

**ЛЕКЦИОННОЕ БЮРО
ПРИ КОМИТЕТЕ ПО ДЕЛАМ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ ПРИ СНК СССР**

А. С. ПОПОВ И СОВРЕМЕННОЕ РАДИО

**Стенограмма публичной лекции
академика Б. А. ВВЕДЕНСКОГО,
прочитанной 16 февраля 1945 года
в Доме учёных в Москве**

ЛЕКЦИОННОЕ БЮРО
ПРИ КОМИТЕТЕ ПО ДЕЛАМ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ ПРИ СНК СССР

А. С. ПОПОВ И СОВРЕМЕННОЕ РАДИО

С т е н о г р а м м а публичной лекции
академика Б. А. ВВЕДЕНСКОГО,
прочитанной 16 февраля 1945 года
в Доме учёных в Москве

ПЛАН ЛЕКЦИИ

	Стр.
Историческая дата	3
Краткие биографические данные	4
Через 50 лет после изобретения А. С. Попова	4
Электромагнитные волны	5
Рождение радио	7
Дальнейшее развитие	9
Распространение радиоволн	9
Ионосфера	10
Ультракороткие волны	11
Широкополосность и многоканальность	12
Направленность	14
Электронная лампа	16
Незатухающие колебания	17
Электронные приборы	18
Радиоприёмники	18
Помехи и борьба с ними	19
Радиометоды в производстве	20
Влияние радиотехники на проводочную связь	20
Радио и война	21
Заключение	23

Историческая дата

7 мая 1945 года исполняется полвека радио как отрасли техники.

50 лет назад, 7 мая 1895 года, наш соотечественник, преподаватель минной школы в Кронштадте, позднее профессор Электротехнического института Александр Степанович Попов прочёл на заседании Русского физико-химического общества в Петербурге свой исторический доклад «Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям». На этом же заседании А. С. Попов демонстрировал свой прибор, скромно названный им «грозоотметчиком». Это был первый в мире технически пригодный радиоприёмник, с которым вскоре были произведены первые опыты радиосвязи. День 7 мая 1895 года принято считать датой изобретения радио. Именно в этот день Попов в заключение своего доклада сказал, что изобретённый им «...прибор при дальнейшем усовершенствовании может быть применён к передаче сигналов на расстояние при помощи быстрых электрических колебаний...»

Меньше чем через год, 24 марта 1896 года, также на заседании Русского физико-химического общества, А. С. Попов совместно со своим поныне здравствующим сотрудником П. Н. Рыбкиным демонстрировал передачу без проводов сигналов азбуки Морзе, с записью на ленту на расстояние в 250 метров. Это была первая в истории радиопередача осмысленного текста за пределами лаборатории.

Даты этих докладов полностью закрепляют за нашим замечательным соотечественником А. С. Поповым приоритет в изобретении радио.

Морское ведомство дореволюционной России, как только оно начало понимать громадное значение работ Попова, наложило ограничения, даже запрещения публичных выступлений изобретателя радио. Эти ограничения объяснялись желанием сохранить военную тайну, но они же сильно способствовали в дальнейшем затуманиванию истины о приоритете Попова в изобретении радио.

Первое, очень краткое и неясное сообщение о работах Маркони в этой области появилось лишь осенью 1896 года. Когда в

дальнейшем была опубликована схема Маркони, претендовавшего на приоритет в изобретении радио, то стало ясно, что в ней как основное ядро используется схема Попова.

Раннею весной 1897 года, когда никаких технических данных о работе Маркони в России ещё не было, А. С. Попов уже осуществил радиосвязь корабля с берегом.

Краткие биографические данные

Александр Степанович Попов родился 16 марта 1859 года в посёлке Турьинские рудники, на Урале. С детства Попов интересовался техникой. Юношей он уехал в Петербург и поступил на физико-математический факультет университета; учителями Попова были профессор Петрушевский, Боргман, Егоров.

Прикладная электротехника тогда ещё только начинала развиваться. В это примерно время Яблочков изобрёл свою знаменитую свечу — будущий дуговой фснар, а Ладыгин — лампу накаливания, которую потом Эдисон претворил в технический прибор.

Блестяще окончив университет, А. С. Попов принял предложение Морского ведомства и стал преподавателем минной школы в Кронштадте.

Здесь он пришёл к мысли о применении волн Герца для связи без проводов, построил аппаратуру, а затем начал практические опыты со своим изобретением во флоте. В 1901 году А. С. Попов стал профессором Электротехнического института.

13 января 1906 года Попов скоропостижно скончался от кровоизлияния в мозг.

Таковы краткие биографические данные изобретателя радио.

Через 50 лет после изобретения А. С. Попова

Нашим современникам трудно себе представить, сколь много времени требовалось 50 лет назад — до изобретения радио — для того, чтобы весть о свершившихся событиях дошла до отдалённых мест. Даже с внедрением проволочных средств электросвязи передача сообщений на кораблях в море, на отдалённых островах, а в военное время и связь на суше через районы, охваченные войной, требовала длительного времени. Тем значительнее роль радио. Именно благодаря радио наполняющие нас радостью и благородной гордостью победные приказы Верховного Главнокомандующего Маршала Советского Союза товарища Сталина становятся известными всему миру в самый момент их опубликования, сведения с фронтов Отечественной войны мы узнаём в первом же сообщении «Последних известий» по радио.

Радио передаёт самые свежие новости через необозримые пространства суши и моря, через тундры и вечные льды, в города и на корабли, на самолёты, автомобили и поезда; оно пере-

даёт и речь, и музыку, и рисунки, и движущиеся изображения; радио даёт сигналы точного времени, столь необходимые, например, для кораблевождения.

Радио облегчает организацию внутригосударственной и международной жизни, способствует расширению мировых политических и экономических связей на любых расстояниях в пределах всего земного шара, радиовещание воспитывает массы, делает ритмичнее и полнее пульс мировой жизни.

Не ограничиваясь только областью беспроводной связи, радио проникает теперь и в промышленное производство, преобразуя новыми методами технологию, совершенствуя контроль, автоматизируя изготовление, помогая транспорту путём радиовождения кораблей и самолётов в туман и ночью, путём регулирования движения железнодорожных поездов и автомобилей.

Весь этот путь — от изобретения радио А. С. Поповым до современной радиотехники — пройден за 50 лет. При таком невероятно мощном развитии радио казалось бы, что от первоначальных радиоустройств времён Попова к настоящему времени ничего не должно сохраниться. На самом деле это не так. Идеи, основные положения изобретения А. С. Попова, сохранились и до наших дней, правда, в совершенно ином техническом оформлении благодаря целому потоку принципиальных и радикальных нововведений.

Всякая радиостанция обязательно имеет передатчик, имеет приёмник. Обязательно должны существовать антенны — приёмная и передающая. Обязательно должен существовать какой-то, как говорят теперь, «манипулятор», который приводит в действие передатчик. Эти элементы были и в первых радиостанциях А. С. Попова.

Электромагнитные волны

Каждое изобретение является плодом, результатом, синтезом отдельных усилий многих людей; изобретение всегда по существу своему — коллективное творчество. Никогда никакое изобретение не возникает сразу, изолированно, вне связи с работой и потребностями человеческого коллектива.

Выражаясь образно, изобретатель, как в фокусе зажигательного стекла, собирает отдельные, сырые ещё идеи и так их комбинирует, что недостатки их ступёвываются, достоинства взаимно усиливаются и рождается жизненное, эффективное, практически применимое новое устройство.

Так всегда было со всеми изобретениями, так было и с изобретением радио.

Идея радио могла возникнуть только тогда, когда была ясно понята возможность распространения электрического

(точнее — электромагнитного) действия в свободном пространстве без проводов.

Чёткие сведения об электрических и особенно электромагнитных явлениях были систематизированы только в самом конце XVIII века, вернее, в начале XIX века.

Теоретические изыскания о возможности беспроводного распространения электромагнитных процессов — это достижение уже второй четверти и даже второй половины XIX века.

Учение об электричестве и до сих пор стоит особняком (особенно в популярном, первоначальном изложении) от таких разделов физики, как механика, учение о звуке, о тепле, о свете. Причиной этого обычно считается отсутствие у человека органов чувств, восприимчивых к электрическим явлениям. Однако работы великого английского физика Клерка Максвелла с 1864—1873 годов внесли в это представление весьма существенную поправку: человек всё же обладает органом, чувствительным к электрическим процессам. Но только эти процессы должны меняться чрезвычайно быстро, со скоростью около тысячи биллионов раз в секунду.

Этим удивительным органом оказывается наш глаз. Более медленные изменения вызывают в глазу впечатление красного цвета; более быстрые — жёлтого, зелёного, синего, фиолетового. Свет — это электромагнитный процесс. Человечество и не подозревало, что оно воспринимает глазами электромагнитные явления, так же как известный герой Мольера всю жизнь не подозревал, что он говорит прозой.

В радио мы применяем, по сути дела, тот же электромагнитный процесс, благодаря которому мы видим глазами и который мы называем явлением света. С развитием радиостанций земля как бы залилась «радиосветом».

Разница, однако, в числе колебаний: вместо совершенно невообразимого числа колебаний в секунду, которым характеризуется видимый глазом свет, в радио применяются числа колебаний в секунду, значительно легче вообразимые; это «всего только» сотни тысяч, миллионы, десятки миллионов и лишь за последние годы сотни и тысячи миллионов колебаний в секунду. Конечно, и это очень и очень большие числа. Для сравнения достаточно вспомнить, что обычный городской переменный ток только 50 раз в секунду меняет своё направление.

Городской электрический ток представляет собой обычный в нашей жизни пример переменного электромагнитного процесса. Многие свойства такого тока весьма подобны свойствам колеблющегося маятника: электрические заряды, двигаясь, колеблются, как груз маятника. Отсюда и название «электрические колебания».

Городской переменный ток — это один из примеров электромагнитного процесса, частным случаем которого является свет.

Мне могут возразить, и вполне справедливо, что переменный ток идёт по проволоке, а свет распространяется без проволоки. Но и колебания переменного тока можно заставить распространяться без проводов, со скоростью распространения света, т. е. 300 тысяч километров в секунду. Однако это чрезвычайно сложно, так как чем выше частота, иначе говоря, чем больше число перемен в секунду, тем проще можно заставить электромагнитные колебания распространяться без проводов со скоростью света.

Поэтому Генрих Герц, замечательный учёный, труды которого гитлеровцы сожгли, доказал на опыте возможность распространения электромагнитных волн без проводов, работая с чрезвычайно быстрыми электрическими колебаниями с числом перемен около 100 миллионов в секунду. В честь Генриха Герца мы говорим вместо «столько-то колебаний в секунду» «столько-то герц».

Герц открыл электромагнитные волны. Это был принципиальный шаг на пути к радио, но это ещё далеко не было открытием радио. Это было превращение абстрактных теоретических идей в чувственно воспринимаемую, но ещё отнюдь не техническую реальность.

Рождение радио

Попов стал горячим последователем Герца. Он пристально изучал его работы и их теоретический фундамент. Он повторял его опыты, творчески осваивал их и совершенствовал аппаратуру с вполне чёткой и определённой целью: создать приборы для электросвязи без проводов.

Попов выразил глубочайшее уважение и признательность своему учителю наивысшим актом почтения, который был в его власти: первыми словами, которые Александр Степанович передал впервые в мире по радио, были слова: «Генрих Герц».

Когда задача решена, она всегда кажется несравненно более простой, чем была на самом деле.

Поэтому нам сейчас не так легко понять, почему Герц сам не изобрёл радио, когда, казалось бы, в его руках были все возможности к тому.

Английский учёный Оливер Лодж, повторявший опыты Герца и много ценного добавивший в его аппаратуру, потом печатно выражал — полугрустно, полуюмористически — крайнее недоумение по своему собственному адресу, почему же не он, Лодж, изобрёл радио.

«Как ни глупо, но не было сделано попытки повысить мощность для увеличения дальности воздействия системы», — говорит Лодж.

Но дело было не только в мощности; увеличение чувствительности приёмного устройства давало тот же эффект, как даёт оно и поныне.

Именно А. С. Попов сделал первый достаточно чувствительный и надёжный радиоприёмник, и именно чувствительного приёмника не доставало для создания радио, так как несовершенный, маломощный, но всё же пригодный передатчик существовал уже у Герца и был усовершенствован итальянцем Риги, англичанином Лоджем и др.

Большую роль в приёмнике Попова играл так называемый кохерер, изобретённый итальянцем Кальцекки Онести, затем вторично французом Бранли и несколько усовершенствованный Лоджем. Кохерер представлял собой стеклянную трубку, закрытую с обоих концов металлическими втулками и содержащую рыхло насыпанные металлические опилки. Сейчас такой прибор — музейная редкость. Сопrotивление электрическому току такой трубки нормально довольно велико, но оно резко падает под воздействием электромагнитных колебаний, хотя бы и очень слабых; кохерер начинает проводить ток, который может заставить звонить звонок или работать реле. Попов значительно повысил чувствительность кохерера, в частности заменив порошок окислёнными с поверхности стальными (или другого металла) бисеринками.

Попов проявил много высокого умения и изобретательской находчивости при конструировании своего приёмника. Теперь приёмники окончательно испытывают на приёме работы отдалённой станции. Попов принимал грозовые разряды, ныне именуемые атмосферными; эти разряды моделировали отсутствовавшие радиосигналы.

Попов впервые применил вертикальную проволоку, присоединив её к одному концу кохерера и заземлив другой его конец. *Это была первая в мире антенна.*

Далее Александр Степанович сознательно устроил экранирование приёмника от помех. И, наконец, он применил в своём устройстве реле, т. е. чувствительный электромагнитный замыкатель достаточно сильного тока местной батареи.

Этот принцип реле, правда, на совершенно новой электронной базе, в виде современных ламповых усилителей, лежит в основе всех приёмников нашего времени.

Сконструировав свой прибор, А. С. Попов, с помощью своего ближайшего сотрудника П. Н. Рыбкина начал осуществлять передачи уже на десятки километров; это стало возможным после того, как П. Н. Рыбкин и Д. С. Троицкий обнаружили возможность приёма с помощью кохерера телеграфных сигналов на слух, на телефон.

Крупнейшим событием, обратившим внимание всего мира на практическое значение связи без проводов, было спасение в январе 1900 года с помощью радиостанций А. С. Попова группы рыбаков с оторвавшейся льдины около острова Гогланд и проведение операций по снятию с камней броненосца «Генерал-адмирал Апраксин».

Это была первая в мире практическая радиопередача, спасшая человеческие жизни.

Такова в самых кратких чертах история появления на свет радио.

Дальнейшее развитие

Развитие радио шло одновременно по многим направлениям. Первое — это увеличение дальности передачи. От исходного расстояния, с которого начал Попов, с развитием коротковолновой связи в 20-х годах, особенно к их концу, дальность радиопередач достигла наибольших расстояний, какие только мыслимы в пределах земного шара; скоро стало очевидным, что радиоволны способны опоясывать землю кругом и даже не один раз.

Вторым направлением в развитии радио был переход от радиотелеграфирования передачи азбукой Морзе к радиотелефонии.

Техника радиотелеграфирования ответила на это необычайным увеличением скорости передачи, доведя её до многих сотен слов в минуту. Так как «при прочих равных условиях» телеграфная радиопередача всегда имеет преимущество в смысле дальности и сразу запечатлевает готовый документ в виде знаков на ленте, то радиотелефон отнюдь не уничтожил радиотелеграфии и по сие время.

Возможность применения и в радио буквопечатающих приборов, с помощью которых сразу получается текст наподобие текста от пишущей машинки, ещё более увеличила значение радиотелеграфии.

Техника действующей передачи шла рука об руку с техникой передачи изображений сперва только «мёртвых» рисунков, рукописных сообщений, печатного текста (фотографирования); далее началась передача кинолент, а затем и изображений движущихся людей, групп и целых событий. Так возникло то, что мы называем теперь «телевидением».

Распространение радиоволн

Часто встречающееся сравнение волн на воде с радиоволнами — очень давняя аналогия, которая восходит к Гюйгенсу (1629—1695 гг.), знаменитому современнику Ньютона. Конечно, Гюйгенс говорил не о радиоволнах, а о волнах света, совершенно не подозревая их электромагнитной природы. Но это не меняет сущности аналогии. Наблюдая расхождение кругов на воде от центра их образования, например от пальца, периодически погружаемого в воду, следя за тем, как волны отражаются от стенок сосуда или от берега, мы получаем наглядное модельное представление и о длине радиоволны, и о связи

её с частотой колебаний, и о явлениях отражения, преломления, интерференции (т. е. взаимного усиления и ослабления) волн, и даже о явлениях дифракции, или огибания волнами препятствий.

Для того чтобы наблюдать радиоволны, Герц рассматривал в своих опытах миниатюрные искорки, проскакивающие между остриями резонатора. У Бранли, Лоджа, Попова для той же цели служил кохерер; в настоящее время для таких наблюдений применяются термоэлементы, кристаллические или электронные детекторы или даже маленькие лампы, например, от карманного фонаря. С помощью подобных приборов мы можем наблюдать радиоволны и узнавать в большей сложности наблюдаемых здесь пространственных процессов черты простых явлений волн на воде, распространяющихся по поверхности. В своих опытах Герц, а за ним в первых своих опытах Попов применяли очень короткие волны. Однако около четверти века назад длина волны радиостанций доходила почти до 30 тысяч метров (частота 10 тысяч герц).

Развитие радиотехники привело к тому, что длина волн радиостанций начала неудержимо удлиняться. Это происходило, во-первых, потому, что длинные волны было легче получить и, как выражаются, излучать с достаточной мощностью и, во-вторых, тогда считалось, что длинные волны дальше всего распространяются.

Лишь в 20-х годах было установлено, что «короткие» волны (длиной в 20—80 метров) распространяются значительно дальше длинных. Тогда начался обратный процесс — укорочение длины волн радиостанций. В наше время для дальних связей применяются почти исключительно короткие волны.

Ионосфера

Земной шар окружён наэлектризованными слоями воздуха, состоящими из ионизируемых молекул.

Эти слои — ионосфера — действуют, как зеркальная поверхность или почти так же. Они-то и позволяют радиоволнам, огибая кривизну земного шара, попадать в самые отдалённые части земли, а не уходить бесполезно в межпланетное пространство.

Отражающая, правильнее сказать, преломляющая, способность ионосферы определяется степенью её электризации (ионизации), а эта последняя в свою очередь зависит от солнца и его лучей, главным образом — невидимых, ультрафиолетовых.

Поэтому высота солнца над горизонтом и, в частности, смена дня и ночи, смена времён года, и, наконец, состояние поверхности солнца — всё это меняет состояние ионосферы, а с нею и характер распространения радиоволн.

Нужна сравнительно очень сильная ионизация, чтобы от ионосферы могли отражаться и, следовательно, далеко распространяться короткие волны. При любом состоянии ионосферы существует такая критическая, т. е. граничная, волна, которая разделяет слишком короткие, неотражающиеся волны, от более длинных, отражающихся.

Чтобы избежать перерывов в радиосвязи, прежде всего необходимо знать величину этой критической волны и уметь предсказывать её на определённые сроки вперёд. Такие «радиопрогнозы» осуществляются при помощи непрерывно ведущихся наблюдений за состоянием ионосферы и данных о количестве пятен на солнце. Приблизительно через каждые 11 лет солнце совершенно освобождается от пятен и его деятельность проходит через «солнечный минимум». Тогда критическая волна сравнительно велика, слишком короткие волны перестают отражаться и потому становятся негодными для дальних связей. В настоящее время мы как раз выходим из такого минимума.

Наблюдают за ионосферой с помощью «радиозхо», подобного обычному эхо: посылают прямо вверх короткий радиосигнал и на экране электронно-лучевого осциллографа определяют, возвращается ли этот сигнал в виде эхо и через какой промежуток времени.

Те волны, которые при таком опыте не возвращаются, непригодны для дальней связи. В среднем граница проходит около длины волны в 10 метров. Но это далеко не чёткая граница; её вообще нельзя установить из-за изменчивости ионосферы. Если бы понадобилось определить длину волны, не имеющей дальнего распространения, при всех условиях, то пришлось бы назвать длину волны около 6 метров, а может быть и ещё короче.

Здесь мы очень близко подходим к диапазону волн, с которыми работал Герц и с которых начинал Попов.

Ультракороткие волны

Процесс укорочения волны и переноса центра тяжести в более короткие диапазоны, начавшись с применения коротких волн, продолжается. Ныне к технически применяемым радиоволнам нужно отнести не только волны в несколько метров, но и ещё гораздо более короткие — в доли метра, в несколько сантиметров. Вместе эти диапазоны именуются ультракороткими волнами (УКВ).

Итак, радиотехника на основе новой электронной аппаратуры вернулась в настоящее время к герцевым волнам: прекрасный пример применения закона диалектического развития.

Какие же причины привели УКВ в центр внимания интенсивной исследовательской, конструкторской и заводской работы?

Какие же особенности искупают их органический недостаток, их неспособность дальнего распространения — этого, казалось бы, основного достоинства радиоволн?

УКВ — это те волны, которые в подавляющей части своего диапазона не отражаются ионосферой и распространяются сравнительно недалеко. Практически ими предпочитают пользоваться только в зоне прямой видимости; однако не следует думать, что УКВ не могут распространяться и за горизонт.

Ограниченность радиуса действия УКВ в целом ряде случаев из недостатка становится достоинством: ослабление, если не устранение, взаимных помех радиостанций весьма эффективно облегчает «тесноту» в эфире и уменьшает опасность нежелательного перехвата сообщений.

Если же расстояние до горизонта становится недостаточным, то прибегают к устройству так называемых ретрансляционных УКВ-линий.

Для радиста, привыкшего работать на более длинных диапазонах радиоволн, такие линии на первый взгляд покажутся весьма странными, даже регрессивными. Отказываясь от наиболее, казалось бы, ценного качества радиолиний — максимальной независимости от линейных сооружений, — такие линии составляют из цепи высоких железных мачт-башен в 60—70 метров высотой, на расстояниях в 50—60 километров друг от друга. Эти мачты — нечто вроде опор высоковольтных линий, но только без проводов. Каждая мачта снабжена своей приёмно-передающей станцией.

Радиосигнал распространяется только до ближайшей в направлении передачи станции; там он поступает в приёмник, усиливается, действует на местный передатчик этой станции и переправляется дальше.

Этот способ можно сравнить с ездой «на перекладных», с пересадкой на свежих, неустождённых лошадях, или с передачей по проводам с помощью расположенных вдоль линии реле. Кстати, как известно, слово «реле» и означает «пересадку, переправку».

Ретрансляционные линии в первую очередь призваны служить весьма практичной вставкой в проводную линию, которой нужно пересечь непроходимый или трудно проходимый участок (водный пролив, горную местность и т. п.).

Широкополосность и многоканальность

Подобная УКВ-линия протяжением почти в 260 километров недавно построена в США, в Аллегенских горах.

Характерной особенностью этой линии является наличие связи не только вдоль самой линии, проложенной по автострасе, но и с большим числом патрульных автомашин, регулирующих движение, крайне сложное на этой трассе благодаря нали-

чению тоннелей и крутых поворотов. Любая из патрульных машин может связаться мгновенно с любой другой, а равно и с любым пунктом линии. Если необходимо, можно вести из автомашины разговор через проволочную линию и с любым телефонным аппаратом этой линии. Здесь мы видим пример того плодотворного симбиоза, который ныне устанавливается между радио и проволочной связью. Полная свобода УКВ от влияния ионосферы позволяет УКВ-линии быть полностью надёжной независимо от времени суток и года.

Главным свойством УКВ, которое заставляет всё шире применять УКВ-линии, является возможность одновременной передачи очень большого числа переговоров, возможность осуществления большого числа связей или, короче, *многоканальность*.

По УКВ-линии вполне мыслимо, например, одновременно передать сотню—другую телефонных разговоров, не считая специальных каналов для наблюдения за промежуточными станциями и для управления ими.

Радиоколесания, если они передают какой-нибудь сложный сигнал — разговор или телевизионную передачу,— не состоят уже из одной единственной частоты, а представляют собой целую полосу таких частот; выражаясь оптическим термином, они занимают часть спектра. Это так называемые частоты модуляции («боковые частоты»), группирующиеся около основной частоты, которая их как бы «несёт», почему она и называется «несущей».

Чтобы объяснить, почему УКВ особенно приспособлены для многоканальной передачи, приходится начать несколько изда-лека. При передаче обыкновенного разговора боковые частоты занимают полосу с общей шириной в несколько тысяч герц в соответствии со звуковыми частотами, входящими в состав человеческого разговора. При высококачественной передаче музыки и пения ширина полосы уже достигает 30 тысяч герц. При телевизионной передаче она становится громадной и исчисляется миллионами герц. Общее свойство всех радиотехнических устройств таково, что они настроены на некоторую определённую частоту. Эту частоту они воспринимают, а другие частоты они воспринимают тем слабее, чем больше эти частоты отличаются от частоты настройки или, как говорят, от резонансной частоты.

Здесь и возникает трудность с модулированной частотой. Так как вся аппаратура и в приёмнике и в передатчике настроена на некоторую определённую частоту (обычно — на несущую), то появляется реальная опасность, что частоты модуляции не подействуют на отдельные элементы, т. е. на «колебательные контуры» из конденсаторов и катушек этой аппаратуры. В этом случае могут возникнуть такие искажения, которые извратят передачу до полной её неузнаваемости.

Существуют разные способы устранения этого затруднения. Наиболее радикальным является использование свойства настроенных колебательных контуров, согласно которому степеньстройки или настройки по отношению к данной частоте определяется не просто числом герц, отличающим данную частоту от резонансовой, а процентным отношением данной частоты от резонанса.

Например полоса в 1 миллион герц будет составлять около 33% для несущей в 3 миллиона герц, т. е. для волны в 100 метров, но всего 0,3% для несущей в 300 миллионов герц, т. е. для волны в 1 метр.

Вследствие этого УКВ и допускают широкополосную модуляцию.

Некоторыми сложными, но всё же вполне рентабельными устройствами удаётся так целесообразно изменить, т. е. прогрессивно увеличить частоты, положим, ста отдельных и независимых друг от друга телефонных разговоров, что они все вместе составят одну полосу частот. Эта полоса частот в 100 раз шире, чем полоса отдельного телефонного разговора, причём каждый телефонный разговор расположен целиком в отведённой ему ячейке всей полосы.

Всей этой полосой модулируется ультравысокая несущая частота, а на приёмном пункте ячейки полоса частот каждого отдельного разговора автоматически попадает в нужный канал, преобразуется здесь и идёт по проволочной линии к телефонному аппарату того абонента, которому она предназначена.

Легко представить себе, как вследствие применения многоканальности возрастает рентабельность всякой линии.

В применении к обычной проволочной линии это означает, что вопрос о лишнем проводе заменяется только вопросом о лишнем «частотном канале», на уже существующем проводе. Происходящая от этого колоссальная экономия металла и линейных материалов и работ очевидна.

Однако в обычной проволочной связи не удаётся получить очень много каналов и обычно применяются 12-канальные линии.

И здесь, для получения большого числа каналов, либо приходится брать целый пучок проводов либо специальный, дорогой кабель.

Направленность

Не меньшее, а может быть и большее влияние на прогрессирующее внедрение УКВ имеет то обстоятельство, что ультракороткие волны легко можно направлять в определённую, нужную нам сторону, образуя нечто вроде радиопрожектора.

Такая направленность достигается либо с помощью специальных металлических зеркал (параболических), как у свето-

вого прожектора (их применял Герц), либо с помощью антенн из большого числа металлических стержней, соответствующим образом расположенных и в своей совокупности эквивалентных зеркалу. Направленность УКВ достигается также с помощью рупоров, весьма сходных со звуковыми, энергию к которым можно подводить просто по внутренности металлических труб «волноводам». «Волноводы» на очень коротких волнах с большим успехом заменяют двухпроводные фидеры, отличаясь от последних весьма выгодно малым поглощением. Чем короче волна и чем больше зеркало, тем уже (если зеркало точно выполнено) и угол раствора пучка волн.

Благодаря направляющему свойству можно одновременно и не создавать лишних помех и экономить мощность. При направленном устройстве вся весьма ценная высокочастотная энергия, которая в громадном большинстве своём бесполезно рассеялась бы в окружающее пространство, концентрируется в направлении нужной нам приёмной станции.

На волнах около 10 сантиметров можно обходиться в УКВ-линиях ничтожными мощностями в малые доли ватта.

Направленность применима и для более длинных волн, чем УКВ, но чем длиннее волна, тем практическое осуществление направленности из-за роста габаритов антенн всё более затруднено и, наконец, становится практически невозможным, так как для длинных радиоволн антенна, даже и не направленная, представляет собой громоздкое, грандиозное сооружение (знаменитая Шуховская башня на Шаболовке, ставшая у нас эмблемой советского радио, представляет собой опору — мачту — для такой антенны).

Роль направленности весьма существенна с точки зрения уменьшения всяких помех — взаимных и так называемых промышленных.

Свойство направленности волн лежит в основе и определения местонахождения радиостанций: это так называемая радиопеленгация.

С помощью радиопеленгации определяют положение корабля или самолёта, если они подают радиосигналы. Если радиопеленгатор установлен на корабле или самолёте, то, настроив и направив его на радиостанцию, местоположение которой известно, можно определить благодаря этому, куда следует направить самолёт или корабль; это — радиокомпас.

Можно заставить радиостанцию посылать свои волны только в определённом пучке. Самолёт или корабль, ориентируясь по своему приёмнику и идя по этому пучку радиоволн, придёт в нужное место; это — радиомаяк.

Можно создать направленный пучок волн в вертикальной плоскости; тогда самолёт, ориентируясь по этому пучку, может совершить посадку вслепую ночью, в тумане, без огней на аэродроме и т. п.

Однако не следует думать, что применение УКВ, как бы оно ни было важно и интересно, приведёт к устранению радиотехники более длинных волн.

Правда, радиовещание на УКВ развивается и имеет ряд преимуществ. Возможность телевизионных передач высокого качества, передача по сети ультракоротковолновых станций вещательных программ, отсутствие взаимных помех, значительно сниженный уровень промышленных помех, независимость от времени суток и года — всё это говорит за УКВ. Однако остаются дальние связи, в особенности заокеанские, на которых УКВ пока ещё не могут применяться.

Электронная лампа

Принцип реле, положенный Поповым в основу его приёмника, был в дальнейшем на некоторый период вытеснен приёмом на слух с помощью кристаллического детектора. Вызвано это было вовсе не дефектом самого принципа реле, который вполне правилен, а несовершенством того электромеханического реле, которое существовало во времена Попова. Это реле действовало с помощью контакта; для замыкания его нужен был сравнительно сильный ток; на срабатывание из-за инерционности якоря реле требовалось значительное время. Такое реле органически неспособно передать градации постепенных ослаблений и усиления принимаемых сигналов.

Новая эра в радиотехнике наступила тогда, когда во втором десятилетии нашего века научились управлять электронным током, идущим не по проводнику, а непосредственно через очень сильно разреженный газ и через вакуум, словом, тогда, когда появилась электронная лампа.

В электронной лампе электроны вырываются с накаливаемого катода, который для облегчения процесса вылета электронов покрывается смесью окислов щёлочно-земельных металлов, называемых обычно просто «оксидами».

В электронной лампе нет механического контакта. Электроны движутся к притягивающему их аноду лампы в зависимости от того, как мы заряжаем электричеством помещённую на их пути специальную сетку. Сетка в электронной лампе управляет движением электронов подобно светофору, управляющему потоком автомобилей на улице. Если бы светофор с применением добавочных цветов своих сигналов ещё и плавно изменял бы скорость проезжающих автомобилей, то аналогия стала бы более полной. Электроны необычайно чутко реагируют на изменения зарядов на сетке; это объясняется их подвижностью и ещё тем, что они не встречают на своём пути никаких препятствий. Но всё же их нельзя считать абсолютно подвижными; при очень высоких частотах, начиная, скажем, с волн око-

ло 2—3 метров и короче, уже сказывается их инерционность; в этих случаях приходится принимать специальные меры.

Электронная лампа позволила на новой основе вернуться к релейному принципу. Сигнал, усиленный одной лампой, можно ещё более усилить, отнюдь не искажая его, следующей лампой. Так сконструирован электронный усилитель — электронное реле, чрезвычайно увеличившее дальность и проводочных и особенно радиопередач. Так идея, заложенная ещё А. С. Поповым, получила новое техническое выполнение.

Незатухающие колебания

Второе, что принесла с собой электронная лампа, — это удобное получение незатухающих колебаний. На первых порах радиотехника знала только затухающие колебания, создаваемые с помощью искры. Эти колебания имели ряд серьёзных неудобств: они занимали очень широкую полосу частот, засорявшую эфир; радиотелефония была практически невозможна и т. д.

Для создания незатухающих колебаний в доламповый период радиотехники применялись генераторы с вольтовой дугой и машина высокой частоты. Эти генераторы сыграли большую роль в развитии радиотехники, но вынуждены были уступить место электронной лампе.

Широкое применение электронной лампы как генератора началось тогда, когда к ней был применён принцип так называемой «обратной связи».

Маятник часов при каждом своём колебании на короткий момент освобождает пружину или гирию часов, которая и подталкивает затем маятник в такт его движения.

Электронная лампа при соответственном её включении даёт подобный же толчок генератору. Получается ламповый генератор, стабильный в работе, необычайно гибкий в смысле диапазона мощностей и частот, весьма послушный в смысле модуляции.

В СССР М. А. Бонч-Бруевич, член-корреспондент Академии наук СССР, ещё в начале 20-х годов построил генераторные лампы на 25 киловатт, наиболее мощные в мире. Эти лампы позволили уже тогда Советскому Союзу завоевать мировое первенство по мощности своих радиостанций, которое поддерживается и поныне благодаря целому ряду мощных радиостанций, построенных советской радиопромышленностью.

В дальнейшем М. А. Бонч-Бруевич построил лампу на 100 киловатт; к подобным лампам мировая техника пришла значительно позже.

В настоящее время электронные лампы разделяются и по назначению и по генерируемой частоте. Так, например, для УКВ изготавливаются специальные лампы. Вошли в употребле-

ние экономные, оксидные нити накала — излучатели электронов, требующие для своего накала сравнительно незначительного тока.

Электронные приборы

Завоевание диапазонов ультракоротких и дециметровых волн выдвинуло вопрос о борьбе с инерционностью электронов и вызвало к жизни новые типы ламп, среди которых основными являются: трёхэлектродные с ничтожными расстояниями катод-сетки, пригодные даже для наиболее коротких из дециметровых волн. Таковы советская лампа Девяткова; разрезные магнетроны, в которых магнитное поле захватывает объёмный заряд на малых расстояниях от анода; клистрон (греческое слово, означающее морской прибор), в которых электроны разных скоростей, догоняя друг друга, образуют своего рода временные сгустки.

Магнетроны дают волны в несколько сантиметров, значительной мощности; лабораторные образцы доходят до волн в несколько миллиметров.

Специальный отдел составили лампы для выпрямителей — пустотные и газонаполненные, предназначенные для питания мощных радиопередатчиков. Современные ртутные выпрямители строятся для громадных мощностей и для напряжений до 100 тысяч вольт.

Фотоэлементы и особенно всякие телевизионные приборы (иконоскопы, электронно-лучевые трубки) сильно увеличивают этот и без того большой список электронных приборов. Создание таких приборов потребовало развития целого раздела современной физики — электронной оптики. В связи с этим находят такие приборы, как электронный микроскоп, дающий линейное увеличение в десятки и даже сотню тысяч раз, на что неспособен обычный микроскоп.

Радиоприёмники

В основе современных приёмников лежит уже упоминавшееся изменение частоты путём образования боковых полос. Здесь обычно применяется понижение частоты, которое образуется при совместном действии на детектор принимаемого сигнала и сигнала от малоомощного местного генератора («гетеродина»). На этой основе работает лучший современный приёмник — «супергетеродин».

Этот метод позволяет в современных приёмниках достигать колоссального усиления, доходящего до нескольких миллионов. Принцип реле доведён здесь до своего предельного развития благодаря электронике.

Современные приёмники весьма сильно специализировались.

Профессиональный приёмник представляет собой целую установку со многими лампами; но существуют и портативные приёмники, где в объёме фотоаппарата заключено всё устройство с питанием, рамочной антенной и даже с громкоговорителем. Стабильность передающих и приёмных устройств допускает применение так называемых фиксированных волн, не требующих процесса подстройки и позволяющих переходить с волны на волну простым штепсельным или кнопочным включением. Существуют приёмники с вызовом только по определённом сигналу, приёмники с фонографической записью. Возникает вполне естественный вопрос: что ограничивает усиление современных приёмников? Нельзя ли создать такой мощный усилитель, чтобы стали ненужными все колоссальные мощности современных радиостанций?

Помехи и борьба с ними

Необходимость больших мощностей вызывается всякого рода помехами; усиливая принимаемые сигналы, мы одновременно усиливаем и помехи. Если сигнал очень слаб, то мы усиливаем только помехи. Поэтому дело не столько в самой величине сигнала, сколько в том, во сколько раз сигнал превышает помехи.

Помехи — это прежде всего работа всяких посторонних станций, от которых в значительной мере можно избавиться либо точностью настройки приёмника, либо направленностью приёмных систем.

Помехами являются также атмосферные разряды, т. е., по существу, воздействия близких и дальних гроз (вспомним грозоотметчик Попова).

Помехи происходят и от воздействия электрических токов близко расположенных электромашин при искрении щёток, при включениях и выключениях; от рентгеновских и электро-сварочных установок, магнето автомобилей и т. п.

Если бы от всех этих внешних помех удалось избавиться полностью, то всё же остались бы ещё помехи внутреннего происхождения: шумы ламп, происходящие от неправильных движений (флюктуаций) электронов внутри ламп и в самих проводах. От этого вида помех мы пока ещё не умеем радикально освободиться. Что же касается внешних помех, то УКВ в этом отношении обладают несомненным преимуществом, главным образом из-за легко достигаемой направленности излучения. Поэтому для УКВ главный враг — шумы ламп.

В последнее время для подавления внешних помех довольно широко применяется особый вид модуляции, при котором модулируется не интенсивность колебания, а его частота (или фаза). Следует отметить, что такая частотная модуляция лежит в основе работы «радиоальтиметра», позволяющего лётчику определять свою высоту над поверхностью земли.

Радиометоды в производстве

Заводское и фабричное производство также не осталось в стороне от применения радиометодов: возникли радиоавтоматика и радиотехнология.

Электронную лампу можно на заводе применять для регулирования температуры и других производственных условий; определять и отделять брак, вести счёт продукции, сортировать изделия по их цвету и пр.

Электронная лампа может также сваривать и закаливать. Большие успехи в высокочастотной закалке достигнуты членом-корреспондентом Академии наук В. П. Вологдиным. С немалым успехом применяется электронная лампа для высокочаcтвенной сушки дерева, изготовления абразивов и пластмасс, а также и в пищевой промышленности, в медицине и др.

Влияние радиотехники на проволочную связь

Развитие радиотехники способствует расширению возможностей проводной связи.

Пользуясь аппаратурой, базирующейся на радиометодах, применяя передачу высокой частотой вместо постоянного тока, проволочная связь добилась небывалой ранее дальности уплотнения проводов многоканальными устройствами. Путём перехода с проволоки на радио и обратно достигается возможность сравнительно общедоступной трансатлантической связи между обычными телефонными абонентами США и больших городов Европы, а также с кораблями в море и железнодорожными поездами. Таким образом, радио стимулирует развитие проволочной сети. Сюда же следует отнести и развитие городских ретрансляционных радиовещательных сетей.

Своеобразным результатом проникновения радиометодов в технику проволочной связи явилась техника связи по высококачественному кабелю. Этот кабель представляет собой медную трубку, внутри которой по оси расположен провод. По такому кабелю можно без чрезмерных потерь передавать достаточно высокие частоты, хотя и более низкие (обычно приблизительно до 8 миллионов герц), чем УКВ-линия.

В настоящее время в США существует и действует уже значительное число подобных линий. В США планируется даже широкое, вплоть до устройства трансатлантического кабеля, применение подводных коаксиальных линий. Разумеется, при этом придётся пойти на устройство полностью автоматизированных подводных ретрансляционных станций.

Между прочим, для этой цели разрабатываются специальные сверхдолговечные электронные лампы. Опытные образцы подобных ламп работают в течение последних пяти лет.

Радио и война

С начала второй мировой войны промышленность всего земного шара перестроилась на военные рельсы. По словам одного иностранного журнала, некоторые фабрики фотоаппаратов стали делать переменные конденсаторы для радиоаппаратуры; фабрики стальных перьев штампуют конденсаторные пластины; часовые фабрики — части для электронных ламп.

За военные годы радиотехника ушла далеко вперёд, однако вся деятельность в области радио скрывается под покровом военной тайны. После завершения разгрома фашизма мы, безусловно, предстанем перед множеством интереснейших и важнейших открытий и изобретений, осуществлённых как у нас, в Советском Союзе, так и в других странах.

В современной маневренной войне победа завоевывается лишь при исключительно чётком взаимодействии отдельных родов войск. В войне моторов, при современных скоростях передвижения и сложности обстановки, и проволочная связь и оптическая сигнализация далеко не всегда могут удовлетворить командование. Особенно это важно для связи с кораблями, которую А. С. Попов осуществил ещё в 1897 году. Это относится также к связи с танками и самолётами.

По выражению одного американского журнала, электронная лампа на поле современного боя ведёт его ход, даёт непрерывные сводки командованию, руководит огнём, управляет движением самолётов, держит связь между самолётами и самолётов с наземными частями, танками, штабными машинами, артиллерийскими позициями и даже с отдельными подразделениями, снабжёнными лёгкими радиостанциями, переносимыми одним бойцом и работающими в диапазоне коротких или ультракоротких волн.

Специальным приказом Верховный Главнокомандующий Маршал Советского Союза товарищ Сталин определил радиосвязь как основное средство связи в условиях современной войны, и это определило исключительное внимание, уделяемое радиосвязи в Красной Армии.

Радио играет далеко не последнюю роль среди богатейшего технического оснащения Красной Армии и достаточно способствует её невиданному в истории военному триумфу.

Однако уже опыт прошлой войны показал, какую опасность представляет собой перехват радиосообщений противником, в особенности радиопеленгация противником работы наших радиостанций. Это приводит к своеобразным приёмам радиовойны, где, с одной стороны, стараются вести непрерывную слежку за вражескими передачами, а с другой — сами стремятся возможно меньше времени оставаться в эфире для затруднения пеленгации. Известно, что при потоплении немецких

кораблей «Бисмарк» и «Шарнгорст», а также в морском бою при Матапане радио сыграло весьма большую роль.

Другим методом «радиовойны» является создание радиопомех, делающих радиосвязь противника невозможной.

Радиоспециалистам пришлось много поработать за время войны над созданием заменителей, противошумных микрофонов, защитой аппаратуры и отдельных деталей от влияния погоды и климата и т. д.

Довольно часто в газетной и научно-популярной прессе встречаются статьи о радиотелемеханических управляемых самолётах, танках. Так, например, очень много говорилось о радиоправляемости пресловутых немецких самолётов-снарядов.

Радиотелеуправление в принципе вполне реально и даже открыто применялось в США для управления специальными артиллерийскими мишенями. Более сложен вопрос о военной целесообразности и тактической ценности такого рода устройства.

Всё больше появляется в печати заметок и сообщений о новом могущественном, оборонительном и наступательном, оружии, основанном на принципах радио, именно о способе радиобнаружения путём «радиоэхо» самолётов и кораблей, о радиолокации, или, как её называют в США, Радар.

В одной из речей премьер-министр Великобритании Уинстон Черчилль говорил: «Британцы и американцы... заняли как в нападении, так и в обороне ведущее положение в области таких чудес техники, как например радиолокация» («Британский союзник» № 14 (86)).

Журнал «Электроника» (июнь 1943 года) называет Радар «чудом электронной лампы» и указывает, что он спас Англию в период 1940—1941 годов от воздушных нападений немцев. В следующем номере мы читаем: «В бурную ночь наш (т. е. США) корабль находился в 8 милях от вражеского. С помощью Радара наш корабль со второго залпа потопил неприятельский в полном мраке ночи за 8 миль расстояния».

Этот же журнал печатает сообщение Морского министерства США о Радаре, из которого мы приведём некоторые выдержки.

В 1922 году «обнаружили, что... радиосигналы отражались от стальных строений и кораблей».

В 1925—1930 годах «явление отражения... было использовано для измерения высоты слоёв Кеннелли-Хивисайда», т. е. ионосферы.

В 1930 году «Хайланд... обнаружил явление интерференции... при полёте самолёта через линию, соединяющую передатчик и приёмник».

В 1932 году «Тейлер описывает некоторые опыты по обнаружению самолётов... на расстоянии до 80 миль».

В 1933 году «Бюро стандартов... разработало способы обна-

ружения самолётов путём использования ультракоротких радиоволн».

Подробных данных о Радарах и радиолокационных приборах не опубликовано, но и сказанного вполне достаточно, чтобы понять всё военное значение подобных устройств. Несомненно, что и в послевоенной жизни радиолокация будет играть далеко не последнюю роль.

Заключение

История развития советского радио неразрывно связана с именами Ленина и Сталина.

Советское радио развивается под систематическим и планомерным руководством партии и правительства.

В резолюции XVII съезда ВКП(б), в январе — феврале 1934 года, по докладу В. М. Молотова и особенно в положениях, принятого XVIII съездом партии в марте 1939 года, третьего пятилетнего плана в числе важнейших мероприятий отмечалась необходимость развития связи всех видов и особенно радио.

Говоря о советской радиотехнике, необходимо помнить имена советских учёных, ныне уже покойных, очень много сделавших для её развития и укрепления. Это чл.-корр. АН СССР М. А. Бонч-Бруевич, академик М. В. Шулейкин, профессор Д. А. Рожанский, академик А. А. Чернышёв и другие.

Следует отметить развитие в СССР тесного взаимодействия радиотехники и радиофизики, в частности труды по теории колебаний покойного академика Л. И. Мандельштама, академика Н. Д. Папалекси и их сотрудников. Советским учёным принадлежат интереснейшие и важнейшие работы в области теории антенн, распространения радиоволн, пьезокварцев, волноводов и др.

Колоссальный объём знаний, охватываемых радиотехникой, привёл к тому, что такие дисциплины, как электроакустика, телевидение и ряд других, превратились в самостоятельные области техники.

Велика роль радио—творения русского учёного А. С. Попова—в деле окончательного разгрома немецко-фашистской армии, в деле спасения цивилизации Европы от фашистских погромщиков.

Наша Советская страна, создавшая лучшие в мире танки, самолёты, артиллерию, показавшая в Великой Отечественной войне под водительством Маршала Советского Союза товарища Сталина невиданные в истории образцы героизма, самоотверженности и организованности, победоносно громящая врага и подводящая в третий раз в истории русские полки к Берлину — логову фашистского зверя,— безусловно, может и должна ещё шире, ещё полнее развивать своё, советское радио.

Цена 1 р. 25 к.