Рефракция** - искривление траектории распространения электромагнитных волн в неоднородной среде.

**Самоиндукция** - явление наведения ЭДС в каком-либо контуре при изменении тока, протекающего по этому же контуру.



**Светодиод** - полупроводниковый диод, преобразующий электрическую энергию в энергию оптического излучения на основе явления электролюминесценции.

**Сигнал** - изменяющаяся физическая величина, однозначно отображающая сообщение.

**Система** - совокупность взаимосвязанных технических средств, объединенных общими, целенаправленными правилами взаимодействия.

**Соленоид** - многовитковая катушка, проявляющая сильные магнитные свойства при протекании через обмотку электрического тока.

**Сообщение** - форма представления информации для её передачи, хранения, обработки или непосредственного использования.

**Спектр** - совокупность гармонических колебаний, на которые может быть разложен сложный колебательный процесс.

**Супергетеродинный прием** — метод, используемый при построении радиоприемников, основанный на преобразовании частоты принимаемого сигнала в частоту, называемую промежуточной, на которой осуществляется основная частотная селекция и усиление сигнала в приемнике.

**Схема электрическая** - графическое изображение электрических цепей, содержащее условные обозначения элементов цепей и показывающее связи этих элементов между собой.

**Телевидение** - область техники, связанная с передачей и приемом изображений объектов со звуковым сопровождением или без него по каналам связи.

**Телеграф** - система связи, обеспечивающая быструю передачу и приём сообщений с помощью сигналов (оптических, электрических и др.) на больших расстояниях с использованием технических средств.

**Телекамера** - устройство, преобразующее световой поток от передаваемого изображения в видеосигнал.

**Телефон** - устройство преобразования электрических колебаний в звуковые, воспринимаемые ухом человека; телефон обладает свойством обратимости, т.е. преобразования звуковых колебаний в переменный электрический ток, передаваемый по линии.

**Транзистор** - полупроводниковый прибор с двумя или более р-п переходами и тремя или более выводами, предназначенный для усиления, генерирования и преобразования электрических сигналов.

**Трансформатор** - электрическое устройство, предназначенное для преобразования переменного напряжения одной величины в переменное напряжение другой величины, основанное на явлении электромагнитной индукции в обмотках, связанных общим переменным магнитным потоком.

**Триод** - трехэлектродный электронный усилительный прибор, например, лампа, содержащая катод, сетку и анод.

**Усилитель** - устройство, предназначенное для увеличения напряжения, тока или мощности сигнала, подведённого к его входу за счёт использования энергии вспомогательного источника (источника питания).

**Фильтр** - электрическая цепь, коэффициент передачи которой на определенной частоте ( или в полосе частот) меньше или больше, чем на всех других частотах.

**Фотодиод** - полупроводниковый прибор со структурой диода, представляющий собой фотогальванический приемник излучения без внутреннего усиления.

**Цепь электрическая** - совокупность соединенных определенным образом элементов, устройств и объектов, образующих путь для прохождения электрического тока.

**Электрический заряд** - источник электрического поля, связанный с материальным носителем; физическая величина, определяющая интенсивность взаимодействия заряженных объектов.

**Электромагнит** - устройство, которое может быть выполнено в виде катушки с обмоткой из проволоки (чаще всего медной, покрытой слоем изоляции), имеющей сердечник из магнитного материала (например, мягкого железа); при протекании постоянного электрического тока через катушку сердечник намагничивается.

**Электромагнитная индукция** - явление возбуждения в окружающем пространстве электрического поля при изменении магнитного поля во времени, в частности, при изменении магнитного потока, пронизывающего замкнутый контур, в цепи возникает индукционный ток.

**Электроника** - наука о взаимодействии электронов с электромагнитными полями и о методах создания на этой основе приборов, используемых для обработки, передачи, хранения, воспроизведения и использования информации.

**Электропроводность** - свойство вещества проводить неизменяющийся во времени электрический ток под действием неизменяющегося электрического поля.

**Электроскоп** - один из первых приборов для обнаружения электрических зарядов; выполненный, например, в виде стержня, на конце которого укреплены лёгкие металлические полоски; при сообщении стержню электрического заряда, полоски, как заряженные одноименно, отталкиваются и расходятся друг относительно друга на определённый угол, характеризующий величину сообщенного заряда.

**Эталон** - образцовая мера (или прибор), служащая для воспроизведения, хранения и передачи единицы измерения с наивысшей, достижимой при данном состоянии науки и техники, точности.





## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрение хронологии событий, относящихся к этапам зарождения и становления радиотехники, показывает, что высокие темпы освоения новых идей в области радио, наблюдаемые в начале XX века, сменились к середине 60-х годов углублением теоретических исследований, совершенствованием методов и технических средств радиотехники.

Получила развитие общая теория связи и помехоустойчивости. Успехи статистической теории приема слабых сигналов позволили разработать методы синтеза оптимальных приемников, заложить основы современной теории радиолокационного обнаружения и измерения параметров радиолокационных целей.

Тенденция к расширению использования в радиотехнике электромагнитного спектра проявилась как в изучении длинноволнового его участка (мираметровые волны), так и весьма коротких волн (миллиметровые, световые). В оптическом диапазоне сформировались направления, связанные с обработкой когерентных электромагнитных колебаний, использованием новых технических средств: лазеров, мазеров, световых модуляторов, волоконной техники.

Характерной чертой радиотехники стало объединение отдельных устройств в системы, включающие средства вычислительной техники. Возник новый научный метод в решении радиотехнических задач - системный подход, как способ синтеза технических объектов на основе заданной целевой функции системы.

Переход к новой элементной базе создания изделий - многофункциональным интегральным схемам и приборам квантовой электроники - выдвинул на первое место технологические вопросы производства новых устройств и исходных материалов. Схемотехническое построение, функциональные свойства и параметры радиотехнических устройств стали определяться возможностями электронной технологии.

Широкие возможности современной радиотехники существенно изменили сферу ее применения. Стремительное развитие получили средства радиовещания и телевидения, мобильной телефонной связи, соединяющие людей, находящихся в любой точке земного шара.

Однако, понять дальнейший путь радиотехники, можно лишь осмыслив весь ход ее исторического развития. «Не зная прошлого, невозможно понять подлинный смысл настоящего и цели будущего».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 80 лет радио // Научно-техн. сб. / Под ред. А.Д. Фортуненко.-М.: Радио и связь, 1975.-328с.
2. 90 лет радио // Научно-техн. сб. - /Под ред. А.Д.Фортуненко.-М.: Радио и связь, 1985 - 237с.
3. Александров С.Г., Федоров Р.Е. Советские спутники и космические корабли. – М.: Изд. АН СССР, 1961 -440с.
4. Белов И.Ф., Дрызго Е.В. Справочник по транзисторным радиоприемникам. –М.: Сов.радио, 1976. – 368с.
5. Беркенблит М.Б., Глаголева Е.Г. Электричество в живых организмах.-М.: Наука, 1988.-288с.
6. Бренсв И.В. Начало радиотехники в России.- М.: Сов.радио,1970.-256с
7. Бурлянд В.А. и др. Советская радиотехника и электросвязь в датах.-М.: Связь, 1975.-192с.
8. Бычков О., Трибольский Д. Историческая радиостанция.// Радио.-1986.-№11. - С. 4-6.
9. Горохов П.К. Толковый словарь по радиоэлектронике.-М.: Рус.яз.,1993. -246с.
10. Гороховский А. 500-киловатная имени коминтерна //Радио.-1983.- №5.-С.42-44.
11. Жеребцов И.П. Радиотехника.-М.: Сов.радио,1965. –656с.
12. Зиновьев А.Л., Филиппов Л.И. Введение в специальность радиоинженера. Практ. пособие для радиотехн. спец. вузов - М.: Высшая школа,1989.-207с.
13. Иоффе Х. В начале века //Радио.-1990.-№11. - С.14,15.
14. Калакутский Л.И. Схемотехника примных устройств радиотехнических систем летательных аппаратов. Уч.пособие - Самара: СГАУ, 1992.- 116с.
15. Калашников С.Г. Электричество - М.: Наука, 1970.- 666с.
16. Калашников А.М., Степук Я.В. Основы радиотехники и радиолокации.-М.: Воен.издат. . 1965. – 382с.
17. Клаус Е.М. Поиски и открытия. -М.: Наука,1986.- 176с.
18. Княшко А. О чем писалось в журнале “Радиолюбитель” 1925-1927г.г. // Радио - 1985. - №1-12.
19. Краснов В.Н. Локация с подводной лодки.-М.: Изд. ДОСААФ,1968 -112с.
20. Лауэ М. История физики. -М.: ГИТТЛ, 1956.-229с.
21. Летопись советского радиовещания // Радио.-1977.-№7. - С.2-5.
22. Лобанов М.М. Начало советской радиолокации.-М.: Сов.радио, 1975.- 288с.
23. Лобанов М.М. Развитие советской радиолокационной техники.-М.: Воениздат. 1982.-239с.
24. Лонгинов А.С., Стариков В.И. Золотая медаль имени А.С. Попова.-М.: Знание,1980.-64с.
25. Льюиди М. История физики.-М.: Мир, 1970.-464с.
26. Максимов М.В, Гаргонов Г.И. Радиоуправление ракетами. –М.: Сов.радио, 1964.- 644с.
27. Медведев Л.А. Основы устройства радиолокационной станции. –М.: Изд. ДОСААФ, 1970. - 120с.
28. Минц А.Л. Радиоэлектроника (Краткая история и достижения).-М.:Изд. АН СССР, 1963.- 85с.

29. Минц А.Л. Избранные труды. Радиотехника и мощное радиостроительство.- М.: Наука,1976. -296с.
30. Основы проектирования микроэлектронной аппаратуры / Под ред. Б.Ф.Высоцкого.-М.: Сов. радио, 1978.- 351с.
31. Очерки истории радиотехники.- М.: Изд. АН СССР, 1960.-440с.
32. Пашко Ф., Шебаддин Д. Авиационные радиостанции РАФ и РСБ // Радио.- 1985.- №2. - с. 56.
33. Пилипенко А.В., Герасимов С.М. Изобретение радио: к вопросу предшественников и приоритета //Вопросы истории естествознания и техники.- 1995.-№3.-
34. Поляков В Т. Посвящение в радиоэлектронику.- М.: Радио и связь, 1988.-352с.
35. Радиолокационные системы воздушных судов //Под ред. П.С. Давыдова. – М.: Транспорт, 1988.-359с.
36. Родионов В.М. Зарождение радиотехники.- М.: Наука,1985.-240с.
37. Родионов В.М. История радиопередающих устройств. - М.: Наука,1969.-212с.
38. Самарин М.С. Вольт, ампер, ом и другие. Единицы физических величин в технике связи - М.: Радио и связь, 1988.-184с.
39. Семенников А. История «Севрка». Схема была очень простой //Радио.-1983.- №10. - с.6,7.
40. Современная радиоэлектроника (50-80е годы)/ В.П.Борисов и др. -М.:, 1993. - 288 с.
41. Справочник по радиоэлектронике / Под ред. А.А. Кудиковского.-М.: Энергия,1970. - 814с.
42. Теппер М. Радиотелеметрия.- М.: Воениздат,1961.-112с.
43. Тилугин В.Н.,Вейцель В.А. Радиоуправление. -М.: Сов.радио,1962 -749с.
44. Чистяков Н.И. Начало радиотехники: факты и интерпретация //Вопросы истории естествознания и техники -1990. -№1. -С.128-133.
45. Уилсон М. Американские ученые и изобретатели.-М.: Знание, 1964.-151с.
46. Физика. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. -М.: Большая Российская энциклопедия. 1998. – 944с.
47. Храмов Ю.А. Физика: Биографический справочник.-М.: Наука,1913.-399с.
48. Хрестоматия радиолюбителя.- М.: Энергия,1966.-360с.
49. Электроника: Энциклопедический словарь / Гл. ред. В.Г. Колесников. -М.: Сов. энциклопедия, 1991. - 688с.
50. Эллиот Л. , Уилкокс У. Физика. -М.: Наука, 1975. - 736с
51. Юсупов Э. Завод РОБТиТ //Радио.-1991.-№5 - С.32,33.
52. [www.radar.narod.ru](http://www.radar.narod.ru)
53. [www.space.hobby.ru](http://www.space.hobby.ru)
54. [www.legion.wplus.net](http://www.legion.wplus.net)
55. [www.energia.ru](http://www.energia.ru)
56. [www.museum.mnov.ru/nitel](http://www.museum.mnov.ru/nitel)

Учебное издание  
*Калакутский Лев Иванович*

**РАДИОТЕХНИКА  
ХРОНОЛОГИЯ СОБЫТИЙ**  
Учебное пособие

Лицензия ЛР № 020301 от 30.12.96г.  
Подписано в печать ~~6.02.2000~~ Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,2. Усл. Кр.-отт. 8,3. Уч.-изд. Л. 8,5.  
Тираж 200 экз. Зак. 20. Арт. С-10/99.

Самарский государственный аэрокосмический  
университет им. Академика С.П. Королева.

ИПО Самарского государственного аэрокосмического университета  
443001, Самара, ул. Молодогвардейская, 151.