



НАУКА
И ПРОГРЕСС

И. И. Дзюбин • ВЫХОЖУ НА СВЯЗЬ

И. И. Дзюбин

ВЫХОЖУ НА СВЯЗЬ

Издательство
«Знание»
Москва
1979

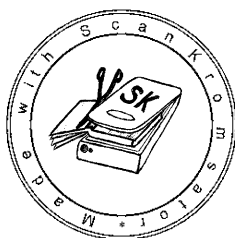
НАУКА И ПРОГРЕСС

И. И. Дзюбин

**ВЫХОЖУ
НА СВЯЗЬ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1979

32.88г
Д43



Scan AAW

Дзюбин И. И.

Д43 Выхожу на связь. М., «Знание», 1979.
160 с. (Наука и прогресс)

В книге рассказывается о том, как на протяжении веков создавались различные средства проводной и беспроводной связи, как человечество пришло к современным методам передачи информации, какие перспективы у этой отрасли техники.
Для широкого круга читателей.

Д $\frac{30600 - 022}{073(02) - 79}$ 21 — 79 3701000000

32.88г
6Ф(09)

© Издательство «Знание», 1979 г.

Вместо предисловия

Единственная подлинная ценность — это ценность человеческого общения.

А. Сент-Экзюпери

За время развития цивилизации человечество прошло долгий путь от устной передачи сообщений к технике проводной и беспроводной связи.

Нам с вами уже невозможно представить себе жизнь без телеграфа и телефона, радио и телевидения. Средства связи прочно вошли в быт, стали его неотъемлемой частью.

Благодаря современным средствам связи Земля впервые приняла из океана Вселенной сигналы искусственных спутников, услышала голос первого в мире космонавта Юрия Гагарина, увидела пейзажи далеких планет.

Средства связи донесли голос Москвы в самые отдаленные уголки земного шара, позволили, не выходя из квартиры, видеть и слышать то, что происходит на далеких материках и континентах.

Предлагаемая книга — попытка рассказать о некоторых событиях из истории средств связи, их практическом применении в наши дни.

Читатель познакомится с различными эпизодами истории телеграфа — одного из старейших видов связи, возникшего около трех тысячелетий назад.

Мы вспомним эру рождения телефона, ставшего главным хранителем человеческого времени.

В последующих разделах будет прослежено постепенное накопление тех теоретических и экспериментальных результатов, которые привели к созданию радио и телевидения — величайших открытий в истории науки и техники. Радио и телевидение позволили мгновенно пе-

реносить подлежащую передаче информацию на практически неограниченные расстояния без сети сложных и дорогостоящих подземных коммуникаций.

По существу, нет ни одного участка человеческой деятельности, где бы мы не имели дело с преобразованием и передачей информации с помощью средств связи. На XXV съезде КПСС связь была названа в числе отраслей, от деятельности которых зависит эффективность народного хозяйства и развитие которых должно находиться в соответствии с увеличивающимися объемами и стоимостью производства.

Для успешного решения поставленных партией задач в нашей стране создается Единая автоматизированная система связи (ЕАСС), которая должна обеспечить передачу и обработку постоянно возрастающего объема информации. Полный ввод в действие ЕАСС приведет к коренному изменению управления народным хозяйством, ускорит темпы создания материально-технической базы коммунизма. О том, как решались и решаются эти сложные проблемы, будет также рассказано на страницах книги.

Автор стремился изложить материал просто, не прибегая к формулам и обходясь минимумом специальных технических терминов.

Как сокращались расстояния

Не зная прошлого, невозможно понять подлинный смысл настоящего и цели будущего.

М. Горький

О предках и предшественниках

Обмен сообщениями между отдельными людьми, племенами, народами является характерной чертой человеческого общества.

В доисторические времена люди объяснялись с помощью условных знаков и жестов. Позднее человек научился выражать свои мысли членораздельными звуками. Когда люди находились на расстоянии друг от друга, они передавали свои сообщения с помощью крика.

Древние летописи рассказывают, что около 530 г. до н. э., когда в Персии правил царь Кир, существовала весьма надежная система передачи сообщений. На определенном расстоянии друг от друга ставили людей с сильным голосом, которые, предельно напрягая голосовые связки, передавали царские приказы. За день цепь глашатаев могла сообщить о том или ином событии на расстояние тридцатидневного перехода.

Древние галлы, по описанию Юлия Цезаря, умудрились таким способом донести известие на расстояние до 300 км за время не более 3 ч. Конечно, такая связь была далека от совершенства. Звук по мере увеличения расстояния быстро терял свою силу, и случалось, что к конечному пункту приходило сообщение, лишенное всякого смысла.

Лишь в средние века изобретение англичанина С. Морланда значительно облегчило жизнь глашатаям. Он создал рупор — жестяную воронкообразную трубу. Рупор направлял звук только в одну сторону, благодаря

чему человеческий голос распространялся достаточно далеко.

Путешественники, уже в близкие к нам времена побывавшие в джунглях Центральной Африки, порой не могли понять, каким образом местные жители узнавали об их передвижении от селения к селению. Как выяснилось позднее, гул африканских барабанов — тамтамов, неизменно сопровождающий экспедиции, нес в себе сигналы, предупреждая племена о приближении и намерениях пришельцев.

Ошибались те ученые, которые пытались объяснить работу тамтамов системой знаков, например, такой, как в азбуке Морзе. Разгадка тайны тамтамов была в другом. Язык тамтамов — своеобразная музыкальная речь, в которой содержание передается с помощью изменения высоты звука, «мелодии» и ритма. И только человеку с развитым и натренированным слухом под силу понять такой язык. Стройная система связи существовала и у американских индейцев. Различные звуки барабана сопровождали не только танцы во время священных праздников, но и созывали воинов во время опасностей.

С незапамятных времен для передачи сообщений применяли и световые сигналы. Условным сигналом, например, обозначающим приближение врага, у многих народов был костер. В 450 г. до н. э. греческие ученые Клеоксен и Демокрит придумали довольно простую систему связи с помощью факелов. Весь греческий алфавит разбивался на группы, в каждой из которых было пять букв. Зажигая различное количество факелов, можно было передать уже не одно, а множество сообщений.

Немало легенд связано и с морской сигнализацией. Один из древнегреческих мифов рассказывает о так называемом «парусном» телеграфе.

Сын Эгея Тезей отправился на остров Крит, чтобы убить Минотавра — чудовище с туловищем человека и головой быка. В случае победы Тезей обещал отцу подняться на корабле вместо черных белые паруса. Но взволнованный победой Тезей перепутал условный знак. Несчастный отец бросился с высокой скалы в море, названное впоследствии Эгейским. Недостатком такого «телеграфа» было то, что он мог нести в себе лишь два сообщения: да и нет.

Свет был всегда помощью, а порой и спасением мореплавателей.

Считается установленным, что первый маяк построил грек Сострат в 283 г. до н. э. Это знаменитая Александрийская 120-метровая башня из камня, на верхней площадке которой поддерживался огонь — он служил ориентиром для кораблей, направлявшихся в Александрию из разных стран Средиземноморья. У подножия маяка была выбита надпись: «Сострат из Книдоса, сын Даксифана, хранителям-богам для блага мореплавателей».

Маяки не потеряли своего значения и в наше время. И сегодня, когда моряку помогают эхолоты и радиолокаторы, вахтенный всегда смотрит туда, где должен промелькнуть огонь маяка.

На юге России до сих пор сохранились старинные курганы, с вершин которых подавались световые сигналы. Днем, когда огонь виден недалеко, в костер бросали сырые ветки и сигналом служил столб дыма. «Дымовой» сигнализацией пользовались сторожевые казачьи посты, расположенные на южных границах нашего государства. В Запорожской сечи строились специальные вышки, на которых всегда лежала куча хвороста или соломы. Длинная цепь костров позволяла передавать сигналы на значительные расстояния.

В 1658 г. сообщение о появлении у берегов Англии испанского флота было передано с юга Англии на север при помощи заранее подготовленных костров.

В 1838 г. сообщение об отходе первого парохода по новому каналу Эри было послано из Буффало в Нью-Йорк посредством пушечных выстрелов. Сигнал, преодолев расстояние в 700 км, поступил в Нью-Йорк через 1 ч 20 мин.

И, наконец, уже во время первой мировой войны сигналы о выходе английского флота в море и подходе его к Дарданелльскому проливу подавались турками с помощью больших костров, зажигаемых вдоль берега.

Как видно из этих примеров, на протяжении многих столетий, несмотря на огромный прогресс в развитии науки и техники, средства связи практически не развивались.

Мы перечислили далеко не все из существовавших в прошлом способов передачи сигналов на расстояния. Однако можно с уверенностью сказать, что все предлагаемые системы были громоздки и малоудобны. Передача сообщений занимала так много времени, что купцы и мореплаватели зачастую отдавали предпочтение конным

и пешим гонцам, которые доставляли корреспонденцию быстрее и надежнее. Так продолжалось вплоть до конца XVIII века.

Тем временем непрерывно развивающаяся промышленность набирает темпы. Усложняются старые механизмы, рождаются принципиально новые. Появляются паровой цилиндр Папена и насос Ньюкомена, машины Ползунова и Уатта. Изобретены печатные станки, начинают издаваться газеты.

Условия диктуют необходимость новых систем связи для быстреего обмена сообщениями обо всем, что происходит в мире. Первыми создателями принципиально новых способов передачи информации на расстояние были французский инженер К. Шапп и выдающийся русский механик И. П. Кулибин.

Оптический телеграф

В 1789 г. малоизвестный французский механик Клод Шапп предложил Конвенту Французской республики новое средство связи, где буквы обозначались различными сочетаниями сигналов. Национальное собрание заинтересовалось опытами Шаппа и предоставило ему необходимые средства для проведения испытаний.

На полигоне, расположенном в окрестностях Парижа, были построены две телеграфные станции, отстоящие одна от другой на расстоянии примерно трех километров. Над крышами башен возвышались устройства, в которых подвижные планки крепились таким образом, что, меняя их взаимное расположение, можно было составить около 200 фигур. Планки окрашивались в черный цвет, хорошо видимый днем. А ночью к ним подвешивались фонари.

Шифр, примененный в телеграфе Шаппа, состоял из 92 страниц, на каждой из которых было 92 слова. Таким образом, шифр содержал 8464 слова, и для передачи сообщения телеграфист сигнализировал сначала номер страницы, а затем слова на ней.

Планки приводились в движение с помощью специальной системы рычагов. Телеграфисту же соседней станции для передачи сообщения не обязательно было знать шифр или значения отдельных фигур. В каждом

случае от него требовалось лишь быстро передавать те комбинации, которые он видел с соседней станции.

Первая телеграфная станция Шаппа была построена в 1794 г. между Парижем и Лиллем. В этом отрезке расположилось около двадцати промежуточных станций. Скорость передачи превзошла все ожидания: ровно 45 минут потребовалось для того, чтобы передать сообщение туда и обратно. В дальнейшем, при определенных навыках телеграфистов, это расстояние перекрывалось менее чем за шесть минут. Не случайно телеграфом Шаппа заинтересовался Наполеон, увидев в нем прежде всего надежное средство связи во время ведения военных действий.

Поначалу оптический телеграф называли «тахиграфом», что означало «скорописец»; со временем прежнее название было вытеснено новым — «телеграф», т. е. дальнописец.

В том же 1794 г. знаменитый русский изобретатель Иван Петрович Кулибин разработал проект «дальноизвещающей машины». В реестр технических изобретений было занесено: «Сыскано мною и здесь внутреннее расположение машины телеграфа, которого сделана модель и отнесена в императорскую кунсткамеру».

Из бумаг И. П. Кулибина видно, что приводная конструкция для перемещения частей аппарата была решена им просто, остроумно и изящно. Был значительно совершеннее, нежели у телеграфа Шаппа, и код, предложенный И. П. Кулибиным. Передача слов производилась по частям. Такой код занимает промежуточное место между «алфавитным» и «цифровым» способами передачи сообщений.

Несмотря на ряд преимуществ телеграфа И. П. Кулибина, им никто не заинтересовался. Проект был сдан в архив. Вскоре царскому правительству пришлось закупать телеграф Шаппа. Сотруднику предприятия Шаппа, занимавшемуся поставками в Россию, было заплачено 120 тыс. руб. за «секрет» телеграфа и назначено 6 тыс. руб. в год пожизненной пенсии за его установку. Как говорится, комментарии излишни.

Не прошло и года с момента испытаний телеграфа Шаппа, как он стал применяться повсеместно. Строились новые линии во Франции, в других странах Европы. В 1824 г. оптический телеграф связал Петербург со Шлиссельбургом, а в 1834 г.— с Кронштадтом. Самая

длинная в мире (1200 км) линия оптического телеграфа была открыта в 1839 г. между Петербургом и Варшавой.

Оптический телеграф Шаппа несомненно явился шагом вперед, несмотря на ряд существенных недостатков. Главный из них — зависимость работы телеграфа от метеорологических условий. Дожди, ветры, туманы затрудняли прием сигналов, поэтому сообщения до места назначения доходили со множеством ошибок.

Однако создать более совершенные аппараты человек в то время еще не мог: эра электричества, которое и в этой области совершило революцию, еще не наступила.

Идея неизвестного автора

Первые познания об электричестве были почерпнуты далекими предками, конечно, у природы. Знаменитый ученый древности Фалес Милетский исследовал и описал способность янтаря притягивать пушинки, вату, соломку, если его потереть о шерсть. Описывая «магнатис», древние ученые отмечали, что он «имеет такую же способность притягивать, как и янтарь». Долгие годы янтарь и магнит исследовались отдельно, и никто не предполагал, какую силу приобретет человечество, изучив их свойства.

Первым человеком, посмотревшим на электрические и магнитные явления с научных позиций, был англичанин Вильям Гильберт, придворный врач королевы Елизаветы. В 1600 г. выходит его знаменитое сочинение «О магните, магнитных телах и большом магните — Земле», в котором описываются многочисленные эксперименты автора с магнитными и электрическими телами. В одной из глав, давая объяснение некоторым словам, Гильберт пишет: «Электрические тела — те, которые притягивают таким же образом, как янтарь». И еще один, пожалуй, самый главный вывод, сделанный Гильбертом. Ему впервые удалось обнаружить существенную связь между электрическими и магнитными явлениями. Он нашел, что электрическое притяжение значительно слабее магнитного, но зато присуще всем телам, тогда как магнитное обнаруживается только у носителей магнетизма.

К этому периоду относятся первые попытки исполь-

зывать магнитные явления для создания приборов симпатической связи, т. е. связи посредством магнитного влияния через пространство. Образно описывает Г. Галилей в книге «Диалог о двух главнейших системах мира Птолемеевой и Коперниковой» встречу «с одним изобретателем, который предлагал продать секрет изобретения, дающего возможность посредством симпатической магнитной стрелки сношаться с человеком, находящимся за две или три тысячи миль. Когда я сказал, что согласен приобрести секрет, но хочу сначала испытать его на деле, причем для меня совершенно достаточно, если испытание будет произведено так, что я буду находиться в одной из комнат моего дома, а он — в другой, изобретатель ответил, что на таком малом расстоянии я не смогу видеть действие его изобретения. На этом я с ним и расстался, заявив, что не чувствую никакого желания ехать в Каир или Московию для того, чтобы производить опыт, но, что если он сам пожелает туда отправиться, я согласен быть другой стороной, оставшись в Венеции».

Очевидно, что такие измышления о симпатической связи на большие расстояния были вызваны отсутствием в то время достаточных знаний о магнитных и электрических явлениях.

Следующие шаги в познании природы электричества и магнетизма были сделаны М. В. Ломоносовым, Ш. Кулоном, Ф. Эпинусом и другими учеными, и к концу XVIII века свойства неподвижных электрических зарядов были достаточно изучены и по-своему объяснены.

В этот период, а точнее в 1753 г., в Шотландии неизвестным автором была впервые высказана идея использования электричества для передачи сообщений. Он предлагал с помощью электростатической машины создать статический электрический заряд, который посылается по изолированному проводу в пункт назначения. Для передачи буквенного текста между двумя пунктами берется столько проводов, сколько букв в алфавите. На станции приема этот заряд воспринимает шарик, который притягивает к себе бумажку с обозначенной на ней буквой. Позднее такой телеграф был создан, но работал плохо из-за больших потерь в проводах.

В этот период ничего не было известно об электрическом токе — движущихся зарядах, ибо не существовало устройства, могущего заставить двигаться такое количе-

ство зарядов, чтобы их удобно было наблюдать, а значит, и измерить. Оставалось сделать лишь один, решающий шаг. И он был сделан итальянскими учеными Луиджи Гальвани и Алессандро Вольты.

Их имена часто называют вместе. Всемирную славу и известность обоим принесла их научная деятельность, их ожесточенный спор о происхождении электрического тока. Гальвани заметил, что при соприкосновении двух различных металлов с лапкой лягушки появляется электрический ток. Так начался интереснейший спор о «животном электричестве». В этом споре победил Вольты, доказавший, что «животного электричества» не существует, а «все действия исходят из металлов».

Вольты встретил новый 1800 г. изобретением, ставшим рубежом в истории электричества. Он создал прибор, способный за счет химической энергии производить непрерывную (!) электризацию тел и, следовательно, поддерживать непрерывное движение зарядов в проводнике, т. е. электрический ток.

Дальше открытия начинают сыпаться как из рога изобилия. В 1801 г. появились первые аккумуляторные батареи, в 1802 г. русским ученым Петровым получена первая электрическая дуга. Один за другим совершают свои открытия Ампер, Био, Савар, Ом, Эрстед.

Гальваническая батарея Вольты открыла новые возможности перед наукой. Как ни странно, первым это поняло австрийское правительство, дав указание члену Мюнхенской академии наук Земмерингу заняться практическим применением электричества для целей связи. На это имелись свои причины. Австрия готовилась к войне с Наполеоном. Оптический телеграф Шаппа, используемый Наполеоном для управления войсками, позволял быстро и надежно передавать сообщения на большие расстояния. Австрия не имела подобных средств связи. Вот тогда-то и поручили Земмерингу создать более совершенную систему подобного рода.

Земмеринг был хорошо знаком с опытами своих предшественников и как физиолог последнее время интересовался химическими действиями электричества. Именно электричество, решил Земмеринг, явится наиболее надежной основой при выполнении его задачи. С этой целью он использует разложение воды с помощью электрического тока. В 1809 г. он заканчивает изготовление электрического телеграфа. В его установке приемное

устройство состояло из ванночки с водой, в которую были выведены 35 проводов, причем каждой букве и цифре соответствовал определенный провод. При передаче сигнала электрическая цепь между передающей и приемной станциями замыкалась, через электролит шел ток, и в сосуде в соответствующем проводе приемного устройства выделялись пузырьки газа. По ним-то и определялась переданная по телеграфу буква или цифра.

Телеграф Земмеринга несомненно был шагом вперед, но имел слишком много недостатков. Пузырьки образовывались неравномерно, передача осуществлялась долго, не говоря уже о том, что прокладка проводов стоила очень дорого. И хотя в дальнейшем Земмерингу удалось разработать восьмиэлектродный электролитический телеграф с клавишным передатчиком, он не получил практического применения вследствие трудности чтения сигналов.

Ровно через 20 лет открытие Вольты привело к открытию Эрстедом магнитного действия электрического тока на компасную стрелку; в этом же году французский физик Ампер предложил использовать это явление для телеграфирования. Вот что он писал: «...с помощью такого количества проводов, сколько существует букв в азбуке, гальванического элемента, установленного вдали от стрелок и сообщающегося по желанию с концами любых проводов, можно устроить ряд телеграфа, и с помощью его передавать на любое расстояние, через любые препятствия слова и фразы».

Разумеется, Ампер лишь высказал идею электромагнитного телеграфа и не собирался заниматься его устройством. Он даже не знал, что Земмеринг уже резко сократил количество проводов. И хотя задача создания телеграфа многим казалась простой, П. Л. Шиллингу — выдающемуся русскому ученому, несмотря на имевшийся у него опыт, понадобилось целых 12 лет, чтобы сконструировать первый практически пригодный электромагнитный телеграф.

Танцующие стрелки

Павел Львович Шиллинг приступил к созданию электромагнитного телеграфа, будучи хорошо знаком с опытами профессора Земмеринга. С этими опытами и с самим ученым Шиллинг познакомился еще в Мюнхене, когда

работал переводчиком при русском посольстве. Находясь в Мюнхене, Шиллинг не только деятельно участвовал в работах над электролитическим телеграфом, но и пытался привлечь внимание своих соотечественников к изобретению Земмеринга. Эти попытки ни к чему не привели, в Европе повсеместно внедрялся оптический телеграф Шаппа.

П. Л. Шиллинг внимательно изучал историю и современное состояние телеграфии. Причину неудач Земмеринга он видит в том, что электрический ток слабеет с пройденным расстоянием. В его записках мы читаем: «Надобно вознаграждать эту потерю, но средства к тому еще не могли быть известны Земмерингу, да самое химическое разложение воды требует электричества гораздо сильнее...»

Блестящий опыт Эрстеда не мог не привлечь внимания Шиллинга — убежденного сторонника электрического телеграфа. «Теперь только, после знаменитых опытов Эрстеда и Фарадея, мы знаем, подобное действие на магнитную стрелку производит электрический ток. Трудно поверить однако ж, чтобы когда-нибудь до нашего века могла быть известной эта тесная связь электричества с магнитом», — писал Шиллинг.

Первый тип электромагнитного телеграфа Шиллинга был готов уже в 1828 г. В нем буквы обозначались положением магнитных стрелок, к которым были прикреплены кружки, окрашенные с одной стороны в белый, а с другой стороны в черный цвет. Телеграфист, замыкая электрическую цепь, заставлял поворачиваться стрелку, а вместе с ней и кружок.

Разработанная Шиллингом специальная телеграфная азбука состояла из комбинации сигналов, посылаемых током разного направления. Буква *а*, например, обозначалась положением указателя сначала на черной, а затем на белой стороне кружка, буква *б* — соответственно на черной и черной стороне кружка и т. д. Это был первый в мире электрический кодовый сигнал.

Испытания телеграфа проходили на Красносельском полигоне под Петербургом, там же, где испытывались сконструированные Шиллингом электрические запалы для мин. Вот как описывает эти опыты один из современников Шиллинга:

«Весьма мало известно, что Шиллинг изобрел новый образ телеграфа. Посредством электрического тока, про-

водимого по проволокам, растянутым между двумя пунктами, он проводит знаки, коих комбинации составляют алфавит, слова, предложения и так далее. Это кажется мало-важным, но со временем и усовершенствованием оно заменит наши теперешние телеграфы, которые при туманной нелепой погоде или когда сон нападает на телеграфщиков, что так же часто, как туманы, делаются немymi».

Эти слова оказались пророческими. В дальнейшем П. Л. Шиллинг усовершенствовал свой телеграф, сократив число проводов до двух. Сам Шиллинг по этому поводу писал: «Я нашел средство двумя знаками выразить все возможные речи».

Нетрудно догадаться, что им впервые была предложена двоичная система счисления (0 и 1), которая широко используется в технике связи и в электронно-вычислительных машинах.

Первая публичная демонстрация электромагнитного телеграфа состоялась в 1832 г. Аппарат действовал безупречно и получил единодушное признание в среде ученых. В этом же году распоряжением Николая I с помощью телеграфа Шиллинга была налажена связь между Зимним дворцом и Министерством путей сообщения.

Вскоре Шиллинг предложил проект прокладки линии электромагнитного телеграфа между Петергофом и Кронштадтом. Но пока вопрос решался в правительственном комитете, Шиллинг умер, и дело заглохло.

В течение многих лет шло усовершенствование телеграфного аппарата Шиллинга с целью улучшения передачи и приема электрических сигналов. Еще при жизни Шиллинга появился телеграф Уитстона — Кука. Он мало чем отличался от аппарата нашего соотечественника. Были изменены лишь незначительные детали. На смену черно-белым кружкам пришли магнитные стрелки, расположенные на специальном щитке. Уитстоном и Куком впервые было применено реле. К сожалению, оно первоначально использовалось не для усиления электрических импульсов, а лишь для оповещения о начале передачи (при этом замыкалась цепь электрического звонка).

В дальнейшем Уитстон и Кук заменили магнитные стрелки единственной стрелкой и создали новую телеграфную азбуку.

Для фиксирования передаваемых сообщений ими же была предложена конструкция телеграфного аппарата

с часовым механизмом. Часовой механизм приводил в движение зубчатое колесо со стрелкой, которая перемещалась по круглой шкале. На шкале были нанесены буквы, цифры и знаки. Каждый проходящий электрический импульс поворачивал колесо на один шаг и только в одном направлении — по часовой стрелке. Это создавало определенные трудности, ибо приходилось терпеливо ждать, когда стрелка опишет полный круг. В этом виде телеграф Уитстона — Кука получил широкое распространение, в особенности на железной дороге, и применялся в ряде стран вплоть до конца прошлого столетия.

Следующим шагом вперед было создание записывающих телеграфов. Первый пишущий телеграф предложен учеником Шиллинга известным русским ученым Б. С. Якоби. Он был основан на принципе падения в лунки черных и белых шаров в различных комбинациях. Позднее немецкий ученый К. А. Штейнгейль предложил более простой механизм, передвигающий бумажную ленту. На ленту с помощью масляной краски наносились знаки в виде пятен и линий. И хотя изобретение Штейнгейля было далеко от совершенства, наличие записывающего устройства позволяло в любое время прочесть переданное сообщение.

У стрелочных телеграфов было много недостатков. Передача сообщений происходила медленно. Качество передачи определялось в основном навыками телеграфистов. Все это, естественно, не могло удовлетворить растущие потребности человеческого общества. Нужно было искать новые пути. Этот путь был найден известным американским художником С. Морзе.

Точка, тире

В 1832 г. парусное судно «Салли» совершало свой обычный рейс из Европы в Америку. Скучающие от безделья пассажиры коротали долгие дни. Как же в такой обстановке было не обрадоваться предложению молодого физика Ч. Джексона устроить для пассажиров вечер фокусов. Присутствующие с интересом наблюдали за тем, как стрелка магнита танцевала по воле физика, несмотря на то, что он совершенно не касался ее: достаточно было поднести кусок проволоки, присоединенной к электрической батарее. Замыкая и размыкая электрическую

цепь, Джексон показывал зрителям, как пляшет магнитная стрелка. Нетрудно догадаться, что молодой физик воспроизводил знаменитый опыт Эрстеда.

Самым внимательным наблюдателем во время проведения этих опытов был Морзе. Увиденное произвело на него такое впечатление, что он на долгие годы забросил профессию художника и занялся опытами в области телеграфной связи.

Мучительно долго возился Морзе со своим первым аппаратом. Самое большое расстояние, на котором удавалось передать сообщение, не превышало 10 м. При увеличении расстояния слабеющий электрический ток не мог притянуть якорь электромагнита. И тогда Морзе вводит в аппарат электромагнитное реле, изобретенное американским физиком Д. Генри. Это открыло возможность передачи сигналов на неограниченно большие расстояния. В самом деле, когда электрический ток слабел, включалось реле, которое управляло другим источником питания и тем самым усиливало слабеющий сигнал.

4 сентября 1837 г. состоялась первая публичная демонстрация аппарата Морзе. На передающем конце Морзе применил телеграфный ключ, изобретенный ранее известным русским ученым Б. С. Якоби, на приемном — автоматическое устройство для записи сигналов.

Заслугой Морзе надо считать его телеграфную азбуку, в которой буквы обозначались комбинацией точек и тире. Замыкание ключа на длительное время соответствует знаку «тире», на более короткое время — знаку «точка». Азбука Морзе оказалась настолько удачной, что используется до сих пор.

В середине XIX века аппараты Морзе стали проникать в Россию. Сам изобретатель не преминул воспользоваться этим, потребовав от царского правительства вознаграждения за применение электромагнитного телеграфа. Домогательства Морзе встретили резкую отповедь со стороны русских ученых. В ответе, посланном Морзе, в частности, говорилось, «что первоначальная мысль об электрическом телеграфе принадлежит не ему, а нашему ученому П. Л. Шиллингу, который изобретенный им аппарат показывал в 1835 г. в разных городах Европы, и что все остальные изобретатели, не исключая и его, Морзе, только в частях изменили и разнообразили существенное изобретение Шиллинга. Признать, что он, Морзе, есть изобретатель электромагнитных телеграфов,

значило бы затмить и предать забвению имя того, кому по всей справедливости, принадлежит это изобретение — имя П. Л. Шиллинга, русского уроженца, посвятившего на это с пользой и честью для отечества своего многолетние труды свои».

После настойчивых попыток продать свое изобретение за границу Морзе удалось все-таки в 1842 г. получить от американского конгресса 30 тыс. долларов на постройку телеграфной линии между Вашингтоном и Балтиморой. Спустя два года Америка получила телеграф, а вместе с ним — быстроту и надежность в передаче сообщений, а также возможность передавать сигналы на неограниченно большие расстояния.

В течение буквально десятилетия электрический телеграф охватил большую часть стран Европы и Северной Америки, но всякий раз останавливался у берегов морей и океанов, которые еще долгие годы оставались для него непреодолимым препятствием. Океан был слишком силен и неприступен, чтобы дать возможность мгновенно сблизить Европу и Америку.

История прокладки первого трансатлантического кабеля — один из ярких примеров инженерного подвига, подлинного мужества и упорного труда первооткрывателей.

Связь по дну океана

Не прошло нескольких лет после изобретения С. Морзе, как профессор Уитстон представил на рассмотрение палаты общин проект прокладки телеграфного кабеля между Англией и Францией. Однако никто всерьез не воспринял его предложение. На это было несколько причин. Люди еще не успели по достоинству оценить преимущества нового вида связи, относились к нему недоверчиво, и особенно активно, как это часто случается, вели себя те, кто меньше всего разбирался в сущности данного проекта.

Были и объективные причины, затрудняющие работу телеграфа. Наибольшая из них заключалась в отсутствии надежной изоляции кабеля. Вода — известный враг кабелей: достаточно ей проникнуть через оболочку, и электрическое короткое замыкание неизбежно.

Выход был найден немецким инженером В. Симен-

сом. Сименс предложил изолировать кабель резиноподобным веществом — гуттаперчей, которое добывали, подобно каучуку, из сока малайских деревьев. В отличие от резины, гуттаперча не эластична и затвердевает при комнатной температуре. Но стоит опустить ее в горячую воду, как она становится податливой и ей можно придать любую форму.

Итак кабель был изготовлен. В августе 1850 г. маленький буксир «Голиаф» торжественно покинул Англию и отправился к французскому берегу. Только день потребовался для прокладки кабеля длиной около 40 км между Дувром и Кале. К сожалению, приемный аппарат смог принять лишь одну телеграмму, а затем связь прекратилась. Несмотря на неудачу, принципиальная возможность подводной телеграфии была доказана, и это послужило толчком для прокладки новых кабелей.

Вскоре была проложена вторая линия. На этот раз конструкция кабеля существенно отличалась от предыдущей. Кабель представлял собой настоящий стальной трос большого диаметра, сплетенный из многих проводов и покрытый несколькими слоями изоляции. Теперь ему были не страшны рыбацкие сети и якоря. Вторая линия действовала более успешно, и газеты всего мира только и писали о необыкновенном будущем, которое открывается с изобретением телеграфа.

Такая связь по дну моря была установлена между Англией и Ирландией, Англией и Голландией, а в 1854 г. — между Корсикой и Италией в Средиземном море. Было задумано объединенными усилиями предпринимателей разных стран Европы проложить телеграфный кабель через Атлантический океан. Осуществить же эту идею было суждено американскому торговцу Сайрусу Филду.

Прежде чем приступить к прокладке трансатлантического кабеля, предстояло решить немало вопросов. Нужно было исследовать дно океана, выяснить характер грунта, замерить глубины. Надо было убедиться в отсутствии острых подводных скал и глубоких впадин на пути кабеля. Наконец, прежде чем приступить к работам необходимо было ответить на вопрос: сможет ли электрический ток преодолеть такое огромное расстояние?

Первая задача была решена довольно быстро. На дне океана нащупали относительно ровную горную гряду с небольшими перепадами глубин, как будто специально

созданную природой для прокладки подводного кабеля.

Вторая задача решалась одновременно в Англии и США. В Англии были проведены наземные экспериментальные испытания кабеля длиной около 8000 км, в США — около 3000 км. Результаты этих испытаний показали возможность передачи электрических сигналов на большие расстояния. И хотя условия испытаний существенно отличались от условий будущей трассы, мало кто сомневался в том, что прокладка подводного кабеля через Атлантический океан вызовет какие-либо затруднения.

Вскоре были собраны деньги, изготовлен кабель, и в середине 1857 г. все было готово к предстоящей экспедиции. Было решено начать укладку со стороны Ирландии. Кабель был укреплен на берегу, и 6 августа 1857 г. американский корабль «Ниагара» отошел от берега, оставляя за собой «след» — тонкий морской кабель.

Поначалу все шло хорошо. В глубину медленно спускался кабель, между берегом и кораблем постоянно поддерживалась связь. Так продолжалось несколько дней. Внезапно кабель не выдержал нагрузки и... оборвался. 550 км кабеля ушли на дно. Попытки поднять его из океанской пучины не увенчались успехом. Пришлось возвращаться.

Через год Филд предпринимает новую попытку. Теперь по настоянию специалистов принято решение начать прокладку на полпути, в середине океана. Концы кабелей сращиваются и корабли расходятся в разные стороны: «Ниагара» — в Америку, «Агамемнон» — в Англию. Не успели корабли скрыться за горизонтом, как кабель лопнул. Его подняли со дна океана и соединили. И снова неприятность. Прекратилась связь между кораблями. Кабель соединили в третий раз. Но и эта попытка окончилась неудачей. Потеряв около 400 км кабеля, корабли возвратились назад.

Через месяц, в конце июля 1858 г., была предпринята третья попытка. Теперь работами руководил сам Филд, находившийся на палубе «Ниагары». На этот раз все обошлось благополучно. Наконец-то Европа и Америка оказались связанными телеграфом. Ликованию не было предела. Гремели салюты, звонили колокола, в церквях служили бесчисленные молебны. Никто и не подозревал, что через месяц связь между Европой и Америкой прекратится. Как выяснилось позднее, причина неудачи та-

илась в плохой изоляции кабеля, особенно в местах сращивания.

Нужно было обладать огромной энергией, решительностью, верой в успех, чтобы после такого скандального провала снова приступить к прокладке кабеля между двумя континентами. И Филд вновь берется за дело.

Четвертая попытка состоялась через семь лет, в 1865 г. Для этой цели было построено гигантское, специально оборудованное судно «Грейт Истерн», сделан новый совершенный образец кабеля, способный выдерживать огромные нагрузки.

23 июля 1865 г., имея на борту необходимое количество кабеля, «Грейт Истерн» взял курс к берегам Америки. Метр за метром кабель спускался на дно океана. Лебедки работали исправно, сигнальные устройства постоянно поддерживали связь с берегом. Утром 2 августа, когда было уже проложено около 2400 км, т. е. $\frac{2}{3}$ расстояния, вдруг раздался сигнал тревоги. Кабель, не выдержав нагрузки, порвался и утонул. Отчаянные попытки поднять его со дна не увенчались успехом. Оставив на месте катастрофы плавающий буй, экспедиция возвратилась в Англию.

Филд не падает духом и вскоре организует еще одну экспедицию. Заказан новый кабель усовершенствованной конструкции, изготовлены новые типы якорей с зацепами, заменен стальной трос для подъема оборвавшегося кабеля.

В июле 1866 г. все приготовления были закончены, и «Грейт Истерн» покинул берега Англии. На этот раз человеческое упорство победило. Через две недели, 27 июля в 9 часов утра прокладка кабеля через Атлантический океан была завершена.

Однако Филд не успокаивается на достигнутом. Снова «Грейт Истерн» отправляется в путь к тому месту, где в прошлом году был утерян кабель. После долгих усилий подводный кабель удалось найти, срастить с куском, находящимся на борту, и через несколько дней корабль достигает берегов Ньюфаундленда, доставив туда второй трансатлантический кабель.

Так закончилась эта драматическая битва за установление связи между двумя континентами. Прокладка трансатлантической линии связи породила множество надежд и огромный энтузиазм. Человек почувствовал свои силы и начиная с 1866 г. телеграфные линии потя-

нулись во все концы земного шара, связав между собой страны и континенты.

На первых порах телеграфирование осуществлялось по простой схеме: передача и прием сообщений с одной станции на другую происходили по очереди, с помощью одного телеграфного аппарата. Для увеличения пропускной способности линий связи прокладывались дополнительные провода, улучшалась конструкция телеграфных аппаратов.

Однако эти усовершенствования не решали главной задачи — передачи по единому проводу большого количества информации. Началом ее решения стало изобретение дуплексного телеграфирования, позволившего работать одновременно сразу двум аппаратам по одному проводу, не мешая друг другу. Дуплексный метод был предложен в 1858 г. русским математиком З. Я. Слонимским.

В 1874 г. французский ученый Жан Бодо предложил идею многократного телеграфирования, основанную на использовании паузы между знаками при передаче. Разделение передаваемых сообщений во времени производилось с помощью вращающегося распределителя, который поочередно подключал линию к различным передатчикам. На противоположном конце приемные устройства подключались к линии строго в той же последовательности.

Этот способ помимо увеличения скорости передач дал и большой выигрыш в пропускной способности линий связи. Отпала необходимость подвешивать дополнительные провода, что, естественно, повысило эффективность существующих линий.

Два года спустя Бодо предложил использовать равномерный пятизначный код, согласно которому для передачи любого знака требуется пять единичных элементов, т. е. токовых и бестоковых посылок одинаковой длительности. Код позволяет получить $2^5 = 32$ комбинации, с помощью которых можно осуществить передачу любого знака русского и латинского алфавитов и цифр. Так стало возможным передать любое текстовое или цифровое сообщение на огромные расстояния.

Телеграф не стареет

Телеграфная связь не только средство быстрой передачи сообщений. Это еще и документ, свидетельство, справка, к которым можно обращаться не один раз. Вот почему телеграфная связь не только не сокращается, но и приобретает все большее значение в наши дни.

Когда телеграфист передает по проводам телеграмму, он нажимает телеграфный ключ. На приемном конце линии связи аппарат записывает эту передачу в виде длинного ряда точек и тире. Зная телеграфную азбуку, такую запись можно читать, как обычный печатный текст.

Забегая вперед, заметим, что при передаче телеграммы с помощью радио радист также пользуется телеграфным ключом, посылая в эфир серии колебаний различной продолжительности, но с одинаковой амплитудой. Здесь сочетание длинных (тире) и коротких (точек) серий колебаний образует радиотелеграфную передачу. Чем выше скорость передачи, тем больше можно передать телеграмм. Так, при ручной работе скорость передачи обычно не превышает 20—25 слов в минуту, при быстросействующей — доходит до 500.

Кроме указанных видов работы, широко применяется буквопечатающая передача, осуществляемая телеграфными аппаратами с использованием равномерного пятизначного кода.

Если обозначить токовую посылку цифрой «1», а бестоковую — цифрой «0», то окажется, что посылаемые передатчиком комбинации представляют собой пятиразрядные числа двоичного счисления, т. е. такого счисления, в основу которого взяты только две цифры 0 и 1.

Примером неравномерного кода является азбука Морзе, где элементы кодовых комбинаций единица и нуль используются только в двух сочетаниях: как одиночные (0 и 1) или как тройные (000 и 111). Сигнал, соответствующий одной единице, называется точкой, а трем единицам — тире. Элемент нуль используется как отделяющий точку от тире, точку от точки, тире от тире. Совокупность трех нулей завершает каждую кодовую комбинацию, что позволяет отделить одну комбинацию от другой. В коде Морзе время, необходимое для передачи каждого знака, неодинаково — это характеризует его

как менее экономичный код по сравнению с пятиэлементным равномерным кодом.

При буквопечатающей передаче используются старто-стопные телеграфные аппараты типа СТ, в которых в начале передачи буквы дается дополнительный импульс «старт», а в конце — «стоп».

Стартостопный телеграфный аппарат имеет клавиатуру типа пишущей машинки и состоит из трех основных частей: передающей, приемной и движущего механизма. Клавиатура связана с передающим устройством системы рычагов.

Передающая часть аппарата предназначена для формирования с помощью клавиатуры механической комбинации, преобразования ее в комбинацию токовых и бестоковых посылок и передачи в линию всех посылок старто-стопного цикла (пусковой, кодовой и стоповой). На приемном конце электрические сигналы преобразуются в механическую комбинацию, расшифровываются и отпечатываются в виде знака на бумажной ленте. Движущий механизм предназначен для приведения в действие различных узлов.

Современные буквопечатающие телеграфные аппараты оборудованы специальными приставками — трансмиттером и реперфоратором, которые работают автоматически с высокой скоростью телеграфирования. Трансммиттер осуществляет передачу сигналов, а реперфоратор «записывает» передаваемое сообщение.

Текст телеграммы «записывается» на перфорированной бумажной ленте пятью рядами отверстий. Единичный элемент фиксируется отверстием, нуль — не пробивается. Отверстия среднего ряда являются ведущими и служат для протягивания ленты.

Перфорированная лента вводится в трансмиттер, иголки которого попадают в пробитые на ней отверстия. При этом происходит замыкание электрической цепи, и в линию уходят сигналы в виде токовых посылок. При отсутствии отверстия в перфоленте в линию уходит бестоковая посылка. Таким образом, перфолента является как бы механическим телеграфистом. Адресату же, после преобразования электрических сигналов в печатные знаки, выдается текст, напечатанный на бумажной ленте.

Автоматы «переговариваются» с огромной скоростью, недоступной человеку. Они одновременно говорят и одновременно слушают, и может показаться, что им вооб-

ще не нужен человек, скромно сидящий в стороне и наблюдающий за их работой. А из автоматов, словно по волшебству, выползают ленты с дырками, на которых записано сообщение, переданное за тысячи километров.

Но ведь не всякую информацию можно выразить непосредственно словами или цифрами. Как же быть, если надо передать из одного города в другой чертеж, рисунок, фотографию?

Газета по фототелеграфу

Первые попытки передать изображение по телеграфу были сделаны еще в 1856 г. итальянским физиком Казелли, который создал весьма интересный прибор, названный им «пателеграфом». Прибор состоял из двух аппаратов — передающего и приемного. Изображение, предназначенное для передачи, наносилось на металлическую пластинку специальными чернилами, не проводящими электрический ток. Строчку за строчкой прочерчивала металлическая игла, приводимая в движение часовым механизмом. Когда игла пересекала линию рисунка, электрический ток на мгновение прерывался, затем он опять включался.

Приемник действовал аналогично. Здесь металлическая игла передвигалась по листу бумаги, покрытому крахмальным клеем с примесью йодистого калия. Когда через иглу проходил ток, йод давал реакцию и крахмал окрашивался в синий цвет; при отсутствии электрического тока бумага оставалась чистой. Таким образом, рисунок в приемном аппарате представлял собой негатив изображения на «зачерненном» синем фоне. Полученное изображение, конечно, не отличалось изяществом, но для того времени изобретение Казелли было большим достижением.

Дальнейшее развитие фототелеграфа стало возможным после открытия знаменитым русским физиком А. Г. Столетовым явления фотоэффекта. Оно состояло в том, что свет, падая на металлическую поверхность, «вырывает» с нее электроны в количестве, пропорциональном интенсивности падающего света. На использовании этого явления и основана работа фотоэлемента.

Фотоэлемент представляет собой светочувствительный прибор, создающий электрический ток под действи-

ем падающего на него света. Когда внутрь фотоэлемента падает луч света, с поверхности катода освобождаются электроны, которые летят на положительно заряженный анод. В результате в электрической цепи, куда включен фотоэлемент, возникает электрический ток.

Фотоэлемент мгновенно и безошибочно отмечает самые незначительные изменения силы света. Если яркость света понижается, в то же мгновение уменьшается и ток; если яркость света возрастает, мгновенно увеличивается и сила тока. Это свойство фотоэлемента широко используется в телеграфной связи при передаче на расстояния изображений, в первую очередь, ежедневных газет и метеосводок.

Перевозка центральных газет во все концы страны связана не только с огромными транспортными расходами, но и потерей самого главного качества газеты — актуальности содержащейся в ней информации.

Для передачи изображений газетных материалов в СССР разработана специальная аппаратура «Газета-1», «Газета-2», которая установлена во многих городах нашей страны. Теперь жители даже отдаленных городов могут получить свежий номер центральной газеты практически одновременно с жителями Москвы.

Развитие фототелеграфа открыло широкие возможности и перед работниками гидрометеослужбы. В настоящее время число метеорологических станций на Земле составляет десятки тысяч. Только на территории нашей страны их более 4 тыс. По результатам метеонаблюдений, поступающих со всех концов страны, составляются карты погоды, которые с помощью фототелеграфа передаются местным бюро погоды. Здесь метеорологи отображают состояние погоды для определенных областей, городов, населенных пунктов; именно эти прогнозы погоды мы слышим ежедневно по радио, телевидению.

Как же осуществляется передача изображений в современных телеграфных аппаратах?

Газетную полосу или какой-либо текст, предназначенный для передачи, закрепляют на барабане фототелеграфного аппарата. При вращении барабана вдоль продольной оси текст считывается с помощью светового луча строка за строкой. Рядом с барабаном расположен фотоэлемент, который ловит отраженный свет и превращает его в электрический ток. Светлые участки передаваемого изображения пошлют в окно фотоэлемента мно-

го света, темные — значительно меньше. В зависимости от «зачерненности» изображения ток в цепи фотоэлемента будет то большим, то маленьким.

Электрические сигналы фотоэлемента усиливаются до нужной величины и по проводам или по радио передаются на приемную станцию. Прием изображений — это процесс преобразования электрических сигналов в световые импульсы различной яркости в зависимости от амплитуды сигналов, поступающих по каналу связи.

Для получения четкого изображения барабан на приемной станции, обернутый светочувствительной бумагой, вращается синхронно и синфазно с вращением передающего барабана. Передаваемый сигнал управляет яркостью источника света, обычно газоразрядной лампы, которая с помощью специального оптического устройства освещает светочувствительную бумагу. Газоразрядная лампа обладает важным свойством: она чутко и быстро меняет яркость свечения при изменении напряжения на ее электродах, что позволяет уследить за передаваемыми изображениями. Так как свечение лампы подчинено воздействию принимаемых сигналов, ее луч быстро мигает, вызывая большее или меньшее почернение светочувствительного слоя. В результате на фотографической бумаге точка за точкой, строка за строкой наносится изображение. После окончания передачи лист светочувствительной бумаги обрабатывают с помощью процессов проявления и фиксирования и перед нами — изображение переданного текста или рисунка. Так работает фототелеграф — замечательное устройство, объединившее в себе достижения электроники, оптики, фотографии, точной механики и связи.

...Точки и тире постепенно завоевывали мир. Они несли людям радость и горе, надежду и спасение — несли информацию.

Человечество еще не успело свыкнуться с этим новшеством, как было потрясено новым изобретением, в корне изменившим его жизнь. Речь идет о телефоне.

Алло! Кто у телефона?

Я со своей стороны не видел сначала в телефоне ничего особенного, разве что новую разновидность телеграфа, посредством которого можно передавать известия с одной станции на другую...

Т. Эдисон

Все решили два часа

Человеческая речь — весьма сложный комплекс сигналов, по своей емкости превосходящий другие способы передачи информации.

Содержание нашей речи не исчерпывается составляющими ее словами и фразами. Она всегда окрашена живым человеческим теплом, настроением, эмоциями.

В середине прошлого столетия многие изобретатели делали попытки передать человеческую речь на расстояние с помощью электричества. Впервые термин «телефон» ввел в обиход немецкий изобретатель Филипп Рейс в 1861 г. «Мне удалось изобрести аппарат, при помощи которого можно было ясно и наглядно демонстрировать принцип действия уха и переносить с помощью гальванического тока любые тоны на любые расстояния. Свой аппарат я назвал «телефоном», — писал позднее Рейс.

Телефон Рейса восприняли как любопытную, но бесполезную техническую новинку. И хотя несколько аппаратов было продано, изобретение практического применения не нашло.

Прошло 15 лет, и американский преподаватель школы глухонемых Александр Грэхем Белл на всемирной выставке в Филадельфии продемонстрировал электрический телефонный аппарат, который достаточно точно воспроизводил звучание человеческого голоса. Патент был вручен ему 7 марта 1876 г. И бывает же так: Белл всего на два часа опередил известного американского изобретателя Элиша Грея. Грей опротестовал заявку

Белла в патентном бюро, заявляя, что он намерен изобрести телефон, основанный на тех же принципах, что и изобретение Белла. Но протест не был принят.

Два часа, а благодаря им весь мир знает имя Белла! Так же, как Грею, не повезло и другим изобретателям, пытавшимся ранее создать нечто похожее, а теперь уверявших, что они имеют такое же право на получение патента...

Александр Грэхем Белл родился в 1847 г. в Эдинбурге (Шотландия). Четырнадцатилетним юношей он попадает в Лондон к деду, основателю школы ораторского искусства. Здесь он увлекается музыкой, много читает и полон решимости посвятить себя ораторскому искусству.

В 23 года Белл становится ассистентом своего отца, в то время профессора риторики Лондонского университета. Здесь он усиленно занимается вопросами акустики человеческой речи. Напряженная работа подорвала силы молодого ученого, и весной 1870 г. он был вынужден переехать в Канаду. Сначала он поселился в Брантфорде около Торонто, а осенью 1871 г. переехал в Соединенные Штаты, в Бостон, где стал преподавать в школе для глухонемых.

Ознакомившись с одним из аппаратов Рейса, Белл занялся усовершенствованием метода одновременной посылки нескольких сигналов по одному проводу. Решение этой проблемы позволило бы значительно увеличить количество передаваемых телеграмм без прокладки дополнительных кабельных линий.

Белл приступил к работе над многоканальной системой, заручившись поддержкой виднейшего американского физика Д. Генри. Одних знаний по электричеству здесь было мало. Только специалист по акустике мог справиться с поставленной задачей. Прекрасно зная законы акустики и физики, Белл рассуждал так: если послать по проводу электрический ток, вибрирующий под действием какой-либо музыкальной ноты, на приемном устройстве вибрировать будет лишь тот камертон, который настроен на эту ноту. Значит, сигналы и других «электротонов», переданных одновременно по одному проводу, будут возбуждать в приемнике каждый отдельный камертон, настроенный на сигнал определенной частоты. А если расширить полосу частот, появится возможность передать на расстояние человеческую речь.

Белл с головой уходит в работу и вскоре создает первую модель телефонного аппарата. В телефоне Белла передатчик и приемник имели одинаковую конструкцию. В деревянную рукоятку был вставлен металлический стержень—сердечник магнита, на верхний конец которого насаживалась катушка из изолированной проволоки. Над сердечником магнита помещалась тоненькая упругая пластинка из мягкого железа (мембрана). Обмотка электромагнита-передатчика была соединена с электромагнитной системой приемного устройства. Во время передачи речи звуковые волны, созданные голосовыми связками человека, заставляли колебаться мембрану, которая то приближалась к магниту, то удалялась от него. Такие колебания мембраны изменяли магнитное поле, в результате чего в цепи возникал индуцированный электрический ток, который передавался на электромагнит приемного устройства. Там происходило обратное явление — ток намагничивал сердечник электромагнита, а он в такт с колебаниями мембраны передатчика то притягивал, то отпускал мембрану. Создаваемые при этом колебания воздуха выражались в звуках, которые воспринимались ухом человека.

Изобретение Белла было встречено без особого энтузиазма. Не поняли его практического значения ни промышленники, ни коммерсанты, ни представители органов государственного аппарата, ни даже изобретатели.

Достаточно сказать, что предложение Белла Британскому почтовому ведомству в 1877 г. о техническом использовании телефона было отклонено с резолюцией: «Возможность применения весьма ограничена».

Сам же изобретатель отлично понимал значение своего изобретения. Демонстрируя телефонный аппарат в Бостоне, Нью-Йорке и других городах, Белл неоднократно подчеркивал, что «обращение с ним не требует никакой квалификации, никакой технической подготовки». Телефонный аппарат был настолько прост, что едва ли какое-либо изобретение того времени могло конкурировать с ним. Может быть, именно это и явилось причиной того, что признания не пришлось ждать долго.

Не прошло и пяти лет, как телефон Белла получил самое широкое распространение. Количество телефонов, телефонных разговоров, протяженность телефонных линий росли из года в год. И все же первые телефонные аппараты были крайне несовершенны. Слабый индукти-

руемый ток передавался лишь на небольшие расстояния. Голос абонента был хриплый и невнятный.

Известный американский изобретатель Д. Юз первым предложил заменить малоэффективное электромагнитное устройство Белла угольным микрофоном. Между двумя колодками свободно вставлялся угольный стержень. Звуковые волны оказывали переменное давление на угольный стержень, плотность контакта его с колодками изменялась, вследствие чего изменялось сопротивление и сила тока, текущего через стержень, что в свою очередь вызывало колебания пропускаемого тока, соответствующие звуковым колебаниям.

Дальнейшие усовершенствования телефона были сделаны американским изобретателем Т. Эдисоном и русским ученым М. Махальским, предложившим вместо стержня использовать угольный порошок. При употреблении такого микрофона, отмечал Махальский, «людовой голос, как и вообще всякие звуки... воспроизводится с особенной силой и выразительностью».

В 1883 г. в Мюнхене состоялась выставка по электромеханике, где специальная комиссия обследовала работу телефонов. Вывод экспертов был неутешительным: «Телефон пригоден для передачи звуков на расстояние до 10 километров».

Такое решение комиссии побудило русского физика П. М. Голубицкого взяться за улучшение конструкции телефона. Через некоторое время Голубицкий создает принципиально новую телефонную трубку, превосходящую по своим качествам телефон Белла. Вместо прямолинейного магнита Голубицкий употребил многополюсный. Он же создал микрофонный капсюль, заполненный угольным порошком.

Все эти усовершенствования позволили увеличить громкость и четкость телефонной передачи. Резко возросла чувствительность телефона и, как следствие, прием стал возможным на расстояния в сотни километров.

В 1886 г. Голубицкий разрабатывает новую схему телефонной связи. Это так называемая система центральной батареи, которая получила распространение во всем мире. В этой системе микрофоны абонентских телефонных аппаратов получают питание от одной центральной батареи, расположенной на центральной телефонной станции. Внедрение ее дало возможность связать между собой десятки тысяч телефонных аппаратов.

Голубицкому принадлежит также проект использования телефонов для связи с поездами, остановившимися в пути. Вот как описывает первый опыт такой связи «Почтово-телеграфный журнал» за 1888 г.:

«Поездной аппарат был помещен в багажный вагон, а другие два аппарата установлены на станциях Петербург и Обухово. На половине пути поезд остановился. От аппарата, находившегося в вагоне, один из проводников соединили с землей, а другой, посредством особого стального крючка, был накинут на проволоку железнодорожного телеграфа. Вся эта операция потребовала менее пяти минут времени. При испытании обе станции ответили на вызов сейчас же. Затем посланы были две депеши, и ответ был слышен вполне ясно и отчетливо. Комиссия признала опыт вполне удавшимся...»

Многими изобретениями обогатил технику телефонии и другой русский изобретатель Е. И. Гвоздев. В 1887 г. он завершил разработку устройства для «одновременного пользования проволокой для токов гальванического (низшего) и индуктивного (высшего) напряжения». Проведенные позднее опыты телефонирования по телеграфной линии, соединявшей Москву и Петербург, показали, что «речь, обмениваемая между Петербургом и Москвой, была настолько внятной, что переговоры производились без особенных затруднений».

Через два года Е. И. Гвоздев сконструировал так называемый двойной микрофон, который получил широкое распространение на железнодорожном транспорте. Такие микрофоны позволяли держать надежную связь на расстояниях в сотни километров.

Телефонные станции

По мере того как города Америки и Европы насыщались телефонными линиями, возникла необходимость в создании телефонных станций. В 1878 г. в Нью-Хейвене (США) была открыта первая телефонная станция.

В России телефонные станции были построены в 1882—1883 гг. в Москве, Петербурге, Одессе. Кстати, в Москве первая телефонная станция была построена в 1882 г. и помещалась на Кузнецком мосту. В нее было включено всего лишь 26 телефонных аппаратов.

На первых телефонных станциях соединение произ-

водилось вручную. Здесь все зависело от телефонисток, которые должны были помнить не только номер и фамилию каждого абонента, но и адрес и место работы абонентов с одинаковой фамилией. Вполне естественно, что такая однообразная работа требовала огромного напряжения, и не случайно в США телефонистов называли «switchmen» — «человек-переключатель».

Мы не выйдем из рамок книги, если приведем короткую, но весьма поучительную инструкцию пользования первыми телефонными аппаратами.

Инструкция к пользованию телефонным аппаратом

Абонентам предоставляется возможность пользоваться услугами телефонной станции с 8 часов утра до 11 часов вечера.

При разговоре по телефону для лучшего понимания собеседника повышать голос не требуется, слова следует выговаривать отчетливо, не слишком замедляя темп речи.

В состоянии покоя (отсутствие связи) телефонная трубка должна висеть на крючке — только при этом условии может быть приведен в действие звонок.

В целях быстрого и надежного обслуживания телефонная станция рекомендует абоненту следовать приведенным ниже указаниям.

1. Абонент «А» желает разговаривать с абонентом «Б». С этой целью «А» прежде всего связывает телефонную станцию, для чего в течение 2—3 сек нажимает на кнопку, затем снимает трубку с крючка и прикладывает ее к уху. После ответа «Станция слушает, что угодно?» «А» просит соединить его с номером... (называет номер находящегося в списке абонента «Б»). Телефонная станция говорит либо «Вызываю» и предоставляет требуемое соединение, либо «Ваш абонент занят, когда он освободится, вам позвонят». В последнем случае «А» отвечает, что он понял телефониста и снова вешает трубку на крючок, где она висит до следующего звонка. Когда звонок зазвонит, трубка снимается, снова прикладывается к уху, и абонент уведомляет телефонную станцию о своей готовности словами «Вас слушает...» Телефонная станция сообщает: «Номер... свободен, вызывайте». «А» вызывает «Б» при помощи повторного нажатия кнопки, не отнимая при этом трубки от уха. После того как «А» услышит: «Б» слушает, кто говорит?», он начинает раз-

говор словами: «Говорит «А». Конец отдельных сообщений, фраз, вопросов и т. п. подчеркивается словами: «Пожалуйста, отвечайте» или «Я кончил».

Об окончании разговора «А» уведомляет станцию, нажимая в последний раз на кнопку.

II. *Вызывают абонента «Б».* После того, как зазвонит звонок, «Б» снимает телефонную трубку с крючка и, держа ее возле уха, говорит: «У телефона «Б», кто говорит?» После этого «А» называет себя (см. п. I) и начинает разговор».

Как видите, некоторые правила пользования телефонными аппаратами сохранились до наших дней. И хотя за прошедшие сто лет телефонисток поубавилось (на смену им пришли автоматические станции), кому не знаком властный, требовательный звонок, поступающий с телефонной станции? Это телефонистка посылает вам вызов, приглашая переговорить с другим городом.

Автоматические телефонные станции сумели заменить многие функции телефонисток. Абонент, подсоединенный к телефонной станции, в течение всего процесса коммутации не слышит человеческого голоса и не может прибегнуть к помощи телефонистки. Всю работу выполняют электромеханические приборы, и в первую очередь — реле.

Станция-автомат принимает вызов, из десятков тысяч абонентских точек выбирает только одну, нужную абоненту, точку, соединяет с линией вызывающего абонента, посылает вызов и производит разъединение.

Абоненту же достаточно только знать номер вызываемого корреспондента и вращением диска номеронабирателя набрать определенную последовательность цифр.

Как только мы поднимаем трубку телефонного аппарата, в ней слышится характерный гудок, который означает, что телефонная станция «знает», что нам требуется соединиться с каким-то абонентом.

На телефонной станции установлены шаговые искатели, работой которых управляют импульсы тока, поступающие в линию при наборе номера с телефонного аппарата. Шаговый искатель состоит из трех основных частей: контактного поля, вала, на котором укреплены контактные щетки, и механизма для передвижения щеток — электромагнита.

Получив сигнал ответа станции в виде гудка, мы вращением диска набираем номер вызываемого абo-

нента. Номеронабиратель устроен так, что при обратном вращении диска происходит прерывание электрической цепи столько раз, сколько единиц в набираемой цифре. Так, при наборе единицы цепь размыкается один раз, двойки — два раза, нуля — десять раз.

При наборе цифры ток поступает на обмотку электромагнита, который притягивает якорь с приходом каждого импульса. В результате вал с контактными щетками перемещается по контактному полю на столько шагов, сколько импульсов содержится в сигнале. Достигнув заданного положения, искатель останавливается. Остановка щеток замыкает электрическую цепь, подведенную к данному контакту. Так шаг за шагом осуществляется соединение с вызываемым абонентом, которого о вызове оповестит звонок аппарата.

В действительности процесс соединения на автоматических станциях гораздо сложнее, чем описано выше. В нем участвует не один, а целый ряд искателей. Самые современные из них (координатные и электронные) не только производят соединение с необходимым номером, но и находят наименее загруженные линии связи.

Что касается передачи человеческой речи на дальние расстояния, то она долгие годы ставила в тупик лучшие умы человечества. При телеграфной связи затухающие сигналы легко усиливаются с помощью реле. В телефонных линиях такого же эффекта добиться не удавалось. И только после изобретения усилительной электронной лампы стала возможной телефонная связь на большие расстояния. Но об этом пойдет речь в последующих разделах книги.

Родственники телефона

Прошел буквально год со времени изобретения телефона, как американский изобретатель Т. Эдисон сумел впервые продемонстрировать аппарат для записи и воспроизведения звуковых колебаний.

Сконструированный Эдисоном фонограф представлял собой прибор, состоявший из вращающегося цилиндра (барабана), покрытого оловянной фольгой. При вращении цилиндра игла, жестко связанная с мембраной рупора, вдавливалась в фольгу. В зависимости от силы звука, произносимого перед рупором, игла вдавливалась на различную глубину. Цилиндр можно было вращать с

помощью обычной ручки, и на поверхности оловянной фольги звук «чертил» бороздку переменной глубины.

Чтобы воспроизвести сделанную таким образом запись звука, иглу нужно было поставить на начало бороздки и привести цилиндр во вращение. Игла, скользя по бороздке, начинала колебаться в такт с записанными ранее звуками. Эти колебания передавались мембране, и в рупоре возникали записанные звуки.

Так был открыт путь человечеству в мир звукозаписи. И хотя пальма первенства здесь принадлежит Эдисону, его изобретение следует рассматривать как итог работ многих ученых, занимавшихся на протяжении многих лет решением проблемы сохранения, «консервации» звука.

Еще в 1579 г. итальянский ученый, энциклопедически по своим временам образованный и мастер на все руки, Дж. делла Порта делает смелый вывод, что «звук не исчезает бесследно, и его можно как-то сохранить». Вскоре им был предложен проект прокладки «говорящих труб» по всей стране. Однако он не был осуществлен. Тем не менее «трубчатый телефон» применяется в наши дни. Им пользуются для связи капитанского мостика корабля с машинным отделением. В некоторых учреждениях таким телефоном связаны отдельные помещения, расположенные на разных этажах.

Первое описание способа фиксации звуковых колебаний принадлежит английскому физику Томасу Юнгу (1807 г.), одному из создателей волновой теории света. Ему удалось зафиксировать след звуковых колебаний на закопченной бумаге.

Потребовался еще не один десяток лет, прежде чем удалось осуществить запись звуковых колебаний на вращающемся плоском диске — прототипе граммофонной пластинки. В 1888 г. немецкий инженер Эмиль Берлинер сконструировал фонограф, в котором применил вращающийся столик и плоский диск, покрытый воском.

Через несколько лет Берлинер продемонстрировал новый аппарат, названный им граммофоном. Основными его элементами были: мембрана, звукопровод в виде рупора и приводной пружинный механизм.

Начиная с XX века граммофоны полностью вытесняют фонографы различных конструкций. В России, например, уже в 1907 г. насчитывалось более полумиллиона граммофонов и около 5 млн. пластинок!

Декретом от 20 августа 1919 г., подписанным В. И. Лениным, все фабрики, производящие граммофоны и пластинки, а также магазины, торгующие ими, национализируются и передаются в ведение музыкального отдела Народного Комиссариата просвещения. Этим декретом было положено начало развитию советской граммофонной промышленности.

Первые шаги звукозаписи были трудными. Но, несмотря на невысокое качество воспроизведения, низкий частотный диапазон записи (150—4000 Гц), грамзапись сохранила для нас и для будущих поколений знаменательные события века.

В период с 1919 по 1921 гг. были записаны 16 выступлений В. И. Ленина, сделаны записи речей М. И. Калинина, А. В. Луначарского, Л. Б. Красина и многих других политических деятелей.

С развитием радиоэлектроники механический способ звукозаписи был заменен в 1925 г. электрическим. При этом способе звуковые колебания поступают в микрофон, который преобразует их в электрические колебания. Затем они усиливаются электронным усилителем до требуемой величины. Далее с помощью записывающего прибора — рекордера электрические колебания преобразовываются в механические колебания иглы. Основное преимущество электрического способа заключается в том, что он позволяет применять тончайшие иглы, проводить ими очень маленькие бороздки, использовать легкие звукосниматели.

На смену громоздкому граммофону пришел портативный патефон, который весьма долгое время (до 50-х гг.) оставался самым распространенным аппаратом для воспроизведения грамзаписей в быту.

В послевоенные годы началось производство электропроигрывателей и электрофонов, предназначенных для воспроизведения долгоиграющих пластинок. Кстати, первая отечественная долгоиграющая пластинка была выпущена в 1951 г. Она содержала запись сюиты № 1 П. И. Чайковского в исполнении симфонического оркестра под управлением А. Гаука.

Спустя 10 лет начался выпуск долгоиграющих стереофонических пластинок. Для их проигрывания потребовался более сложный и совершенный стереопроеигрыватель с соответствующей акустической системой.

Метод стереозаписи звука был запатентован английским ученым Бламлейном в 1931 г. и в настоящее время практически не претерпел существенных изменений.

Звук, подлежащий записи, разделяют на два сигнала, один из которых поступает в правый канал записывающего устройства, другой — в левый. Резец под действием этих двух сигналов совершает сложные движения, в результате чего на стереопластинке прочерчиваются левая и правая стороны звуковой дорожки. В стереопроигрывателе вместо резца используют специальную иглу, которая при воспроизведении звука в точности повторяет все движения резца. Далее колебания иглы преобразуются в два электрических сигнала, которые усиливаются отдельно двумя электронными усилителями и направляются к двум различным громкоговорителям. Пути, пройденные звуковыми сигналами, различны. Различно и время восприятия, а также громкость звука, пришедшего с правой или левой сторон. Это дает нам возможность не только определять направление на источник звука, но и различать звучание разных музыкальных инструментов.

В наши дни широкое распространение получил магнитный способ записи и воспроизведения звука. Идея способа заключается в создании переменного намагничивания стальной ленты или проволоки (в настоящее время чаще — магнитной пленки, покрытой тонким слоем ферромагнитной эмульсии) при ее продвижении вблизи от полюсов записывающей головки; для этой цели обмотка полюсов питается переменным током звуковой частоты. Во время записи магнитная лента проходит через полюсы записывающей головки. В соответствии с изменениями тока, поступающего от микрофона, в обмотке электромагнита этой головки меняется его магнитное поле, намагничивающее ленту. Последняя приобретает неодинаковое по длине остаточное намагничивание. При воспроизведении записи звука лента протягивается с той же скоростью через полюсы воспроизводящей головки и вследствие явления электромагнитной индукции возбуждает в обмотках этой головки переменные электродвижущие силы, которые после усиления подводятся к громкоговорителю.

Впервые идею магнитной записи звука высказал в 1898 г. датский физик В. Паульсен. Он же сконструировал аппарат, который назвал «телеграфоном». В нем,

в отличие от фонографа Эдисона, вместо оловянной бумаги была использована стальная проволока, намотанная на барабан с некоторым расстоянием между витками. Запись и воспроизведение звуковых колебаний осуществлялись аналогично описанному выше.

Телеграфон не получил широкого распространения. Катушки с проволокой были громоздки, проволока часто рвалась и путалась, качество записи было невысоким. Этим и объясняется тот факт, что магнитная запись звука долгие годы не могла конкурировать с механической, получившей уже достаточное распространение.

Как свидетельствуют патенты того времени, работы в области магнитной записи не прекращались. Более того, многие инженеры и изобретатели искали пути усовершенствования аппаратуры для нее. Достаточно вспомнить изобретение советского инженера И. И. Крейчмана, который предложил новый носитель магнитной записи, очень похожий на современную магнитную ленту. К сожалению, его изобретение не было практически реализовано.

Только в 1934 г. в Германии был разработан и изготовлен аппарат для магнитной записи звука. Он получил название «магнетофон», которое сохранилось до наших дней, правда в несколько измененном виде.

Начиная с 1937 г. магнитофоны внедряются в эксплуатацию и выходят на первый план среди звукозаписывающей аппаратуры. С тех пор магнитофоны резко изменили свой облик: стали компактными, легкими, надежными в работе. Заметно повысилось качество записи и воспроизведение звука.

У магнитной записи большой диапазон практического применения. Здесь и диктофоны, и телефонные ответчики, и различного рода автоматические информаторы, используемые в системе оргтехники.

Широкое применение нашла магнитная запись в вычислительной технике, системах управления. Стала реальностью магнитная запись изображений с помощью видеоманитофонов. Пройдет немного времени, и мы станем свидетелями появления домашних видеотек. Телезритель получит возможность еще раз просмотреть понравившиеся ему фильмы или передачи в любое время.

И хотя перед сложившейся индустрией магнитной записи стоит немало сложных проблем, она, как и любая

отрасль науки и техники, не стоит на месте, а постоянно движется вперед, находя все новые и новые области применения.

Тысяча разговоров по одной линии

Во все концы нашей страны, от одного города к другому тянутся линии проводов. По ним бегут электрические токи телефонных разговоров, передаются телеграммы; провода пронизывают, подобно нервам в организме, буквально все сферы жизни современного государства.

Применяемые издавна воздушные проводные линии связи имеют много недостатков, основные из которых следующие: слышимость соседних разговоров; большое затухание; зависимость электрических параметров линии от метеорологических условий; возможность быстрого разрушения при стихийных бедствиях (урагане, наводнении и т. п.).

Замена воздушных проводов кабелями существенно улучшила качество и надежность передачи электрических сигналов на расстояние. Кабели напоминают длинные трубы, по которым идут тесно скрученные пучки проводов, защищенных изоляцией и свинцовой или пластмассовой оболочками. Прокладка их ведется в специальной канализации, в грунте или подвешиванием на опорах.

По конструкции рабочей цепи кабели делятся на симметричные и коаксиальные. По симметричному кабелю возможна передача телефонных разговоров, телеграмм, радиовещательных программ. Однако их обычно не применяют при волнах короче нескольких метров. Дело в том, что с укорочением длины волны внутренние проводники кабеля приходится сближать друг с другом, добиваясь этим уменьшения потерь на излучение. А это в свою очередь ведет к увеличению опасности электрического пробоя, особенно при передаче большой мощности.

С появлением многоканальной связи и телевидения был разработан и внедрен в технику связи коаксиальный кабель. Он состоит из центрального проводника и концентрически расположенного внешнего проводника. Между внешним и внутренним проводниками расположена полиэтиленовая изоляция. Один коаксиальный ка-

бель способен заменить несколько десятков и даже сотен симметричных пар.

Территория нашей страны так велика, что практически невозможно связать многими проводами и кабелями даже крупные населенные пункты. В целях успешного решения вопросов, связанных с управлением страны, разработана общесоюзная система ЕАСС — Единая автоматизированная система связи. В ее основу положен радиально-узловой принцип, при котором вся территория Союза разделена на зоны. В центре каждой из них размещается главный узел. Все главные узлы соединены между собой. На территории каждой зоны, в центрах областей (краев) расположены областные (краевые) узлы. Они имеют непосредственную связь со своим узлом и главными узлами других зон.

Для передачи всей информации по разветвленным сетям ЕАСС потребовалось бы создание огромного количества дорогостоящих линий связи. Если учесть, что для разговора между двумя абонентами нужно как минимум две пары проводов (одна — в прямом, другая — в обратном направлениях), нетрудно прикинуть, насколько экономически невыгодно увеличивать число каналов, не говоря уже о чисто технических, точнее, электротехнических трудностях.

А нельзя ли по одним и тем же проводам вместо одного разговора передавать несколько?

На первый взгляд кажется, что это невозможно. Когда собирается толпа и все начинают говорить одновременно, нельзя ничего понять. Звуки перемешиваются, возникает звуковой хаос. Такую же неразбериху услышит и абонент, если в его телефон попадут разговорные токи посторонних абонентов.

Проблема одновременного использования линий связи для ведения нескольких разговоров по одной паре проводов не нова. Еще в конце прошлого века профессором Г. И. Морозовым был предложен метод передачи сигналов токами различных частот. Немного позднее русские изобретатели Е. И. Гвоздев и П. М. Голубицкий предложили схему одновременной телефонной и телеграфной передачи методом частотного уплотнения.

При этом методе сигналы звуковой частоты каждого канала с помощью преобразователей частоты, установленных в передатчике, переносятся в область высоких частот. Предположим, что на вход каждого канала по-

дается одна и та же полоса частот 300—3400 Гц, при этом несущая частота первого разговора 10 тыс. Гц. На нее накладывают звуковую частоту, вследствие чего диапазон частот, подлежащий передаче, достигает 10 3000—13 400 Гц. Во втором канале такую же полосу 300—3400 Гц преобразуют в полосу, скажем, 14 300—17 400 Гц и т. д. в зависимости от того, сколько каналов имеется в оборудовании аппаратуры уплотнения.

После уплотнения такой групповой сигнал подается прямо в линию (кабель). Стесненные в одной паре проводов разговоры полностью перемешиваются, так что различить их или «подслушать» невозможно. Лишь по прибытии на приемную станцию несущие частоты разделяются электрическими фильтрами, каждый из которых пропускает токи только определенной частоты и задерживает остальные, а затем передаются на соответствующие абонентские точки.

Несмотря на сложности электрических преобразований, передача человеческой речи не замедляется. Абоненты ведут разговор, даже не подозревая, какой сложный путь пришлось пройти каждому произнесенному слову.

Для работы с помощью симметричного кабеля в настоящее время используется типовая аппаратура, позволяющая размещать до 60 стандартных каналов тональной (речевой) частоты. В дальнейшем будет введена многоканальная система, которая обеспечит передачу 120 телефонных разговоров при ширине полосы частот до 552 кГц.

Коаксиальные кабели используются в системах с еще большим числом каналов. Так, современная система связи К-1920 позволяет получить по двум коаксиальным парам 1920 телефонных каналов или один телевизионный и 300 телефонных каналов.

Мы видим, что ширина полосы, т. е. область частот, занимаемая сигналом, является очень важной характеристикой. Она определяет собой число телефонных каналов, по которым осуществляется передача необходимой информации.

Телефон связывает континенты

В радиосвязи на больших расстояниях, как мы расскажем позднее, даже при самых благоприятных атмосферных условиях нельзя достигнуть полной непрерывности и абсолютной надежности. Радиосвязь подвержена влияниям и погоды, и атмосферного давления, и времени суток, и времени года. А грозы, а магнитные бури? Достаточно вспомнить, что еще в начале 30-х гг. в бассейне Атлантического океана в течение трех лет бушевали магнитные бури. Понятно, что в таких условиях, во избежание всяких случайностей, пришлось не ограничиваться использованием радиолиний, а проложить телефонные кабели между Европой и Американским континентом.

Может показаться, что прокладка телефонного кабеля через океан не представляет серьезных трудностей: ведь с момента осуществления трансатлантической телеграфной связи прошло около ста лет. Срок не малый для накопления необходимого опыта и выявления основных недостатков. Однако передача телефонного разговора на большие расстояния не идет ни в какое сравнение с телеграфной передачей по нескольким причинам.

Во-первых, затухание сигнала при передаче телефонного разговора несоизмеримо больше, чем в случае передачи телеграфной азбуки. Объяснение следует искать в используемой частоте передачи: чем выше частота, тем больше потери. Можно, конечно, увеличить энергию передаваемого сигнала. Но для этого, как показывают примерные расчеты, потребуется источник тока силой в миллион ампер! Только тогда на другой конец океана поступит ток достаточной силы, способный привести в действие телефонный аппарат. Ясно, что такой вариант технически невозможен.

Во-вторых, подводный кабель должен противостоять огромному давлению воды, которое по мере увеличения глубины растет и на 5-километровой глубине достигает 500 кг/см².

В-третьих, для обеспечения надежной связи необходимо через определенные расстояния встраивать в кабель подводные усилители. В условиях земной поверхности это не составляет особого труда. Это несложно и на небольших глубинах, где можно встроить усилитель в жесткую, водонепроницаемую оболочку. В условиях же

больших глубин конструкция усилителей должна быть гибкой и мало отличаться по форме от кабеля. Только в этом случае можно избежать опасности закручивания кабеля при прокладке его с идущего судна.

В-четвертых, подводные усилители должны быть абсолютно надежны. Если выйдет из строя хотя бы один усилитель, вся система придет в негодность. Вот почему электронный усилитель представляет собой одно из наиболее совершенных устройств, когда-либо созданных человеком.

В конечном счете все трудности были преодолены и первый трансатлантический кабель ТАТ-1 был введен в строй в 1956 г. Он соединил Шотландию и Канаду телефонной кабельной связью на расстоянии 4200 км. Вдоль всего подводного участка кабеля в него встроены подводные усилители, каждый из которых усиливает поступивший сигнал в миллион раз.

За первой линией ТАТ-1 последовала через 3 года вторая трансатлантическая телефонная линия ТАТ-2, которая связала Ньюфаундленд с побережьем Франции.

Каждый из двух упомянутых кабелей ТАТ-1 и ТАТ-2 осуществляет одновременную передачу 36 телефонных разговоров. В дальнейшем удалось увеличить количество телефонных разговоров, передаваемых по кабелю, за счет использования речевых пауз. Как показала статистика, время использования канала для переговоров занимает всего лишь 40%. Остальное время приходится на паузы. Для увеличения загрузки кабелей было разработано специальное оборудование, известное под названием ТАСИ. Оно позволило вести по кабелям дополнительно 36 телефонных разговоров.

В настоящее время в различных морях и океанах проложено около 100 000 км подводных телефонных кабелей. Они связали Канаду и Австралию, Англию и США. Последнюю линию длиной в 6670 км обслуживают 182 усилителя двустороннего действия. Напряжение питания с каждого конца линии +5500 В и —5500 В.

Построена телефонная линия между Москвой и Вашингтоном. Телефонный кабель проложен через страны Западной Европы, затем по дну Атлантического океана в Нью-Йорк и далее по территории США в Вашингтон.

А нельзя ли по трансатлантическому кабелю транслировать телевизионные передачи? К сожалению, по

подводному кабелю такие передачи еще не ведутся, так как для четкой передачи телевизионного изображения требуется частотный диапазон примерно в 2000 раз больше, нежели при передаче телефонного разговора. И все же, как полагают специалисты, при расширении спектра частот за счет увеличения числа подводных усилителей (примерно в 2 раза) передача сигналов телевидения может быть осуществлена. А пока межконтинентальные сеансы телевидения обеспечивают искусственные спутники Земли.

Телефон сегодня и завтра

Телефон — сравнительно молодое изобретение. Лишь в начале нашего века он стал быстро распространяться по свету. Как мы уже знаем, телефонисток довольно быстро заменили автоматические телефонные станции. А вот смена поколений АТС идет куда медленнее — слишком велика ценность, именуемая телефонной сетью, слишком дорого она стоит. Не случайно современные АТС почти на 90% состоят из элементов, принципиально мало отличающихся от применявшихся 50—60 лет назад.

Тем не менее новая техника постепенно вытесняет старые элементы. Электромеханические устройства заменяются электронными лампами и полупроводниковыми приборами. Все большее значение приобретает микроэлектроника, оптоэлектроника и квантовая электроника.

С помощью средств вычислительной техники прокладываются маршруты нужных соединений, осуществляется счет и запоминание наборных импульсов, посылаемых абонентам. На большинстве крупных междугородных телефонных станций вычислительные машины берут на себя нагрузку по расчетам с абонентами, дают справки о погоде, репертуаре театров и кино, программе радио и телевидения и т. п.

Что же касается внешней формы телефонных аппаратов, то за прошедшие сто лет она претерпела много изменений. Непрерывная модернизация внешнего вида была вызвана как персональными вкусами и требованиями заказчиков, так и возникающими новыми техническими идеями.

На смену телефону с номеронабирателем приходят

аппараты с кнопчным набором. Последний примерно в 3 раза сокращает время набора, ускоряет процесс соединения. Кнопки соответствуют десяти цифрам — от единицы до нуля. На станции из принятых сигналов различных частот выделяются сигналы, соответствующие набранным значениям цифр.

Если вызываемый номер занят, огорчаться не следует. Созданы телефоны, снабженные специальным запоминающим устройством, оно будет следить за занятым номером, пока он не освободится.

Как показала практика, около 90% телефонных переговоров абонента ограничивается сравнительно узким кругом лиц, обычно не превышающим десяти. Учитывая этот фактор, специалисты предложили так называемую систему сокращенного набора.

Чем же предложенная система отличается от старой? Не будем вдаваться в технические подробности, взглянем на дело с точки зрения абонента. Ведь так или иначе, все делается для его удобств.

Итак, в телефонный аппарат с кнопчным набором добавляется одиннадцатая кнопка. Именно с нее и начинается сокращенный набор. Затем нажимается одна из кнопок, соответствующая цифрам от 1 до 0. Этот сигнал поступает на специальные регистры, которые производят опознание вызываемого абонента и извлекают из накопительного устройства полный номер для соединения. Далее АТС автоматически осуществляют соединение в обычном порядке. Предложенная система сокращенного набора экономит уйму времени, особенно в загруженных телефонных сетях.

Часто можно слышать вопрос: скоро ли в наших квартирах появится видеотелефон? По прогнозам специалистов, число аппаратов, осуществляющих видеосвязь, к 2000 г. не будет превышать 1—2% от общего числа телефонов. Это не так уж много. Почему же специалисты столь осторожны в своих прогнозах? На это есть несколько причин.

Какую дополнительную информацию, помимо слов, способен дать видеотелефон? Некоторые скажут, что им просто хотелось бы увидеть человека, с которым они разговаривают. Такой аргумент становится понятным для людей, разделенных огромным расстоянием. Но в этом случае совсем не обязательно иметь в каждой квартире

видеотелефон. Достаточно пройти в ближайший переговорный пункт.

Совсем другие перспективы сулит использование видеотелефона для специальных целей, когда возникает необходимость в наблюдении за ходом эксперимента, в передаче различного рода информации, требующей обязательного показа изображения. Такая видеосвязь, там, где она необходима, вскоре начнет активно внедряться.

Наконец, мы ничего не сказали о чисто технических трудностях. Ширина полосы частот для видеотелефона примерно в 1000 раз больше, чем для обычного телефона. Это означает, что по видеотелефону вы не сможете связаться со всеми абонентами, с которыми без труда имели связь по телефону. Для решения такой задачи потребуются широкополосные и дорогостоящие каналы связи, более совершенные, чем те, что действуют сегодня.

Гораздо больше возможностей таит в себе решение проблемы радиотелефона (подробнее об этом мы расскажем в следующих главах). Ему не нужны провода. Компактный, умещающийся в кармане пиджака, он позволит связаться с абонентом в любом месте и в любое время. Не надо бежать и искать телефонный аппарат, не надо метаться среди прохожих в поисках двухкопеечной монетки.

Системы такого рода несомненно имеют большие перспективы. В Японии уже сейчас широко развита система персонального телефонного радиовызова — «карманный звонок», которая действует в пределах какого-то определенного района или города.

Это устройство представляет собой карманный радиоприемник, настроенный на определенный кодированный номер. В него встроен аккумулятор, обеспечивающий питание в течение 140 ч. Получив вызов, абонент спешит к телефонному аппарату, набирает определенный номер и получает ту необходимую информацию, которую ему хотели сообщить. Созданы радиотелефоны, хранящие в своей памяти до 10 наиболее часто используемых телефонных номеров.

В будущем аккумуляторы, питающие радиотелефоны, заменит энергия электромагнитного поля работающих радиотелефонных станций. Работу такого радиотелефона можно представить следующим образом. Энергия

электромагнитного поля, попадающая в антенну, разделяется с помощью электрических фильтров по двум каналам: каналу электропитания и радиоканалу. По каналу электропитания электромагнитная энергия направляется в выпрямитель, где происходит ее преобразование в постоянный ток, который далее подается для питания цепей радиотелефона. По радиоканалу сигналы попадают в детекторный каскад, затем в усилитель низкой частоты и наконец в громкоговоритель.

Можно не сомневаться, что в недалеком будущем все желающие будут иметь в кармане миниатюрное устройство, которое поможет нам разыскивать друг друга, где бы мы ни находились.

С помощью радиоволн

Радио по своему охвату, по своей массовости является, пожалуй, самым сильным средством пропаганды и агитации.

М. И. Калинин

У истоков радио

К середине прошлого столетия электричество приобрело широкую известность. Оно расширило возможности человека, дало ему новые знания о природе, об окружающем мире. Однако в обычной, повседневной жизни — дома, на улице, на производстве люди столкнулись с ним только тогда, когда были построены первые электрические двигатели, когда в нашу жизнь ворвался электрический свет, появились средства связи — телеграф и телефон.

Этот этап стал в сущности вторым открытием электричества. Он принес человеку новые знания, последовательно и методично подготовил его к решению новых технических задач.

К тому моменту, когда возникла необходимость обобщить все, что было известно об электричестве и магнетизме, наука знала способы превращения энергии магнитного поля в электрический ток, и наоборот. Однако ощущалась настоятельная потребность в создании единой теории, которая позволила бы предсказывать развитие электрических и магнитных явлений во времени и пространстве в самом общем случае, при любых конкретных условиях. Задачу создания единой теории ставит перед собой молодой бакалавр Кембриджского университета Джеймс Клерк Максвелл.

Максвелл родился 13 июня 1831 г. в Эдинбурге. С детства мальчик проявлял настойчивость и интерес к выявлению характерных особенностей какого-либо уст-

ройства, явлений окружающей природы. Едва Джеймсу исполнилось 14 лет, им была написана первая научная работа — статья об овальных кривых, опубликованная в «Трудах Эдинбургского королевского общества». В 18 лет Максвелл — уже вполне сложившийся ученый. Его блестящие выводы, облаченные в безукоризненно четкую математическую форму, поражали всех.

Тематическая широта и разносторонность работ Максвелла заставляют восхищаться и нас. Прожив всего 48 лет, он выполнил первоклассные работы по динамике, астрофизике, проблеме цветового зрения, термодинамике, кинетической теории газов и др.

Но больше всего прославили Максвелла его работы по электромагнетизму. Он доказал, что любой проводник с переменным током должен излучать в пространство электромагнитные волны, которые распространяются в виде поперечных волн. Эти волны представляют собой совокупность электрических и магнитных полей, взаимосвязанных и взаимообусловленных. Можно отделить поле от провода, но нельзя отделить электрическое поле от магнитного — они неразрывно связаны в единой электромагнитной волне, обладающей энергией.

Скорость распространения таких волн не беспредельна, а конечна и зависит от условий среды, в которой они распространяются. Максвелл рассчитывает эту скорость и получает величину 300 тыс. км/с. Но с такой же скоростью распространяется и свет. Обдумывая это совпадение, Максвелл делает блестящее заключение: «Мы едва ли можем отказаться от вывода, что свет состоит из поперечных колебаний той же самой среды, которая является причиной электрических и магнитных явлений».

Так в результате исследований электричества и магнетизма обнаружилось неожиданное родство. Волны света имеют ту же природу, что и электромагнитные волны. Единственная разница между ними заключается в длине волны. Длина электромагнитных волн лежит в пределах от нескольких километров до долей миллиметра. Длина же световых волн, которые способен различать человеческий глаз, лежит в пределах приблизительно от 400 миллионных до 800 миллионных долей миллиметра.

Свои выводы Максвелл сформулировал в виде нескольких уравнений, описывающих все многообразие

электрических и магнитных полей. Эти уравнения в их окончательном виде и по сей день остаются краеугольным камнем физики.

Однако современники Максвелла встретили его теорию с большим недоверием. Их пугало «косноязычие» Максвелла и сложность изложения материала. Необходимо было экспериментально доказать справедливость его воззрений. Эту задачу ставит перед собой немецкий физик Генрих Герц.

После долгих и настойчивых поисков был создан знаменитый вибратор Герца — генератор, излучающий в пространство электромагнитные волны.

Результаты работ Герца имели громадное значение. Для физиков это прежде всего означало полный триумф теории электромагнитного поля Максвелла.

Спустя несколько лет русский физик П. Н. Лебедев доказал, что электромагнитное поле, помимо энергии, обладает и импульсом. Если вспомнить, что еще в 1881 г. Д. Томсон ввел понятие о массе электрического поля, то налицо все главные характеристики поля: масса, импульс, энергия.

Как и следовало ожидать, вслед за опытами Герца многие ученые и изобретатели стали выдвигать идеи о практическом использовании электромагнитных волн в осуществление связи без проводов. Вот некоторые из них:

Т. Эдисон в мае 1885 г. подал заявку на патент «Передача без проводов азбуки Морзе». В ней, в частности, говорилось: «Корабли на океане могут сообщаться между собой и сушей — на вершине мачт будут устанавливаться металлические щиты, которые путем индукции вызывают электрические вибрации или электрические волны (подобные световым), действующие на электрический прибор на отдаленном судне, имеющем подобный же приемный металлический щит».

Английский физик В. Крукс писал в 1892 г.: «Здесь раскрывается поразительная возможность телеграфирования без проводов, телеграфных столбов, кабелей и всяких других дорогостоящих современных приспособлений».

Известный изобретатель серб Н. Тесла в докладе, прочитанном в 1893 г. в Национальной ассоциации электрического света в Сан-Луи, говорил: «Мысль о передаче без проводов является естественным следствием са-

мых последних результатов, полученных из исследований в области электричества».

Эти высказывания не случайны. В конце XIX века наша Земля была опоясана паутиной проводов и кабелей, соединявших города и континенты. Но жизнь требовала новых открытий, и в первую очередь связь нужна была там, где нельзя протянуть провода. В беспроводной связи остро нуждались мореплаватели и военные флоты. Кроме того, в памяти еще были живы огромные трудности и затраты, связанные с прокладкой первых трансатлантических кабелей.

Решение назревшей задачи уже витало в воздухе. Для этого имелись все предпосылки. Ко времени изобретения радиосвязи подавляющее большинство элементов и устройств, впоследствии вошедших в систему связи без проводов, осуществляемую с помощью электромагнитных волн, порознь были известны. Однако для открытия радио этого было недостаточно. Необходимо было сделать главное: обобщить накопленный опыт, собрать воедино составные элементы и, наконец, создать ряд новых деталей, без которых радиосвязь немыслима. Это сделал наш выдающийся соотечественник А. С. Попов.

Рождение радиосвязи

Александр Степанович Попов родился 16 марта 1859 г. на Урале в селении Турьинские рудники (ныне город Краснотурьинск) в семье священника. Среднее образование он получил сначала в духовном училище, а затем в Пермской духовной семинарии.

Осенью 1877 г. юноша поступает на математическое отделение физико-математического факультета Петербургского университета. Будучи студентом, Попов серьезно занимается электротехникой и в 1881 г. вступает в только что организованное общество «Электротехник». Он посещает заседания электротехнического отдела Русского технического общества, знакомится с работами Яблочкова, Лодыгина, Теслы.

После окончания университета (1882 г.) Попов с блеском защищает кандидатскую диссертацию на тему «О принципах магнито- и динамоэлектрических машин постоянного тока». Молодого ученого оставляют в уни-

верситете «для подготовки к профессорскому званию». Но А. С. Попова привлекала не только научная работа, ему хотелось заняться решением инженерных задач в области практических применений электричества. Вскоре такая возможность представилась, и с 1883 г. А. С. Попов — преподаватель Минного офицерского класса и Минной школы в Кронштадте. Надо сказать, что физический кабинет школы, самым тесным образом связанной с морем, по праву считался одним из лучших в России.

Несмотря на быстрое развитие военно-морского флота как по количеству вновь построенных кораблей, так и по тоннажу, связь кораблей между собой и с берегом оставалась на сравнительно низком уровне. Требовалась коренная перестройка средств связи. Начав исследования в этой области, Попов уже к весне 1890 г. располагал приборами для демонстрации опытов Герца, которые с большим успехом демонстрировал на лекциях.

Вскоре Попов прочел для офицеров Минных классов лекцию «Новейшие исследования о соотношении между световыми и электрическими явлениями». В ней он, в частности, указывал: «Если бы изобрести такой прибор, который заменил бы нам электромагнитное чувство, то его можно было бы применять к передаче сигналов на расстоянии».

Мысли, высказанные Поповым на лекции, свидетельствуют о том, что он не только правильно оценил значение недавно открытых электромагнитных волн, но и серьезно размышлял над практическим применением их для передачи сигналов без проводов.

Построенный Герцем резонатор — приемник электромагнитных волн не удовлетворял Попова. Он решил создать более чувствительный прибор, который бы улавливал ослабленные расстоянием волны. Для этой цели он использовал трубку Бранли — когерер, что означает волнообнаружитель. Этот индикатор представлял собой стеклянную трубку с двумя противоположно размещенными электродами, между которыми находились металлические опилки. При воздействии электромагнитного поля проводимость индикатора резко возрастала и сигнальное приспособление (лампочка, звонок и др.) регистрировало появление невидимых волн. Однако этот прибор обладал одним отрицательным свойством: после воздействия электромагнитной волны сопротивление

опилок не восстанавливалось само собой. Для этого трубку с опилками приходилось всякий раз встряхивать.

Стремление Попова добиться того, чтобы связь между опилками, вызванная действием электромагнитных волн, разрушалась автоматически, прямо свидетельствует о решении им задачи радиосвязи. Совершенно ясно, что когерер должен был реагировать как на одиночные («точка»), так и на непрерывные («тире») сигналы, поступающие с передающего устройства. С этой целью Попов применил механизм электрического звонка с молоточком для автоматического встряхивания когерера и электромагнитное реле для приведения в действие звонка. Так родилась первая схема приемника. Что касается передатчика, он уже существовал — источником колебаний служил вибратор Герца.

Но передатчика и приемника было недостаточно для осуществления связи на большие расстояния. Нужно было иметь еще излучающие и принимающие электромагнитную энергию устройства — антенны. Поиски наибольшей дальности приема привели к первой антенне: квадратные листы 40 см в стороне на передатчике и вертикальный медный стержень длиной 2,5 м на приемнике.

Датой изобретения радио принято считать 7 мая 1895 г. В этот день А. С. Попов выступил с публичным докладом, продемонстрировав на заседании Русского физико-химического общества «прибор, отвечающий на электрические колебания обыкновенным электрическим звонком и чувствительный к герцовским волнам на открытом воздухе на расстоянии до 30 сажен». Первое печатное сообщение об опытах А. С. Попова мы находим в газете «Кронштадский вестник» от 12 мая 1895 г. Здесь, в частности, говорится: «Поводом ко всем этим опытам служит теоретическая возможность сигнализации на расстояние без проводов, наподобие оптического телеграфа, но при помощи электрических лучей».

Как бы ставя перед собой задачу на будущее, А. С. Попов закончил свое выступление словами: «В заключение могу выразить надежду, что мой прибор, при дальнейшем усовершенствовании его, может быть применен к передаче сигналов на расстояние при помощи быстрых электрических колебаний, как только будет найден источник таких колебаний, обладающих достаточной энергией».

Эти слова оказались пророческими. В марте 1896 г,

Попов осуществил передачу и прием сигналов на расстоянии 250 м.

Он хотел опубликовать свое изобретение, но Морское ведомство запретило широкую публикацию. Командование понимало, что это открытие может иметь огромное значение для установления связи между военными кораблями. Попову пришлось подчиниться. Но как он огорчился, когда через несколько месяцев в газетах всего мира появились сообщения об «изобретателе беспроводного телеграфа» Гульельмо Маркони!

Позднее специальные комиссии, Международный электротехнический конгресс, состоявшийся в Париже в 1900 г., единогласно признали приоритет Попова в создании радио.

Первоначально приборы были опробованы во дворе Минной школы, а затем перенесены на Кронштадский рейд. Первые практические опыты на море по передаче сигналов без проводов начались весной 1897 г. Приборы А. С. Попова были установлены на крейсерах «Россия» и «Африка». Была достигнута дальность передачи до 5 км.

В 1900 г. во время работ по снятию с камней потерпевшего аварию броненосца «Генерал-адмирал Апраксин» была установлена радиосвязь в Балтийском море на расстоянии 47 км между островом Гогланд и окрестностями города Котки в Финляндии. Известный русский флотоводец адмирал Макаров по этому случаю прислал Попову специальную телеграмму: «От имени всех кронштадских моряков сердечно приветствую Вас с блестящим успехом Вашего изобретения. Открытие беспроводного телеграфного сообщения от Кутсала до Гогланда на расстоянии 43 верст есть крупнейшая научная победа».

А еще через несколько лет появились первые радиостанции, связавшие столицу с отдаленными провинциями. Так радио стало получать признание, постепенно входить в жизнь миллионов людей.

Газета без бумаги и без расстояний

Много интересных страниц в истории радио связано с первыми годами Советской власти. Декретом от 19 июля 1918 г. «О централизации радиотехнического дела», под-

писанным В. И. Лениным, все мощные радиостанции передавались в ведение Народного Комиссариата почт и телеграфов.

Декретом от 2 декабря 1918 г. была создана радиолaborатория в Нижнем Новгороде. Перед ней ставились задачи производства изысканий в области радиотелеграфии и радиотелефонии, разработки радиопередатчиков дальнего действия, разработки и производства радиотехнических приборов.

В. И. Ленин проявлял большой интерес к развитию радиосвязи и постоянно следил за работами, проводимыми Нижегородской лабораторией. В феврале 1920 г. В. И. Ленин писал М. А. Бонч-Бруевичу, в то время директору этой лаборатории:

«Михаил Александрович!

...Пользуюсь случаем, чтобы выразить Вам глубокую благодарность и сочувствие по поводу большой работы радиоизобретений, которую Вы делаете. Газета без бумаги и «без расстояний», которую Вы создаете, будет великим делом. Всяческое и всемерное содействие обещаю Вам оказывать этой и подобным работам.

С лучшими пожеланиями

*В. Ульянов (Ленин)» **

Осенью 1920 г. Нижегородская лаборатория осуществила связь Москвы с Берлином. До этого времени радиопередачи на большие расстояния велись только с помощью телеграфного ключа. Передача человеческой речи из Москвы в Берлин была первой радиотелефонной передачей. И это в условиях блокады, без всякой информации о состоянии науки и радиотехники за границей.

Немцы со своей радиотелефонной станции ответить Москве не сумели. Директор фирмы «Телефункен» сказал, что у них что-то испортилось, обещал быстро устранить неисправность и ответить Москве недели через две. Однако в 1920 г. обещанная передача из Берлина так и не состоялась.

Годом позднее на площадях Москвы были установлены «громкоговорящие телефоны» для передачи по-

* В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 51, с. 130.

следних известий. «Устная газета» привлекла внимание множества слушателей.

Идея создания «устной газеты» принадлежит известному венгерскому изобретателю Тивадару Пушкашу. В 1893 г. в одном из журналов была опубликована его статья под названием «Организация и оборудование телефонной газеты». В ней подробно рассматриваются вопросы, связанные с оборудованием и устройством телефонной газеты. Говоря о ее назначении, Пушкаш, в частности, писал: «Мое изобретение, телефонная газета, удовлетворяет потребность публики как можно скорее узнавать о происходящих в мире событиях. Телефонная газета отличается от обычных газет главным образом тем, что ее не печатают и ее нельзя читать; она сама говорит и посредством телефона доставляет свои материалы, известия и прочие сообщения непосредственно к ушам слушателей».

Абоненты городской телефонной станции могли слушать передачи, транслирующиеся по телефонным проводам, прямо в квартире. Для этого надо было только подключить к розетке наушники. При пользовании телефоном для переговоров передача телефонного вещания прекращалась.

В 1930 г. линии абонентов телефонной станции, желавших слушать радиопередачу по проводам, были переключены на отдельную радиотрансляционную сеть. Радиотрансляция — это односторонняя передача по проводам широкопередательных программ, причем мощность радиостанции такова, что позволяет осуществить громкоговорящий прием. На самом радиотрансляционном узле либо ведется местная передача с микрофона, звукоснимателя или магнитофона, либо принимается на радиоприемник программа какой-либо радиовещательной станции.

Передача радиопрограмм обычно осуществляется двумя способами. При первом способе передача весь путь от студии до абонента ведется по проводам; при втором — передача от радиостанции до радиотрансляционного узла проходит по эфиру, а от узла до абонента — по проводам.

В 1921 г. в Москве началось строительство Центральной радиотелефонной станции. В столице строились здания и мачты, в Нижнем Новгороде — радиопередающая

аппаратура. В середине 1922 г. монтаж радиостанции, самой мощной в Европе, был закончен.

В «Известиях» от 15 сентября 1922 г. можно было прочесть следующее сообщение:

«Центральная радиотелефонная станция послала следующую телеграмму:

Всем, всем, всем!

Настройтесь на волну 3000 м и слушайте!

В воскресенье 17 сентября в 3 часа по декретному времени на Центральной радиотелефонной станции Наркомпочтеля состоится первый радиоконцерт.

В программе — русская музыка...»

Радиоконцерт прошел с огромным успехом, его слушали во многих городах нашей страны. Так вступила в строй Московская радиотелефонная станция, получившая впоследствии наименование Радиостанции имени Коминтерна.

В дальнейшем усилиями советских ученых были проведены фундаментальные исследования в области радиотехники. Работы Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси, машины высокой частоты В. П. Вологодина, исследования по теории антенн и передающих устройств М. В. Шулейкина, работы Б. А. Введенского по теории распространения ультракоротких волн, исследования академиков А. И. Берга и А. Л. Минца и другие работы советских ученых имели исключительное значение для развития радиоэлектроники, методы и средства которой стали основным носителем прогресса в области проводной и беспроводной связи.

На смену искре

Первые радиостанции были крайне несовершенны. Один из главных их недостатков — низкая чувствительность к электромагнитным волнам. Искра проскакивала мгновенно, и из энергии, излучаемой передатчиком, до приемника доходило так мало мощности, что с трудом удавалось разобрать передаваемые сообщения. Да и что можно было передать с помощью искровых радиостанций? Только телеграфную азбуку. Передавать же человеческую речь гораздо сложнее. В этих условиях необходимо было создать более чувствительные приборы,

способные передавать, принимать, а главное, усиливать сложнейшие колебания человеческого голоса.

В конце прошлого века известный американский изобретатель Т. Эдисон обратил внимание на интересное явление, которое и вошло в историю техники под названием «Эффект Эдисона». Он обнаружил, что если в откачанный баллон обычной лампочки поместить два проводника и один из них раскалить, а ко второму приложить положительный потенциал относительно первого, то между ними, прямо через разряженный промежуток, пойдет электрический ток. Так возник прообраз двухэлектродной лампы — диода, изобретенной англичанином Флемингом в 1904 г.

Прошло всего два года, и Ли де Форест предложил ввести между анодом и катодом двухэлектродной лампы еще один электрод — металлическую сетку. Появилась первая усилительная лампа — триод. На первый взгляд, ничего особенного не произошло. Вместо двух электродов в лампе стало три. Но какие возможности приобрела техника с появлением триодов!

Совершенно справедливо Луи де Бройль при чествовании Ли де Фореста отметил, что «специалисты всех областей науки должны выразить Ли де Форесту свое почтение, признательность и свое восхищение» за открытие, сделанное им в начале XX века.

Первое самое важное свойство триода по сравнению с какими-либо приборами — высокая чувствительность к весьма быстрым изменениям тока, или, как говорят, безынерционность его работы.

Какие же задачи выполняет металлическая сетка в электронной лампе?

При включении триода между анодом и катодом прикладывается положительное напряжение, а между сеткой и катодом — сеточное напряжение. Предположим, что сетка заряжена отрицательно, т. е. на нее подан отрицательный потенциал относительно катода. В этом случае она будет отталкивать электроны, выходящие из катода, и частично возвращать их назад. Так как сетка расположена ближе к катоду, чем к аноду, она значительно сильнее по сравнению с анодом влияет на электронный поток. При достаточно большом отрицательном напряжении на сетке все электроны под влиянием ее поля будут отталкиваться обратно к катоду и, следовательно, тока в лампе не будет. Если же на сетку подать

положительный потенциал по отношению к катоду, то она будет «помогать» аноду, увеличивая скорость электронов на пути к аноду. Через лампу в единицу времени будет проходить большее количество электронов, и анодный ток увеличится.

Таким образом, меняя потенциал на сетке, можно изменять величину анодного тока через лампу, или, другими словами, управлять электронным потоком. На этом и основано усилительное действие лампы. Так как всякий усилитель представляет собой прибор, у которого энергия, отдаваемая во вторичную цепь, больше энергии, подводимой к первичной цепи, то и электронную лампу можно рассматривать как своеобразный усилитель, ибо малейшие изменения потенциала сетки будут иметь следствием большие изменения силы анодного тока лампы.

Современные усилительные лампы позволяют получать усиление в сотни и тысячи раз. Вся электронная техника, используемая в линиях связи, автоматике и вычислительной технике, обязательно включает в себя усилители, которые мгновенно управляют большими энергиями при воздействии слабых входных сигналов.

Пока не было электронных ламп при телефонных разговорах на большие расстояния была слабая слышимость и низкая надежность. Теперь же, разговаривая с абонентом, находящимся за тысячи километров, мы можем его слышать, пожалуй, даже лучше, чем если бы он находился с нами в одном городе. И все потому, что путешествуя через всю страну, телефонный разговор многократно усиливается. Усилительные станции располагаются через каждые 60—70 км с тем, чтобы компенсировать ослабление сигналов, вследствие потерь в линии, по мере увеличения расстояния.

Электронный усилитель — главная деталь трансатлантической телефонной линии. Усилители расположены на расстоянии около 70 км один от другого, причем каждый усиливает сигнал по меньшей мере в миллион раз. Учитывая, что в одном направлении действует пятьдесят один усилитель, суммарное усиление по всей телефонной линии достигает фантастической цифры — единицы с 306 нулями!

Сам же усилитель весьма прост. Он включает в себя всего три электронные лампы повышенной надежности и набор индуктивностей, конденсаторов и резисторов.

Все эти детали смонтированы в узкой медной трубке длиной в 2,5 м и диаметром, плавно переходящим от 70 к 30 мм.

Приведенные примеры позволяют лишний раз убедиться в том, что успехи в развитии средств передачи информации во многом определяются внедрением и освоением электронных ламп.

В дальнейшем функции электронных ламп значительно расширились. Оказалось, что сигналы можно усиливать многократно в нескольких лампах подряд. Да и не только усиливать. Радиолампы с двумя электродами не только выпрямляли переменный ток, но и выполняли функции детекторов. Лампы, снабженные дополнительными электродами, исключительно тонко управляли потоками электронов. Наконец, в них было нетрудно возбуждать разнообразные электрические колебания.

Благодаря радиолампе развились современные системы звукового и телевизионного вещания, появились радиолокация, радионавигация, вычислительные машины и многие другие достижения человечества.

Полупроводники наступают

По мере освоения новых частотных диапазонов, развития радио, телевидения, вычислительной техники, а в дальнейшем и при решении проблемы освоения космического пространства перед специалистами встал ряд задач, связанных с повышением надежности аппаратуры.

Прежде всего это касалось основного элемента всех электронных схем — радиолампы. Она долго не знала конкуренции, однако со временем у нее обнаружилось много недостатков. Это значительное потребление энергии, большой вес и самое главное — их недостаточная надежность в работе. А основной причиной ненадежности являлась нить накала — тоненький проволочный волосок, нагревающий катод электронной лампы до температуры около 1000°. Чуть ли не половина энергии, расходуемой электронными лампами, уходила на то, чтобы накалить их нить. При включении и выключении нить то раскаляется, то остывает. Такой режим работы довольно часто выводит ее из строя, иногда в самый неподходящий момент.

Итак, электронная лампа ненадежна. Уже одного

этого достаточно, чтобы отдать предпочтение более надежному, долговечному и экономичному устройству — транзистору.

Идея использования полупроводников для усиления и генерирования колебаний была впервые предложена в 1922 г. советским физиком О. В. Лосевым. Молодой ученый доказал, что простой кристаллический детектор можно заставить действовать подобно электронной лампе. Однако сущность физических явлений в полупроводниках не получила в то время достаточно ясного объяснения, и вплоть до 1948 г. применение полупроводников в электронной технике было весьма ограничено.

Победное шествие полупроводниковой электроники началось с 1948 г., т. е. с момента изобретения американскими учеными Шокли, Бардином и Браттейном транзистора.

Транзистор — это полупроводниковый прибор, способный усиливать и генерировать электрические колебания различных видов. Основа транзистора — крошечный, величиной с горошину кристалл германия (или кремния), в котором созданы три области с различными типами проводимости. Две крайних области имеют одинаковую электропроводность, средняя область (база) — противоположную. Одна из крайних областей — эмиттер — действует подобно катоду электронной лампы. Если к базе подсоединить источник управляющих сигналов, то она будет действовать подобно сетке лампы. Вторая крайняя область — коллектор, как бы соответствующая аноду электронной лампы; к нему подсоединяется источник напряжения, необходимого для ускорения прошедших сквозь базу электронов. Электроны, подхваченные электрическим полем коллектора, создают ток в нагрузке выходной цепи.

Точно так же, как в электронной лампе, в транзисторе небольшая электрическая мощность во входной цепи позволяет управлять значительно большей мощностью в цепи выходной.

Успехи в освоении транзисторов легли в основу такого важнейшего направления в современной технике, как микроэлектроника, использовавшая для своего развития научные достижения, технологические методы, процессы и оборудование полупроводниковой электроники.

Какими же путями шла техника полупроводников к микроэлектронике?

Первым шагом на пути к микроэлектронике была микромодульная техника. Она позволила на небольших (размером 10×10 мм) керамических платах монтировать полупроводниковые приборы и пассивные (резисторы, конденсаторы и др.) элементы. Каждый микромодуль представлял собой законченный функциональный блок аппаратуры — усилитель, триггер, генератор и т. п. После монтажа компонентов керамические платы собирались в столбики, напоминая этажерки, и в них с помощью проводников производилось электрическое соединение плат, необходимое для получения заданной схемы. Из таких отдельных герметизированных столбиков затем монтировалось радиотехническое устройство.

Дальнейшее развитие технологии привело к так называемым тонкопленочным и толстопленочным методам изготовления пассивных элементов. Так, например, конденсатор стали получать последовательным напылением слоев пленки металла, разделенных пленкой диэлектрика. Металлическая полоска в виде плоской спирали образует катушку индуктивности.

Поскольку корпуса активных компонентов (диодов, транзисторов) в десятки раз увеличивают объем прибора по сравнению с объемом кристалла, было решено запаивать активные элементы в схему без корпуса, в виде отдельных кристаллов. Так появилась гибридная микроэлектроника, представляющая собой сочетание пленочных пассивных элементов и бескорпусных активных элементов. Она позволила увеличить плотность по сравнению с ламповой аппаратурой сразу в 100 и более раз: в 1 см^3 объема удалось разместить до 200 миниатюрных изделий.

Теперь о твердых схемах. С помощью таких схем, позволяющих на одном полупроводниковом кристалле создать целые узлы и subsystemы, достигнут высокий уровень интеграции. Рекордом 1974 г. была схема памяти вычислительной машины, насчитывающая около 20 тыс. элементов на одном кристалле, а в качестве возможного предела в 1976—1977 гг. специалисты называли даже 65 тыс. деталей на одном кристалле. Даже для человека, привыкшего к масштабам обычной электроники, эти цифры с трудом укладываются в сознании. Но и это не предел. В будущем такие схемы имеют тенденции перерастать в сверхбольшие интегральные схемы, состоящие из десятков и сотен миллионов элементов.

Наглядным примером успехов, достигнутых микроэлектроникой, может служить микрофон почти микроскопических размеров. Его применение открывает новые возможности при конструировании аппаратуры связи. Создание микрофона величиной с булавочную головку стало возможным после того, как выяснилось, что некоторые части поверхности полупроводников реагируют на малейшие механические силы, преобразуя их в значительные изменения разности потенциалов так же, как это происходит в микрофонах обычного образца. Это неожиданное явление навело специалистов на мысль сконструировать небольшой металлический прибор в форме кнопки. Установив его на транзисторе таким образом, чтобы «игла» кнопки касалась наиболее чувствительной точки на поверхности полупроводника, удалось создать микрофон размером меньше булавочной головки, который хорошо передавал человеческую речь и музыку.

Размещение электронных схем в прогрессивно уменьшающихся пространствах (в некоторых случаях столь малых, что их можно рассмотреть лишь под микроскопом) позволяет не только уменьшить размеры усилителей, электронно-вычислительных машин, приборов автоматики, но и значительно повысить их надежность. Во-первых, микроэлектроника дает возможность производить схемы без прикосновения к ним человеческих рук. Во-вторых, такие схемы не надо спаивать, их можно создавать в виде единого комплекса.

Где же в первую очередь находят применение такие схемы? Очевидно, там, где одна и та же схема повторяется наиболее часто и в больших количествах. Прежде всего, главный практический выход микроэлектроники — резкое насыщение народного хозяйства вычислительной техникой и автоматикой, что открывает широкие перспективы для дальнейшего развития средств связи.

Вверх по шкале частот

История радиосвязи в строгом смысле — это история укорочения волн.

При освоении волн длиной от 100 км до 1 км, которым соответствуют частоты от 3 до 300 кГц, в 20-х гг. зародилась радиотелеграфия и широко развилось ра-

диовещание. Эти волны получили название сверхдлинных и длинных волн.

Сверхдлинные и длинные волны хорошо огибают Землю, хотя и теряют на своем пути значительную часть энергии. Поэтому радиосвязь на большие расстояния здесь возможна только при мощностях передатчиков в несколько сотен и даже тысяч киловатт, работающих с помощью высоких дорогостоящих антенн.

Учитывая малую частотную протяженность этого диапазона (она не может вместить даже $\frac{1}{10}$ полосы одного телевизионного канала), здесь разместились: радиостанции для глобальной радиосвязи, обеспечивающие связь с объектами, находящимися на любом расстоянии от передатчика (в том числе и с подводными лодками в погруженном состоянии), служба точных частот, необходимая для систем связи во всех диапазонах частот, службы сигналов точного времени метеосводок.

Под диапазоном средних волн условно понимают радиоволны длиной от 1000 до 100 м (частоты от 300 кГц до 3 МГц). Средние волны в большинстве случаев не могут преодолеть ионосферу. Проникая в толщу ионосферы, они заметно поглощаются, причем поглощение средних волн в дневные часы значительно больше, чем в ночное время.

В этом диапазоне разместилось радиовещание. Известно, что высококачественная передача звука может быть обеспечена при условии, если радиостанция занимает полосу частот шириной от 10 до 15 кГц. Легко подсчитать, что в средневолновом диапазоне можно разместить свыше 100 радиовещательных станций. Поэтому все без исключения радиоприемники рассчитаны на работу в этом диапазоне. Согласно международному соглашению на волнах длиной около 600 м передаются сигналы бедствия (сигналы «SOS»).

К диапазону коротких волн относятся волны в интервале от 100 до 10 м (частоты от 3 до 300 МГц). Этот диапазон, как никакой другой, сильно заселен телеграфными, телефонными, навигационными и радиовещательными станциями. Вследствие тесноты в эфире, бывает, что одна станция налезает на другую. В этом легко убедиться, вращая ручку радиоприемника.

Почему же тогда этот диапазон так широко используется в технике? Суть в том, что у коротких волн свои, особые качества. Раньше считалось, что, поскольку ко-

роткие волны распространяются прямолинейно и огибать Землю не могут, наиболее ценными для установления дальней связи являются длинные волны.

Но в середине 20-х гг. нашего столетия случилось событие, которое озадачило радиоспециалистов. Радиоловитель из Нижнего Новгорода Ф. А. Лбов осуществил связь на коротких волнах на большое расстояние. Сигналы его коротковолнового передатчика мощностью всего лишь 15 Вт были услышаны в Месопотамии, Париже и Лондоне. С этого момента началось развитие коротковолнового движения среди советских радиоловителей.

Для популяризации этого движения в 1928 г. был проведен двухнедельник коротких волн, организованный газетой «Комсомольская правда». В его программу входило проведение опытных связей на коротких волнах с помощью аэростата, запущенного из подмосковного города Кунцево.

Работу коротковолнового передатчика, находящегося в корзине аэростата, принимали радиоловители Ленинграда и Томска, Владивостока и Баку, Голландии и Франции. Тем самым был установлен мировой рекорд радиосвязи на коротких волнах. Это достижение показало огромные возможности применения коротких волн для осуществления радиосвязи на большие расстояния.

Для объяснения «дальнобойности» коротких волн радиоспециалистами были поставлены интересные опыты. В частности, в СССР под руководством М. А. Бонч-Бруевича в 1932 г. была построена ионосферная станция, предназначенная для изучения верхних слоев атмосферы. Благодаря этим опытам удалось установить, что короткие волны способны многократно отражаться от ионизированного воздушного слоя атмосферы Земли, в силу чего их прием возможен в любой точке земного шара при сравнительно малых мощностях передатчика.

Так радиоловители помогли решить задачу по установлению и поддержанию связи с корреспондентами на самые дальние расстояния.

Если короткие волны оказались заманчивыми из-за их способности прыжками достигать весьма отдаленных районов земного шара, то ультракороткие волны (УКВ) прельстили иными возможностями, имеющими не меньшее практическое значение.

Диапазон коротких волн для передачи, например, телепрограмм оказался слишком узок. В нем едва можно

разместить пять телевизионных программ. А жизнь требует передачи на дальние расстояния значительно большего потока информации.

Диапазон УКВ давно привлекал специалистов: только на участке диапазона волн от 10 до 1 м можно разместить одновременно работающих станций больше, чем в диапазоне коротких, средних и длинных волн, вместе взятых.

Едва ли не самым характерным в поведении УКВ по сравнению с другими диапазонами волн является особенность их распространения. Как правило, УКВ распространяются прямолинейно в пределах прямой видимости, до линии горизонта.

Диапазон УКВ широко используется для передачи программ телевидения. Для этих целей используются волны длиной от 1 до 6 м, что соответствует частотам от 300 до 50 МГц.

По мере укорочения длины волны упрощаются средства, которыми достигается направленность излучения. На самых длинных волнах резко выраженную направленность получить практически невозможно. На УКВ проблема направленности упрощается настолько, что это обстоятельство послужило одной из причин выбора для радиолокации, нуждающейся в приборах резко направленного действия, именно диапазона УКВ.

Второй причиной предпочтения, оказанного радиолокацией диапазону УКВ, являются более выгодные условия в отношении отражения волн от обнаруживаемой цели. Чем меньше длина волны относительно размеров цели, тем более интенсивным получается отражение. Вот почему в радиолокации используют волны длиной от нескольких метров до 3 см (частоты от 300 до 10 тыс. МГц).

Все шире использует диапазон УКВ и радиосвязь. Для увеличения дальности связи на расстоянии 25—30 км друг от друга строятся станции, которые принимают сигналы, усиливают их и передают следующей. Организация ретрансляционных станций позволяет существенно расширить пределы прямой видимости и осуществить многоканальную связь (вести одновременную работу множества телеграфных и телефонных передач).

Что же касается промежутка волн между одним сантиметром и десятками микрон, где находятся так называемые миллиметровые и субмиллиметровые волны, то

его освоение сильно задерживается. Это своего рода укрепленный район природы и штурм его — одна из важнейших задач науки.

Во имя чего ведется это наступление? Прежде всего потому, что радиостанции, работающие в диапазоне волн от 2 до 1 мм, способны без взаимных помех передать в 5 раз больше информации, чем радиостанции на всех освоенных диапазонах волн длиннее 1 см. Это очень важно для дальнейшего технического прогресса.

В последние годы появилась возможность передачи информации на радиоволнах оптического диапазона. Этот диапазон открывает безграничные возможности для передачи информации. В световом участке спектра можно не только разместить миллионы телевизионных каналов связи, но и осуществить связь на неограниченных расстояниях.

Невзирая на время и расстояния

Часто говорят, что «природа проста». Неверно! Это наш ум стремится к простоте...

Л. Бриллюэн

Волны вокруг нас

Осваивая диапазоны волн, человек все шире раздвигал границы познания окружающего его мира. С самых незапамятных времен он имел возможность наблюдать огромное разнообразие волн: волны землетрясения; волны и зыбь в морях и океанах, реках и озерах; волны звука, распространяющиеся в воздухе; механические волны в натянутой струне или колеблющемся маятнике; волны света и т. п.

Что же такое волны?

Важнейшие свойства волн можно изучить на простых и знакомых примерах. Обычно понятие «волна» вызывает в нашем сознании картину чередования движущихся друг за другом гребней и впадин, которые мы наблюдаем на поверхности воды. Гребни и впадины следуют одна за другой, а поверхность воды ритмично колеблется от гребня к впадине. Такие колебания волн представляют собой периодический синусоидальный процесс и характеризуются тремя основными величинами: амплитудой, частотой и фазой.

Амплитуда — наибольшее отклонение от нулевого (среднего) значения какой-либо величины. В нашем случае — это высота волны от гребня к впадине, деленная пополам.

Присмотревшись к колебаниям волн, можно заметить, что в каждый определенный момент мимо нас проходит одинаковое число гребней. Вот это число совершаемых волной циклов в секунду и есть частота колебаний.

Единица измерения частоты носит название «герц» в честь Генриха Герца, внесшего большой вклад в изучение электрических колебаний.

Часто важно знать время, за которое совершается один цикл колебаний. Это время называется периодом. Период обратно пропорционален частоте колебаний.

Наконец, для распространения волн от одной точки к другой нужно определенное время. Это означает, что волны имеют конечную скорость. Скорость звука в воздухе равна 340 м/с, а в морской воде — около 1500 м/с. Световые волны, как и радиоволны, распространяются со скоростью $3 \cdot 10^8$ м/с. Чем больше скорость распространения, тем большее число волн проходит через данную точку. Зная скорость распространения волны, можно вычислить частоту колебаний для определенной длины волны. Для этого надо скорость разделить на пройденное волной расстояние.

Звуковые волны отличны от световых. У звуковых волн колебания (сгущения и разрежения) перемещаются взад — вперед вдоль направления распространения волны. Такие волны называются продольными. Примером этого вида волн являются волны в пружине. В тот или иной момент разные участки пружины оказываются либо сжатыми, либо растянутыми, причем это изменение происходит вдоль пружины по синусоидальному закону.

В световых волнах колебания поперечные. Это означает, что они проходят в плоскости, перпендикулярной направлению движения волны. Так, если по натянутой веревке пустить волну, то она будет бежать вдоль нее, а каждый участок веревки будет колебаться только в плоскости, ей перпендикулярной.

Для сравнения колебаний относительно какого-либо положения, например относительно положения равновесия, вводится понятие сдвига фаз, т. е. отставание во времени одного процесса от другого.

Итак, в природе наблюдаются различные колебательные процессы, свойства которых различны и определяются их частотой. Наши предки, по мере своих возможностей, изучили эти процессы и стали применять волны для обмена сообщениями друг с другом. Сначала это были удары таинственных барабанов и свет костра. Затем человек построил оптический телеграф. Вскоре жизнь потребовала мгновенного переноса информации

на большие расстояния. И тогда человек взял на вооружение электричество и создал новые, более совершенные средства передачи сообщений — радио и телевидение.

На плечах радиоволн

До сих пор речь шла о волнах, изменяющихся по синусоидальному закону. Такие волны, обладающие определенной частотой, амплитудой и фазой, могут быть переданы, приняты и усилены. Но беда в том, что несут они в себе весьма скудную информацию. Да и что нового может сообщить такая волна, если она повторяется в неизменной форме.

В общем случае любой передаваемый сигнал несинусоиден и представляет собой комбинацию синусоидальных колебаний многих частот. Телефонный сигнал включает в себя частоты, лежащие от 300 до 3400 Гц. Для звукового сигнала с высоким качеством воспроизведения нужна полоса еще шире, от 20 до 20 тыс. Гц. И наконец, полоса частот, занимаемая телевизионным сигналом, требует полосы порядка 6 млн. Гц.

Как же заставить волну переносить сложные сигналы?

Первым, кому удалось передать сообщение посредством радиоволн, был А. С. Попов. Его знаменитая телеграмма «Генрих Герц» была передана с помощью азбуки Морзе. Точкам и тире соответствовало излучение электромагнитной волны, паузам — отсутствие излучения.

Предположим, что мы хотим передать с помощью радиоволн колебания звуковой частоты. Если бы можно было излучать в пространство звуковые волны, вопрос был бы решен. Но, к сожалению, для передачи сообщений на большие расстояния эти волны использовать нельзя по двум основным причинам.

Во-первых, они слишком быстро теряют свою энергию и затухают. Во-вторых, звуковые волны имеют сравнительно небольшую частоту и большую длину волны. Известно, что антенна может излучать лишь те волны, длина которых соизмерима с размером антенны. Для эффективного излучения такой волны надо построить антенну высотой в несколько километров. Вряд ли сто-

ит пояснять, что это практически неприемлемо. Но если даже и удалось бы создать такую громоздкую антенну, вопрос все равно бы остался нерешенным. Почему? Да потому, что если все радиостанции будут излучать одновременно одни и те же звуковые частоты, человеку придется слушать одновременно все мелодии и голоса!

Как же удалось решить задачу передачи человеческой речи на большие расстояния? Образно говоря, это было осуществлено за счет того, что преобразованный в электрический ток звуковой сигнал был «посажен верхом на радиоволну», а затем средствами радиотехники передан на огромные расстояния.

Итак, на передающей стороне — генератор тока высокой частоты, к которому подключена антенна. Подключим в цепь антенны там, где циркулирует высокочастотный ток, микрофон.

Микрофон — устройство несложное. Звуковые волны, воздействуя на угольный порошок, меняют его электрическое сопротивление. Ну а если меняется сопротивление цепи, то по закону Ома меняется и ток в ней. Словом, микрофон в точности переводит звук на «электрический язык», создавая своего рода электрическую копию звука.

Теперь ток в передающей антенне, помимо очень быстрых колебаний, будет сравнительно медленно изменяться за счет меняющегося сопротивления микрофона. В результате в такт со звуковыми колебаниями будет меняться амплитуда высокочастотного тока, а следовательно, и интенсивность излучения радиоволн. Процесс управления высокочастотным током, изменение его параметров в соответствии с низкочастотным сигналом называется модуляцией. В данном случае под действием звукового сигнала изменялась амплитуда высокочастотных колебаний. Это так называемая амплитудная модуляция.

Излученные антенной в пространство радиоволны несут в себе звуки речи и музыки. Их и называли поэтому несущими. И в самом деле, они несут преобразованный звук сначала в антенну, а затем, превратившись в электромагнитные волны, проносят его через пространство. Так слово, произнесенное в радиостудии, начинает свое путешествие в безбрежных просторах эфира.

Если в соответствии с передаваемым сигналом меняется частота волны, то мы имеем дело с частотной мо-

дуляций, при этом амплитуда волны останется неизменной.

Наконец, есть еще один параметр у синусоиды — фаза. При фазовой модуляции амплитуда высокочастотного колебания остается неизменной, а его фаза изменяется по закону модулирующего сигнала.

Подводя итог рассказанному выше, еще раз отметим, что излученные в пространство радиоволны уносят на себе «отпечаток» звука, воспринятого микрофоном. Нам осталось лишь выяснить, как осуществляется преобразование модулированного высокочастотного тока в электрическую копию звука, которая по частоте и форме будет повторять все изменения звукового давления на мембрану или диффузор микрофона.

От антенны до громкоговорителя

Для приема радиопередач необходима приемная антенна. Она должна уловить энергию, которую несут с собой радиоволны.

Как это происходит?

Электромагнитная энергия, излучаемая антенной передающей радиостанции, распространяется от нее во всех направлениях. Приемная антенна, находясь в сфере воздействия электромагнитной энергии, является потребителем этой энергии. Электромагнитное поле воздействует на антенну так, что в ней наводится переменная эдс и в проводе антенны появляется переменный ток с частотой, равной частоте передающей станции.

В радиоприемнике принятый сигнал высокой частоты не может вызвать звука в громкоговорителе или телефоне. Их подвижные части — диффузор и мембрана не в состоянии совершать сотни тысяч и миллионы колебаний в секунду. Поэтому с принятыми сигналами необходимо осуществить ряд преобразований.

В эфире работает одновременно множество радиостанций, которые наводят в приемной антенне переменные токи различных частот. Чтобы услышать передачу какой-либо одной станции, приемник необходимо настроить на волну той станции, которую мы хотим принимать. Для этого радиоприемник должен обладать двумя главными свойствами — чувствительностью и избирательностью.

Чувствительность приемника характеризуется минимальной э д с (или мощностью) в антенне, при которой на его выходе получается необходимое напряжение для нормального воспроизведения сигнала в громкоговорителе или телефоне. Чувствительность определяется при наиболее благоприятных внешних условиях и измеряется в микровольтах.

Избирательность характеризует способность приемника выделять полезный сигнал из сигналов различных частот, приходящих в антенну.

Приемная антенна, как и передающая, есть открытый колебательный контур, обладающий распределенными параметрами — емкостью и индуктивностью. Входной контур и приемная антенна образуют связанную резонансную систему, которая называется входной цепью радиоприемника. Связь между ними может быть емкостной, индуктивной или комбинированной.

Входной контур настраивается в резонанс на частоту выбранного для радиоприема передатчика при помощи конденсатора переменной емкости. Когда мы вращаем ручку настройки приемника, мы изменяем емкость конденсатора, а следовательно, и собственную частоту контура. Если на него действуют электрические колебания той же частоты, что и его собственные, контур «отзывается» на это воздействие. В этом случае наступает резонанс, что приводит к резкому увеличению тока. Это означает, что контур во много раз повысил напряжение принимаемой станции. Остальные же э д с, наведенные на входе приемника от других радиостанций, создадут в контуре ничтожно малые токи по сравнению с полезным сигналом. Другими словами, резонансный контур как бы подавляет все сигналы, за исключением того, на который он настроен, и ослабляет помехи, благодаря своим избирательным свойствам.

Очевидно, что использовать принятые колебания без предварительного усиления практически невозможно. Поэтому в радиоприемнике предусмотрено устройство, которое их сначала усиливает с помощью электронных ламп или транзисторов.

Существующие в настоящее время радиоприемники подразделяются на два основных и принципиально различных типа: приемники прямого усиления и супергетеродины.

Приемники прямого усиления, даже в самых совер-

шенных схемах, в силу ряда причин не обеспечивают достаточной чувствительности, высокой избирательности и многих других требований, предъявляемых к современным приемникам. Усиление сигнала в таких приемниках производится на двух частотах: до детектора — на высокой частоте, причем это усиление является главным, и на низкой частоте — после детектора, с тем, чтобы довести напряжение звуковой частоты до требуемой величины.

Супергетеродинными называют приемники с преобразованием частоты сигнала в промежуточную частоту. Для них характерно усиление на трех частотах: на высокой частоте — предварительное усиление до преобразователя частоты; на искусственно пониженной высокой частоте радиосигнала, так называемой промежуточной; на звуковой частоте, как и в приемниках прямого усиления.

В простейшем случае преобразование частоты сигнала в промежуточную осуществляется методом биений, сущность которого сводится к следующему.

Колебания принимаемого радиосигнала складываются с колебаниями имеющегося в приемнике генератора вспомогательных колебаний (гетеродина), в результате чего получается новое высокочастотное колебание с непрерывно меняющейся амплитудой. Частота изменений амплитуды суммарных колебаний (частота биений) равна разности частот сигнала и гетеродина $F_c - F_r$, если частота гетеродина выше частоты принимаемого сигнала. Преобразование колебаний осуществляется в смесителе, представляющем собой нелинейный элемент (например, электронная лампа).

При приеме сигналов любой частоты (в пределах диапазона приемника) частота колебаний гетеродина подбирается таким образом, чтобы разность частот $F_c - F_r$ оставалась постоянной, т. е. чтобы получались колебания одной и той же промежуточной частоты. Эти колебания подаются на усилитель промежуточной частоты, колебательные контуры которого настроены на промежуточную частоту.

При приеме сигналов от передатчика одновременно с настройкой входной цепи производится и перестройка гетеродина с таким расчетом, чтобы промежуточная частота оставалась одна и та же. А так как амплитуда колебаний промежуточной частоты пропорциональна амплитудам обоих смешиваемых колебаний, то модуля-

ция сигнала будет изменяться по тому же закону и в колебаниях промежуточной частоты.

В результате такого преобразования реального модулированного сигнала мы вместо сигнала F_c получим новый сигнал $F_c - F_r$, модулированный тем же передаваемым сообщением.

Постоянство промежуточной частоты обеспечивает супергетеродинному приемнику целый ряд преимуществ.

Большая часть контуров супергетеродина, находясь в усилителе промежуточной частоты, постоянно настроена на промежуточную частоту, более низкую, чем частота принимаемого сигнала, вследствие чего обеспечивается хорошая избирательность и лучшая проходимость радиосигналов.

Чувствительность супергетеродина больше, чем у приемников прямого усиления. Она обеспечивается за счет фиксированной настройки колебательных контуров. В результате общая резонансная характеристика и общий коэффициент усиления супергетеродина мало зависят от того, на какую волну он настроен.

Наряду с указанными преимуществами супергетеродинные приемники имеют и ряд недостатков. В них возникают внутренние шумы; им присуще явление ложной настройки, когда одна и та же радиостанция прослушивается в нескольких местах шкалы. В супергетеродинах могут появляться помехи по так называемому зеркальному каналу, когда на одной настройке одновременно прослушиваются две радиостанции, работающие на совершенно различных волнах. Однако эти недостатки в значительной мере устранимы при конструировании приемника.

После усиления колебания промежуточной частоты подводятся к детектору, где происходит процесс преобразования высокочастотного модулированного сигнала в ток звуковой частоты. Этот ток можно пропустить через звуковую катушку громкоговорителя и получить при этом такой же звук, какой заставил колебаться диффузор микрофона.

Так завершается сложный процесс радиопередачи. Он занимает ничтожно малые доли секунды, и мы слышим слова диктора почти в тот же момент, в какой они произносятся в студии перед микрофоном, хотя им приходится порой преодолеть путь длиной в несколько тысяч километров.

Дальняя связь

С того самого дня, когда было изобретено радио, человек постоянно стремился раздвинуть границы связи с помощью радиоволн. Много усовершенствований придумали ученые и инженеры, чтобы увеличить дальность радио- и телевизионных передач. Были построены мощные передающие радиостанции, созданы чуткие антенны и усилительные устройства.

Еще в 1923 г. М. А. Бонч-Бруевич создал генераторные лампы мощностью 25 кВт. Они превосходили по мощности в несколько раз самые лучшие лампы того времени. Об этом свидетельствуют отзывы иностранных специалистов, побывавших на промышленной выставке в Стокгольме, состоявшейся в 1925 г. Вот что, в частности, писал шведский журнал «Радио-Аматорен»: «Среди иностранных экспонатов прежде всего следует отметить изготовленные в Советской России приборы и лампы, между прочим, большую 25-киловаттную лампу с водяным охлаждением для передатчика, а также меньшие лампы. Интерес к русскому отделу выставки был особенно велик, потому что никто не подозревал о существовании в России столь большого и серьезного производства подобных внушительных приборов».

Позднее М. А. Бонч-Бруевич разработал лампу в 100 кВт, что позволило построить в Москве в 1933 г. 500-киловаттную радиовещательную станцию (в то время самую мощную в мире).

Одновременно велись исследования по созданию антенных устройств в диапазоне коротких и ультракоротких волн. Разработанные под руководством инженера В. В. Татарина направленные антенны с использованием параболических зеркал вошли в состав первой в СССР магистральной линии радиосвязи Москва—Ташкент, введенной в эксплуатацию в 1927 г.

Познав характер распространения радиоволн, специалисты смогли определить максимально пробегаемые ими расстояния. Оказалось, что для передачи на большие расстояния сигналов как многоканальной телефонии, так и телевидения в первую очередь подходят ультракороткие волны. Но вот беда, эти волны распространяются только в пределах прямой видимости. Как же заставить их путешествовать в пределах земного шара?

Если радиосигнал нельзя сразу послать на большие

расстояния, его можно передать туда по цепочке радиостанций, от одной станции к другой, как это делалось в старину строителями линий оптического телеграфа. Так появились первые радиорелейные линии (от англ. relay — эстафета), представляющие собой цепочку приемопередающих ретрансляционных станций, которые позволили наращивать длину линий связи, прокладываемых между двумя точками на поверхности Земли.

Первая радиорелейная линия, включающая в себя две ретрансляционные станции, была введена в строй в 1935 г. в США. Она соединяла Нью-Йорк и Филадельфию, имела протяженность около 150 км и обеспечивала связь по пяти телеграфным и двум фототелеграфным каналам.

Любая радиорелейная линия состоит из двух конечных и цепочки промежуточных станций. Радиосигнал, посланный в начале линии, передается дальше как эстафета, без какого-либо участия человека. Несмотря на то, что радиосообщение проходит через ряд промежуточных станций, оно нисколько не задерживается в пути. Связь по такой линии осуществляется со скоростью обычных радиопередач, т. е. почти мгновенно.

Антенны ретрансляционных станций устанавливаются на высоких опорах с таким расчетом, чтобы с вершины одной мачты была видна другая. Для мачт выбирают возвышенные участки местности. Протяженность интервала в этом случае обычно составляет 40—70 км. К примеру, на магистрали длиной 2500 км устанавливается около 50 ретрансляционных станций.

Антенны этих станций имеют небольшие размеры и обладают высокой степенью направленности во избежание возможного приема с боковых и противоположных направлений. Под направленным действием подразумевается способность антенны излучать электромагнитную энергию в нужном направлении (если речь идет о передающей антенне) или извлекать энергию из поля электромагнитной волны с нужного направления (если речь идет о приемной антенне).

На практике обычно используются параболические и рупорно-параболические антенны. Параболическая антенна представляет собой зеркало — параболоид вращения, в фокусе которого помещен облучатель. Энергия от передатчика подводится к облучателю с помощью коаксиального кабеля или полый металлической трубы, на-

зываемой волноводом. Параболоид, служащий рефлектором, отражает радиоволны преимущественно в одном направлении.

Рупорно-параболические антенны представляют собой комбинацию рупора и параболической отражающей поверхности.

Антенны двух ближайших станций — передающей и приемной — обращены вогнутыми сторонами друг к другу. Когда на такую поверхность падают радиоволны, антенна отражает их, направляя узким пучком в сторону соседней станции. Благодаря высокой степени направленности, энергия радиоволн не рассеивается по сторонам. Поэтому связь между ретрансляционными станциями можно поддерживать с помощью маломощных передатчиков.

Для надежной и устойчивой связи линия должна обладать помехозащищенностью — с этой целью прием и передачу ведут не только на разных частотах, но и применяют различную поляризацию волн. Например, передача ведется при вертикальной поляризации волн, а прием — при горизонтальной.

Для передачи сигналов по радиорелейной линии используются методы частотного уплотнения с частотной модуляцией и временного уплотнения с импульсной модуляцией. Характерной особенностью линий дальней беспроводной связи является применение двух ступеней модуляции. Первая ступень осуществляется в аппаратуре уплотнения, вторая — в модуляторе радиопередатчика.

Рассмотрим принцип действия приемопередающей радиорелейной линии с частотным уплотнением и частотной модуляцией. Сигналы звуковой частоты 300—3400 Гц от микрофонов поступают в аппаратуру уплотнения, где путем преобразования частоты спектры частот отдельных телефонных каналов переносятся в область более высоких частот, образуя групповой сигнал. В нем каждый телефонный канал занимает свою полосу частот. Далее групповой сигнал поступает в радиопередатчик и модулирует его колебания по частоте. Так создается радиосигнал, который от передатчика поступает в антенну и далее излучается в свободное пространство.

В приемнике осуществляется детектирование и выделенный сигнал поступает на приемную часть аппаратуры уплотнения, где с помощью фильтров из общего груп-

пового сигнала выделяются сигналы отдельных телефонных каналов.

Аппаратура линий с частотным уплотнением обычно бывает универсальной и может быть использована для передачи сигналов как многоканальной телефонии, так и телевидения. Кроме того, в ней применяют ту же аппаратуру уплотнения телефонных каналов, что и в проводных линиях.

В настоящее время широкое распространение получили радиорелейные линии типа Р-600, которые работают в сантиметровом диапазоне волн и используются на расстояния свыше 2500 км. Такие линии позволяют организовать до четырех рабочих стволов, причем каждый ствол допускает передачу до 600 телефонных каналов. Любой из стволов может быть как телефонным, так и телевизионным.

Радиорелейные линии с временным уплотнением и импульсной модуляцией уступают системам с частотной модуляцией, прежде всего по числу передаваемых телефонных каналов. Обычно их число не превышает 100. Однако аппаратура уплотнения и приемопередающая аппаратура здесь проще и компактнее за счет применения транзисторов и интегральных схем.

В последние годы интерес к временному методу передачи сигналов резко возрос. Это связано с применением импульсно-кодовой модуляции, обеспечивающей высококачественную передачу сигналов в дискретной или «цифровой» форме. В частности, без такой передачи невозможно построить автоматические системы управления, в которых цифровая информация передается из одной вычислительной машины в другую.

Все возрастающая потребность в каналах связи заставила специалистов применить для передачи на большие расстояния системы радиосвязи, основанные на использовании явлений рассеяния ультракоротких волн в тропосфере и ионосфере.

В тропосферных линиях связи сигнал создается в результате отражения электромагнитной энергии от неоднородностей слоев тропосферы, расположенной на высоте 10—12 км. При той же протяженности тропосферная линия связи имеет примерно в 10 раз меньше интервалов, чем радиорелейная линия. Практически интервалы редко превышают 800 км и чаще всего имеют протяженность 180—500 км.

На таких линиях используют мощные передатчики и антенны с большой отражающей поверхностью. И хотя аппаратура тропосферных станций более сложная и дорогостоящая, чем в радиорелейных линиях, строительство таких станций экономически целесообразно, особенно в местах, пролегающих через малонаселенные и труднопроходимые территории.

Еще большую длину интервала, достигающую 1500—2000 км, обеспечивают ионосферные линии связи. Здесь рассеивающим объемом является часть ионосферного слоя, расположенная на высоте 75—100 км. На ионосферных линиях применяются еще более мощные передатчики, чем в тропосферных линиях связи, и многоярусные антенны, площадь излучения которых составляет свыше 1800 м².

Связь по радиорелейным линиям превосходно действует в любое время года и суток. По ним можно передавать простые телеграфные сообщения, фотографии, чертежи, копии документов, можно вести телефонные разговоры, радио- и телевизионные передачи.

Велика разница между радиорелейной связью и оптическим телеграфом Шаппа. И все же, несмотря на совершенство сегодняшних систем, они не позволяют решить проблему глобальной связи и передачи постоянно нарастающего потока информации. На выручку пришли спутники, которые позволили раздвинуть границы прямой видимости до расстояния в несколько тысяч километров.

У экрана телевизора

Несомненно наступит, наконец, такое время, когда электрическая телескопия распространится повсеместно...

Б. Розинг

Голубой чародей

А. Кларк, известный английский ученый, выступая на совещании экспертов по космической связи, состоявшемся в 1970 г. в Париже, так охарактеризовал процесс распространения телевидения: «Было время, когда дома не имели окон. Тем, кто не жил в пещерах или в палатке, трудно представить, что это такое. В наше время в течение жизни одного поколения в наиболее развитых странах каждый дом получил новое окно невероятной магической силы — телевизионный экран. То, что сначала казалось просто одним из роскошных излишеств, за исторически ничтожный срок стало жизненной потребностью».

Трудно поверить, что идея телевидения возникла гораздо раньше, чем были открыты радиоволны.

В 1873 г. на побережье Ирландии, где располагалась береговая телеграфная станция, английский электротехник Уиллоуби Смит вместе с оператором Мейем проводил испытания подводного кабеля. Для этих работ были необходимы материалы с высоким электрическим сопротивлением. С их помощью осуществлялась регулировка силы тока, текущего по подводному кабелю.

В то время электрические сопротивления — резисторы изготавливались главным образом из селена. Проверя электрическую цепь, У. Смит случайно обнаружил, что при попадании света на селеновую пластинку ее сопротивление резко падало. Оказалось, что селен чрезвычайно чувствителен к падающему на него свету, он как бы «видит» свет.

Сразу же после открытия этого явления, получившего впоследствии название фотоэлектрического эффекта, появились первые проекты передачи изображений на расстояние.

В принципе в самой идее передачи изображения по проводам нет ничего необычного. Каждый наблюдаемый нами предмет состоит из множества отдельных точек — элементов, имеющих различную яркость и представляющих собой как бы световую мозаику. Но поскольку мы видим все элементы одновременно, в наших глазах создается цельное восприятие наблюдаемого предмета.

Не случайно первые проекты передачи изображений на расстояние копировали строение глаза человека. Так, в 1875 г. американский инженер Дж. Кэри предложил устройство с большим количеством селеновых пластинок (моделирующих светочувствительные элементы сетчатки глаза), сопротивление которых менялось под действием падающего на них света. Каждый светочувствительный элемент предполагалось соединить проводами «с мозгом» — панелью с таким же количеством лампочек накаливания, что и селеновых пластинок. По замыслу Кэри, каждая лампочка должна была воспроизводить яркость отдельных точек подлежащего передаче изображения. Нетрудно представить себе, насколько сложна и громоздка такая система, требующая сотни тысяч каналов связи.

Спустя несколько лет сразу три человека — физик де Пойва, инженер М. Санлек и студент П. И. Бахметьев выдвинули новую и оригинальную идею. Сущность ее заключалась в передаче движущихся изображений по одному каналу связи и основывалась на последовательном разложении изображения на элементы.

Здесь-то и заключена основная трудность. Как разложить изображение предмета на отдельные элементы, как сделать, чтобы передающее устройство «видело» предмет не сразу, а как бы постепенно, последовательно, так же, как при чтении книги: строчка за строчкой?

Чтобы лучше понять электронные способы последовательного разложения элементов, остановимся на самом простом устройстве — механическом. Его предложил немецкий инженер П. Нипков в конце XIX века.

Основной элемент изобретения Нипкова — развертывающий диск, по краям которого проделаны отверстия диаметром немного более 2 мм. Отверстия расположены

по спирали на одинаковом угловом расстоянии друг от друга.

Если быстро вращать диск, глядя сквозь отверстия на рисунок, прикрепленный, например, к абажуру настольной лампы, то при достаточно быстром вращении изображение видно целиком, тогда как на самом деле в каждый данный момент лишь один из его элементов появляется в одном из отверстий диска.

Теперь нетрудно себе представить телевизионный передатчик с диском Нипкова. Диск Нипкова располагается между фотоэлементом и объектом, который нужно передать. В каждый момент времени фотоэлемент преобразовывает световые сигналы от развертываемого элемента изображения в электрический ток, пропорциональный падающему на него потоку света.

Для воспроизведения «записанного» изображения применяется такой же диск, приводимый во вращательное движение строго синхронно и синфазно. Иначе говоря, луч в приемнике должен двигаться по одной строке столько же времени, сколько и в передатчике. И еще, луч в приемнике должен находиться в начале каждой строки в тот момент, когда приходит сигнал изображения, соответствующий именно началу данной строки. На практике требования синхронности и синфазности с помощью механических систем выполнить чрезвычайно трудно.

Все же в начале 30-х гг. в нашей стране были проведены первые экспериментальные телевизионные передачи. Несмотря на свое несовершенство, «механическое» телевидение выполнило свою основную задачу — передачу и прием изображений на значительное расстояние. Вот как описывает профессор П. В. Шмаков, в то время директор Всесоюзного электротехнического института, где был создан передатчик и телеприемник с оптико-механической системой, первые успехи советских специалистов:

«Маленький, со спичечный коробок, экран. И передача, которую нам удалось «словить» из-за рубежа. Танцующая пара. Она в белом, он в черном. На прощание она помахала платочком, а он закурил — был виден дым. Вот и все. Незамысловато. Ничего фантастического. Но передача преодолела тысячное пространство, и это была маленькая победа человека над пространством, и от одного этого распирало грудь».

Первые шаги в практическом использовании электронных методов в телевидении были сделаны профессором физики Петербургского технологического института Борисом Львовичем Розингом. 25 июня 1907 г. он предложил «способ электрической передачи изображений на расстояние» и получил патент на это изобретение. А через несколько лет Розинг построил действующую модель приемной телевизионной установки с электронно-лучевой трубкой и передал изображение в стенах лаборатории.

Официальной датой рождения телевидения, по свидетельству многочисленных источников, принято считать 27 января 1926 г. В этот день шотландский инженер Джон Бэрд осуществил передачу с четкостью изображения в 30 строк (наиболее распространенный современный стандарт в странах Европы — 625 строк).

В 1926—1927 гг. на экранах США, Англии, Советского Союза появились первые смутные изображения. Регулярные же телевизионные передачи были начаты в середине 30-х гг. Так, английская государственная радиовещательная корпорация Би-Би-Си начала свои передачи в 1936 г. Интересно отметить, что к тому времени в Великобритании насчитывалось более 20 тыс. телевизионных приемников, а в США — около 6 тыс.

Из Московского телецентра регулярное телевидение началось 10 марта 1939 г. Изображение принималось на телевизоры, имевшие кинескоп с экраном в 23 см по диагонали.

Оборудование первых телецентров было далеко от совершенства. Может быть, поэтому немногие помнят довоенные передачи, отличавшиеся примитивностью и не позволявшие увлечь зрителя. В это время телевидение еще являлось фактом науки, а не фактом жизни.

Потребовалось не одно десятилетие, чтобы телевидение стало массовым средством информации. Для этого пришлось построить новые телевизионные центры и ретрансляционные станции, освоить производство телеприемников.

Сейчас даже не верится, что в 1953 г. в Японии было всего 4500 телевизоров, во Франции — 70 тыс., в Советском Союзе — 160 тыс. Сейчас в нашей стране функционирует около 60 млн. телевизоров.

С начала 50-х гг. началось внедрение цветного телевидения. Цветное изображение, бесспорно, обладает ря-

дом преимуществ перед черно-белым. Оно более выразительно, впечатляюще, ближе по краскам к реальной жизни.

Впервые метод передачи цветного изображения был предложен в 1899 г. русским инженером А. А. Полумордвиновым, который создал «Светораспределитель для аппарата, служащего для передачи изображения на расстояние».

В начале XX века русский инженер И. А. Адамиан создает систему сначала двухцветного, а в 1925 г. — трехцветного электронно-механического телевидения, которую с успехом демонстрирует в СССР и Англии.

В 1929 г. советский инженер Ю. С. Волков создал систему цветного телевидения без вращающихся устройств, положившую начало цветным электронным системам.

В дальнейшем усилиями ученых многих стран системы цветного телевидения постоянно совершенствовались. В середине 50-х гг. было подписано соглашение между СССР и Францией в области разработки и развития цветной телевизионной системы.

Французские специалисты имели здесь свои традиции. В 1954 г. инженер Анри де Франс предложил оригинальный вариант передачи цветного изображения, в основе которого лежал принцип поочередной передачи различных сигналов цвета. В дальнейшем этот принцип положил начало целому семейству систем под названием SECAM.

Работа в рамках Советско-Французского соглашения проходила на основе системы SECAM — сокращение от французского названия «Segunse de Couleur Avu Mémoire», т. е. последовательная передача цветов с запоминанием. С 1 октября 1967 г. одновременно в СССР и Франции началось регулярное телевизионное вещание. В настоящее время более половины всех телевизионных программ ведется в цветном изображении.

Как переносится изображение

Телевидение — вид связи, в котором осуществляется передача на расстояние изображений движущихся и неподвижных объектов, сопровождающаяся звуком, и почти одновременное воспроизведение их на месте приема.

Так же как для переноса звука в радиовещании, для

передачи движущихся изображений служат электрические сигналы, которые можно передавать как по радио, так и по проводам.

Как известно, мы видим окружающие нас предметы только тогда, когда они освещены или сами являются источником света. В этих случаях каждые отдельные точки — элементы предмета посылают нам информацию, выраженную совокупностью темных и светлых участков.

Для передачи изображения любого предмета необходимо яркость каждого отдельного элемента на предмете преобразовать в пропорциональные электрические сигналы. С этой целью с помощью обычных оптических линз изображение проецируется на сверхчувствительную поверхность передающей телевизионной трубки. Слой, которым покрыт экран этой трубки, обладает удивительным свойством: электрическое сопротивление его будет тем меньше, чем сильнее он освещен. Таким образом, в трубке осуществляется преобразование светового потока, приходящего от передаваемого предмета, в электрические сигналы, которые по величине прямо пропорциональны освещенности каждого элемента изображения. Такой сигнал принято называть сигналом изображения, или телевизионным видеосигналом.

Как же добиться того, чтобы телевизионный сигнал мог передать яркость каждого элемента изображения? Ведь все элементы изображения не могут быть одновременно переданы в эфир — это потребовало бы огромного количества передающих устройств, равного числу элементов изображения. Эта задача решается путем развертки изображения. Последняя производится по строкам, расположенным параллельно, т. е. точно так же, как мы читаем книгу — строку за строкой слева направо и сверху вниз. Когда электронный луч «считает» все элементы передаваемого предмета строку за строкой, их совокупность образует кадр телевизионного изображения.

По принятому в СССР и в большинстве других стран стандарту каждый кадр состоит из 625 строк. При формате изображения $\frac{3}{4}$ (на 4 единицы длины строки приходится 3 единицы длины по вертикали) в одном кадре содержится $625 \cdot \frac{4}{3} \cdot 625 = 500$ тыс. элементов изображения. Такое количество независимых элементов необходимо для того, чтобы увидеть как можно больше подробностей, мелких деталей изображения. Эти мелкие детали иногда имеют весьма важное значение, например

маленькая шайба при передаче хоккейного матча. Чем больше мелких деталей изображения мы видим, тем выше его четкость.

Инерционность нашего зрения такова, что мы не замечаем мелькания, если объекты наблюдения сменяются не чаще 40—50 раз в секунду. Значит, если за $\frac{1}{50}$ долю секунды уложить на экране 625 строк, то мы увидим слитное изображение. По ряду причин оказалось удобнее передавать 50 полукадров в секунду, т. е. 250 тыс. элементов: за $\frac{1}{50}$ долю секунды передаются все нечетные строки, а следующую такую же долю — все четные. Следовательно, луч за секунду изменяет яркость на экране телевизора $250\,000 \cdot 25 = 6$ млн. 250 тыс. раз. Значит, полоса частот, занимаемая сигналом, составит $6,25 \cdot 10^6$ Гц, или 6,25 МГц.

Эту весьма широкую полосу частот и передают на расстояние, применяя амплитудную модуляцию. По техническим соображениям необходимо, чтобы полоса частот, занимаемая модулирующим сигналом, была приблизительно в десять раз меньше несущей, т. е. должна быть порядка 62,5 МГц. Нетрудно подсчитать, что такой частоте соответствуют волны длиной 4,8 м. Это и есть ультракороткие волны, которые излучает в пространство передатчик.

После разложения изображения по элементам телевизионный сигнал усиливается до необходимой величины и подается на модуляторное устройство передатчика. Здесь под действием этого сигнала изменяется амплитуда высокочастотных колебаний передатчика, работающего в диапазоне ультракоротких волн, и антенна излучает промодулированный сигнал в пространство. Чтобы оба сигнала — звуковой и телевизионный могли быть приняты телевизионным приемником, несущие частоты передатчиков выбираются близкими друг к другу.

Итак, на вход телевизора поступает модулированный по амплитуде сигнал изображения и модулированный по частоте сигнал звукового сопровождения. Общей задачей телевизионного приемника являются: выделение сигналов избранной телезрителем программы; разделение сигналов изображения и звукового сопровождения; преобразование высокочастотных сигналов изображения и звука в низкочастотные и подача их соответственно на кинескоп и громкоговоритель.

Телевизионный сигнал, принятый антенной, поступа-

ет на вход телевизора, входная цепь которого выделяет сигнал избранной телезрителем программы. Затем сигналы изображения и звука отделяются друг от друга и направляются в свои каналы.

Телевизионный сигнал усиливается на высоких частотах, затем на промежуточных и наконец детектируется. На выходе детектора получается полный телевизионный сигнал, подобный тому, который был выработан передатчиком телецентра.

Далее телевизионный сигнал подается на кинескоп телевизора, где электронный луч с помощью отклоняющей системы, находящейся на котловине трубки, прочерчивает строку за строкой. Если менять интенсивность потока электронов, например, путем изменения напряжения на управляющем электроде кинескопа, то различные участки светящейся строки приобретут различную яркость.

Для получения на экране кинескопа такого же изображения, какое передает телевизионная камера, необходимо, чтобы электронный луч в приемной трубке перемещался по экрану в полном соответствии с перемещением луча в передающей трубке камеры. С этой целью вместе с сигналом изображения подаются специальные импульсы синхронизации, которые обеспечивают управление движением электронного луча по строкам и по кадрам. Импульсы синхронизации заставляют отклоняющие системы всех телевизоров работать в такт с лучом передающей трубки.

В канале звукового сопровождения происходит выделение сигналов звуковой частоты и усиление их до величины, обеспечивающей нормальную слышимость громкоговорителя.

Радуга на экране

Вспомним, какое сильное впечатление оставляет цветной кинофильм по сравнению с обыкновенным.

«Люди в общем очень радуются цветам. Глаз чувствует потребность их видеть... Вспомним о том приятном оживлении, которое мы испытываем, когда в пасмурный день лучи Солнца упадут на часть видимого пейзажа и цвета освещенных предметов делаются для нас хорошо видимыми», — писал Гете.

Все видимые предметы как бы выстреливают крохотные частицы, которые, попадая в глаз человека, создают видимый образ предмета. Так полагал великий Пифагор. Гениальная прозорливость! Его идея, как мы увидим дальше, была воскрешена И. Ньютоном в XVII веке и еще раз А. Эйнштейном в XX веке.

Аристотель не согласен с Пифагором. Излучение от видимых предметов к глазу передается через некую разреженную среду, считает он. Эта промежуточная среда, заполняющая пространство между телами, впоследствии получила название эфира.

Но все это лишь догадки. Пройдет два тысячелетия, прежде чем Галилей решит, что свет — это поток тончайших частиц, движущихся с конечной скоростью, а Ньютон разложит свет на составляющие и попытается объяснить цвет каждой из них.

Пока световые лучи распространяются одним общим пучком, мы не различаем цветов, воспринимаем их как белый цвет. Но стоит пропустить белый луч солнечного света через трехгранную призму, как из нее выйдет веер лучей всех цветов — от красного до фиолетового. Такое разделение простых цветов дало в руки ученых первый объективный признак, лежащий в основе восприятия цвета. И. Ньютон писал: «Белизна и все серые цвета между белым и черным могут быть составлены из цветов, и белый солнечный свет составлен из всех первичных цветов, смешанных в должной пропорции».

Каким же образом наш глаз различает цвета?

Известно, что белый свет можно разложить на все цвета радуги, или, как говорят, в спектр. В нем смешаны все видимые световые волны, дающие огромное разнообразие цветовых оттенков. Если три луча разного цвета смешать в определенной пропорции, получится какой угодно цвет. Из этого, отчасти, и исходит теория цветового зрения, предложенная великим русским ученым М. В. Ломоносовым и описанная им в работе «Слово о происхождении света, новую теорию о цветах представляющем, июля 1-го дня 1756 года говоренное».

С подобной теорией в 1802 г. выступил английский физик Т. Юнг. Он доказывал, что ощущение различных цветов зависит от различной частоты колебаний эфира, передаваемых им сетчатке глаза.

Достроил теорию цветового зрения в конце XIX века немецкий физик Г. Гельмгольц.

Вот почему эта теория формулируется как классическая трехкомпонентная теория цветового зрения Ломоносова—Юнга—Гельмгольца.

Согласно этой теории все цветочувствительные рецепторы сетчатки глаза делятся на три группы, из которых каждая чувствительна только к какому-либо одному основному цвету — красному, зеленому или синему. Белый цвет воспринимают все группы одновременно. Лучи света других оттенков, не имеющие в сетчатке своих нервных окончаний, возбуждаются в нашем мозгу в результате сочетания основных цветов. Так формируется наше мнение о цвете. Именно на учете этих особенностей человеческого глаза и основаны способы получения цветного изображения.

Остановимся ненадолго на самом простом из них. Суть его заключается в следующем. Для одновременной параллельной передачи трех основных цветов необходимы три канала связи, а для приема цветного изображения — три усилителя цвета и три кинескопа — красного, зеленого и синего свечения люминофоров.

На модулирующее устройство каждого кинескопа подаются соответственные принятые и усиленные сигналы трех цветов. Полученные на экранах кинескопов изображения проектируют на один общий экран и, когда три изображения полностью совпадут, на экране возникнет цветное изображение.

Вроде бы все просто и естественно. Однако точно совместить все три изображения на один экран слишком сложно. Инженерная мысль была вынуждена пойти другим путем.

Серьезные трудности связаны и с передачей сигналов цветного телевидения. Мы знаем, что для передачи обычного черно-белого изображения требуется полоса частот 6,5 МГц. Поскольку в цветной системе число кадров увеличивается в три раза, то необходимо в три раза расширить и полосу частот, занимаемую такой передачей. Такая система не только усложняет аппаратуру, но и не может из-за своей широкополосности быть использована совместно с черно-белым телевидением.

Наибольшее распространение получила система, в которой используется один кинескоп с теневой маской. Она построена на использовании свойств нашего глаза складывать цвета не только тогда, когда разноцветные лучи попадают в одну точку экрана, но и когда близкораспо-

ложенные точки светятся разными цветами. О такого рода изображении у нас создается представление как об одноцветном.

В масочном кинескопе внутренняя сферическая поверхность экрана покрывается люминофорами красного, зеленого и синего свечения. Их наносят в виде точек, сгруппированных по три в форме треугольника и расположенных на расстоянии друг от друга примерно 0,3 мм. Если взять телевизионную трубку размером 59 см по диагонали, то светящихся точек, уложенных в строгом порядке, будет ни много ни мало около 2 млн. На некотором расстоянии от экрана параллельно ему расположена цветоделительная теневая маска — диск с отверстиями, каждое из которых приходится точно против центра треугольника.

Чтобы получить цветное изображение, необходимо засветить каждую точку экрана кинескопа с помощью электронно-оптических систем, дающих три разных «цветовых» сигнала. Все размеры и расстояния в кинескопе выбраны таким образом, чтобы каждый электронный луч, пройдя отверстие в маске, попадал в точку «своего» цвета свечения. Это сделать практически очень трудно. Поэтому на горловине трубки устанавливают целую систему корректирующих магнитов, которые осуществляют как регулировку перемещения электронных лучей в любом направлении, так и динамическое их сведение строго в такт с работой отклоняющей системы.

Несмотря на некоторые недостатки, кинескоп с теневой маской остается основным прибором массового применения.

Однако существуют и другие варианты исполнения цветных кинескопов. Так, японская фирма «Панасоник» разработала новый тип цветного кинескопа «Квинтрикс». В нем внутренняя поверхность экрана, в отличие от кинескопа с теневой маской, выполнена в виде штриховых триадных групп, разделенных промежутками по вертикали и горизонтали. Эти промежутки покрываются черным цветом, что позволяет получить хорошую контрастность изображения.

Электронные пушки располагаются на одной линии, чем упрощается задача сведения лучей в центре и на краях экрана.

Перечисленные усовершенствования повысили качество цветовоспроизведения. Изображение стало обла-

дать большей яркостью, лучшей контрастностью и фокусировкой по сравнению с обычным масочным кинескопом.

Другая японская фирма «Сони» разработала цветной кинескоп типа «Тринитрон». Здесь специалисты отказались от трех электронных пушек и вместо них создали одну пушку, которая формирует сразу три линейно-расположенных электронных луча.

Такое расположение лучей существенно упростило вопрос их сведения. И если в кинескопе с теневой маской применяется довольно сложная система, имеющая порядка 10—20 регулировок, то в «Тринитроне» удалось обойтись только одной. Теневая маска была заменена на апертурную сетку, что дало выигрыш в яркости, а это в свою очередь позволило создать более четкое изображение при дневном освещении.

Несомненные достоинства «Тринитрона» позволили ему успешно конкурировать с другими типами кинескопов, и в настоящее время производство кинескопов «Тринитрон» достигло миллиона штук в год.

Теперь остается рассмотреть вопрос о том, какими путями добиться взаимосовместимости цветной и черно-белой передачи, и в связи с этим — сузить полосу частот для цветного телевидения.

Установлено, что глаз человека неодинаково чувствителен к различным лучам. Наиболее чутко он реагирует на зеленые лучи, менее чутко к красным и очень слабо реагирует на синие. Это было учтено: при передаче цветного изображения сигнал представляет собой сумму трех сигналов основных цветов, смешанных в следующей пропорции: $K : Z : C = 0,3 : 0,59 : 0,11$.

Установлено также, что при уменьшении размеров наблюдаемого изображения или его яркости происходит снижение ощущения цвета и остается только ощущение яркости. И если все мелкие детали передавать не в цветах, а черно-белыми, то глаз человека этого не заметит. Это свойство зрения позволило существенно сократить полосу передаваемых частот без какого-либо ухудшения качества цветного изображения.

Однако сокращение общей полосы частот еще не решает другой задачи — передачи всех телевизионных сигналов по одному каналу связи.

Решение было найдено, когда обнаружили, что при передаче черно-белого изображения значительная часть

отведенной передатчику полосы частот полностью не используется. Другими словами, спектр телевизионного сигнала имеет не непрерывный, а дискретный характер. Между участками спектра, несущих информацию о передаваемом изображении, есть интервалы, в которых сигналы практически отсутствуют. Это навело на мысль заполнить пустующие места спектра сигналами, несущими цветное изображение. Таким образом, в спектре передаваемого телевизионного сигнала удалось совместить в одном канале связи два сигнала — основной сигнал черно-белого изображения и сигналы «цветовой информации», а затем вновь разделить их в месте приема. Именно такая совмещенная система дает возможность принимать любые передачи на любые телевизионные приемники.

Новые горизонты телевидения

Будучи неотъемлемой частью нашей жизни, телевидение с каждым годом ставит все более сложные проблемы как перед организаторами программ, так и перед телезрителями. Скажем, вам захотелось еще раз посмотреть понравившийся фильм или спортивную передачу. Или, путешествуя по стране, видя много интересного и увлекательного, отснять любительский телевизионный фильм и показать его друзьям на экране домашнего телевизора. Наконец, возникает необходимость срочно просмотреть какие-то материалы, электрические схемы, чертежи, находящиеся за сотни километров.

Между тем сколько программ можно поймать в эфире? Четыре, как в Москве, или, как в большинстве периферийных местностей, пока одну. Это положение объясняется тем, что частотных каналов в метровом диапазоне волн слишком мало, чтобы обеспечить даже самые крупные города многопрограммным телевидением. Вот почему телевидение было вынуждено постепенно покидать эфир и переходить на новые виды связи.

Какие же новые телевизионные системы предлагают специалисты?

В предыдущих разделах рассказывалось, что коаксиальный кабель — чрезвычайно емкий канал связи. Существующие в настоящее время кабели и новые широкополосные усилители обеспечивают передачу колебаний

высоких частот, модулированных полосой до 300 млн. Гц, тогда как ширина полосы телевизионного сигнала составляет 6 млн. Гц. Поэтому кабельные системы можно использовать для одновременной передачи десятков телевизионных программ, радиопрограмм, значительно объема служебной и бытовой информации, причем без выделения специальных участков диапазона радиоволн, что необходимо при передаче в эфир. Телевидение, использующее кабели в качестве каналов связи, получило название кабельного телевидения.

Во многих странах в последние годы обнаружилась явная тенденция к внедрению различных систем кабельного телевидения. Это объясняется многими преимуществами нового вида связи: многопрограммностью, защищенностью от промышленных и атмосферных помех, двусторонней связью источника программ и абонента и т. п.

В результате появляется принципиальная возможность организовать информационно-справочную службу, которая позволит абонентам просматривать телевизионные программы по индивидуальным заказам.

В США, например, существует около 3000 различных кабельных систем, к которым подключено несколько миллионов телевизоров.

Бурно развивается кабельное телевидение и в таких странах, как Япония, ФРГ, Англия, Франция, Бельгия и др.

В одном из предлагаемых проектов в аппаратуру, устанавливаемую у абонента, входит отдельный блок переключателя телевизионных каналов и 12-клавишный пульт, которые используются для запроса информации, просмотра телевизионных программ.

В качестве блока запоминания, который выделяет нужные кадры изображения из всей передаваемой по кабелю информации, можно применить видеоманитонные приставки. Они уже созданы и возможно скоро появятся на прилавках магазинов. Если такой видеоманитон снабдить телевизионной камерой, то можно не только снимать любительские фильмы, но и тут же демонстрировать их на экране телевизора.

Есть и другой способ записи и воспроизведения изображения — звуковизуальная запись на видеопластинку. Последняя по виду напоминает обычную долгоиграющую пластинку. Разница лишь в том, что здесь на бо-

роздках сделана одновременно запись как звука, так и изображения.

В нашей стране также ведутся работы по внедрению систем кабельного телевидения. Уже нашли применение различные кабельные сети для нужд связи, радиовещания и телевидения. Всем известны кабельные распределительные системы, соединяющие коллективные телевизионные антенны наших домов с потребителями. На телестудии в Останкино успешно работает 15-канальная система, которая обеспечивает просмотр на рабочем месте телевизионных программ перед выходом их в эфир.

В заключение хотелось бы остановиться еще на одной проблеме, которой в последнее время уделяется много внимания. Речь идет о разработке телевизоров без вакуумной трубки. В таком телевизоре экран будет состоять из отдельных светящихся элементов, которые надо соответствующим образом переключать.

Усиленный интерес к этой проблеме вызван тем, что телевизионная трубка является одним из самых уязвимых мест современного телевизора. Она же в основном определяет как габариты, так и мощность, необходимую для управления электронным лучом кинескопа. Вот почему специалисты предлагают различные варианты создания так называемого плоского экрана.

Несколько лет назад в Москве, на проспекте Калинина появился гигантский экран, занимающий целую стену одного из зданий. Находясь за сотни метров, прохожие могут не только читать различного рода надписи, но и смотреть цветные кинофильмы.

Экран такого телевизора сплошь усеян обычными электрическими лампочками разного цвета, и его вполне можно назвать плоским. Изображение на таком экране создается с помощью коммутации последовательно зажигающихся ламп. А так как каждый элемент изображения должен светиться по-разному, схема управления лампочками занимает гораздо больший объем, чем сам экран. Естественно, такой экран не может быть пригоден для бытовых целей. Даже самые миниатюрные электролампочки не так уж малы, они не позволяют получить изображения с высокой четкостью. Однако для целей рекламы такой телевизор оказался весьма полезным. Не случайно его можно увидеть на улицах и площадях многих крупных городов нашей страны.

На Курском вокзале в Москве об отправлении и прибытии поездов пассажиры узнают, глядя на мозаичный экран, построенный из так называемых бленкеров. На лицевой стороне бленкера укреплен флажок, который поворачивается белой или черной стороной под действием магнитного поля, создаваемого электрическим током. Когда флажок поворачивается белой стороной, мы видим на экране белое пятно, черная же сторона флажка сливается с общим фоном. Из белых пятен и строятся изображения текста, которые мы читаем.

Существуют и другие варианты. Всем хорошо известны светящиеся трубки, наполненные тем или иным инертным газом. Для получения свечения требуется приложить электрическое напряжение выше некоторого порогового значения. Телевизионное изображение можно создать путем пропускания различных токов через элементы плоского экрана. Матрица газоразрядных элементов позволяет создать и цветное изображение. Для этого подбирают газы с определенной цветностью свечения, например красной, синей и зеленой. Экран такого телевизора разбивается на группы элементов, состоящих из трех шин. Каждый столбец из группы заполняется газом, который создает свечение одного из трех цветов. Коммутируя соответствующим образом элементы группы, можно получить изображение, которое при рассмотрении с достаточно большого расстояния создает у нас требуемое цветоощущение.

Световым элементом могут служить и светодиоды, излучающие свет при пропускании через них электрического тока. Они представляют собой крохотные диски из полупроводниковых материалов, таких, как карбид кремния или арсенид галлия. По сравнению с лампами накаливания и газоразрядными приборами они более долговечны и потребляют в десятки раз меньшую мощность. Помимо этого, светодиоды обладают высокой скоростью переключения, занимают малый объем и отличаются устойчивостью к различного рода механическим воздействиям.

Матрицу светодиодов нетрудно изготовить всю целиком, используя для этого методы современной микроэлектроники. Изображение на телевизионном экране создается последовательным высвечиванием отдельных элементов матрицы. Для этого используются различные методы и прежде всего радиоэлектронные, где по опре-

деленным законам формируется электрическое напряжение, поочередно подключаемое к элементам экрана.

Телевизионное изображение можно создать также на экране, состоящем не из излучающих элементов, а из ячеек с регулируемой прозрачностью. В этом случае рабочим веществом могут быть жидкие или сегнетоэлектрические кристаллы. В жидких кристаллах степень прозрачности, а следовательно, и яркости, зависит от тока, протекающего через кристалл. В сегнетоэлектрических кристаллах прозрачность элементов колеблется за счет изменения плоскости поляризации света.

Несмотря на успехи, достигнутые в конструировании твердотельных экранов, эта проблема в настоящее время еще не решена. Имеются серьезные трудности как в создании наиболее простой конструкции плоского экрана, так и в реализации способов подключения элементов матрицы. Однако специалисты полагают, что плоский экран в недалеком будущем станет одним из обязательных узлов телевизора.

Телевидение и мы

В нашей повседневной жизни телевидение давно стало естественным и необходимым. Оно прочно вошло в наш быт, изменило жизнь многих миллионов людей, явилось одним из главных источников информации. Сейчас насчитывается свыше 400 млн. телевизоров и число их непрерывно увеличивается.

Действительно, визуальная информация обладает большой силой притягательности, легко проникает в сознание людей, оказывает на них большее эмоциональное влияние.

И эта информация прежде всего отражает систему отношений, существующих в обществе, и связана с его экономическими, идеологическими и политическими воззрениями.

Вот что пишет известный английский писатель Д. Олдридж:

«Телевидение, во всяком случае то, с которым сталкиваемся мы на Западе, часто вульгаризирует и дезинформирует, заставляет воспринимать жизнь глупо и бессмысленно. И, что самое страшное, сталкиваемся мы с этим дома, в интимной обстановке, когда зерна, посеян-

ные им, попадают на особенно благоприятную почву».

Американские социологи составили список тех изменений, которые были внесены в повседневную жизнь американцев телевидением. Разумеется, он далеко не полный. Его приводит в одной из своих статей французский журналист Пьер Рондьер:

«Продажа спиртных напитков в барах и ресторанах сократилась, зато увеличилась продажа на вынос. Так что рассчитывать на ТВ в деле борьбы с алкоголизмом бессмысленно;

дамские портные приходят в ужас: женщины не жаждут больше, за исключением ограниченной касты, приобретать оригинальные туалеты, ибо дома они ни к чему. Зато продавцы халатов и домашней одежды богатеют на глазах;

ловкий фабрикант выбросил на рынок «холодный ТВ-ужин», который можно поглощать, сидя у экрана. Новинка имела успех. У стоматологов и дантистов в этой связи возросла клиентура;

потребление конфет, печенья, орешков, изюма и сахаренных фруктов растет с головокружительной быстротой... В полутьме гостиной, перед своим домашним всевидящим оком, средний американец обрастает жиром. Что делать? Он применяет пилюли для похудения. Аптекари процветают;

мебель становится все изысканней, интерьер приобретает все большее значение. Появляются новые немислимые модели телестолов и телекресел... Короче, современная западная семья входит в век телевизионита с хорошей экипировкой».

Четыреста американских семей, опрошенных университетом Кентукки, на вопрос, что думают владельцы телевизоров о влиянии телевидения на их жизнь, ответили следующим образом:

| | |
|--|-------|
| Недорогое развлечение | 83,8% |
| Позволяет не тратиться на прочие развлечения | 41,5% |
| Укрепляет семейные узы | 16,3% |
| Помогает уберечь детей от влияния улицы | 15,3% |
| Повышает культурный уровень | 4,5% |

Выходит, что основное достоинство телевидения — недорогое развлечение! Тем не менее это не мешает мил-

лионам зрителей проводить чуть ли не все вечера перед магическим окном телевизионного экрана.

Огромно влияние телевидения на жизнь подрастающего поколения во всем мире.

Средний ребенок в Англии тратит около 20 ч в неделю на просмотр телепередач, независимо от того, учебное это время или каникулы. Учителя некоторых парижских школ заявляют, что не решаются в понедельник разбирать на уроках серьезный материал, так как почти весь класс клюет носом.

Социологами высказываются опасения, что дети, сидя перед экраном телевизора, теряют способность трезво рассуждать, утрачивают инициативу и воображение. Следствием неумеренного потребления детьми телепродукции является нервное переутомление, болезни суставов, искривление позвоночника.

Нет меры, которой могло бы быть определено влияние телевидения на формирование личности. «Впервые,— по словам А. Кларка,— появилось поколение, которое знает больше своих родителей, и телевидение по меньшей мере частично ответственно за это». Но не надо забывать, что в этой «родительской» функции телевидение выступает не в силу присущих ему свойств (в чем стремятся убедить буржуазные теоретики), а в результате того, что оно выступает выразителем определенной общественной системы. И не случайно идеологи монополистической буржуазии пытаются средствами массовой информации с охватом огромной аудитории людей выдать телевидение за основную силу преобразования общества. Проповедником этих идей является канадский профессор Г. М. Маклюэн.

Его идеи образно охарактеризовал в одной из своих статей американский исследователь С. Финкельстайн: «Знаменитую фразу, открывающую «Манифест Коммунистической партии»,— «История всех до сих пор существовавших обществ была историей борьбы классов» — Маклюэн предлагает сегодня читать иначе: «История всех до сих пор существовавших обществ есть история борьбы средств массовой информации».

Идеи Маклюэна вылились в своеобразное течение «маклюэнизм», получившее широкое распространение в странах Америки и Западной Европы.

По Маклюэну, новые технические средства общения ведут к созданию в развитых странах капитализма ново-

го общества. С помощью «маклюэнизма» можно объяснить не только все пороки современного капиталистического строя, но и доказать неизбежность его якобы восхождения на принципиально новую ступень своего развития.

Преследуя интересы господствующего класса, наши идеологические противники не забывают при этом использовать самые различные методы борьбы против социализма. И здесь телевидение, как одно из основных средств массовой информации, играет главенствующую роль.

Находясь в руках правящих кругов капиталистического общества, телевидение позволяет держать под идейным контролем значительную часть трудящихся. И вся история развития западного телевидения, его способность воздействовать на массы еще раз подтверждают истинность ленинских слов о том, что «капитализм не был бы капитализмом, если бы он, с одной стороны, не осуждал *массы* на состояние забитости, подавленности, запуганности... темноты, — если бы он (капитализм), с другой стороны, не давал буржуазии в руки гигантского аппарата лжи и обмана, массового надувания рабочих и крестьян, отупления их и т. д.»*.

В отличие от капиталистического общества, социалистическая система требует от средств массовой информации активной пропаганды политических, экономических, производственных, культурных достижений советского народа, показа человека труда, его деятельности в интересах общества в целом. Телевидение стало новым средством объединения людей, стимулятором прогрессивных форм общественной деятельности.

Общественная собственность, историческая роль КПСС как выразителя интересов социализма и каждого трудящегося в отдельности создали благоприятные возможности для успешного осуществления многих задач советского телевидения как органа политической агитации и пропаганды.

Телевидение вводит советского зрителя в заводские, сельские, студенческие коллективы, показывает ход всенародной борьбы за досрочное выполнение планов, намеченных партией и правительством, демонстрирует различные формы общения, досуга, праздничных церемоний.

* В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 40, с. 15.

Зримой и осязаемой стала связь между живописью, литературой, театром, кино, радио и телевидением, которые раньше казались изолированными друг от друга.

«Телеобъектив,— пишет в статье «Искать себя — найти себя» критик А. Гвоздева,— своей откровенностью вызывает на откровенный разговор, наводит на раздумья. Что значит научить хорошему? Как сделать жизнь лучше? Всепроникающая власть телеэкрана, достоверность интонации, с которой ведется разговор, заставляют искать ответы на эти вопросы. И прежде всего силой положительного примера».

Социалистическое общество беспощадно к различным видам антисоветской пропаганды. Разоблачение наших идеологических противников, их клевета на нашу жизнь и демократию, критика капиталистического образа жизни находят широкое отражение в программах телевидения, которые ведут наши политические обозреватели.

Наряду с этим несовместимость капиталистического и социалистического телевидения не является препятствием для обмена программами между ними. Художественные фильмы, записи концертов, спортивные программы, организация объединенных передач находят свое отражение в планах сотрудничества между различными странами. Естественно, что такое сотрудничество должно осуществляться на принципах суверенитета и невмешательства во внутренние дела государства. Как говорил на Конференции коммунистических и рабочих партий в Берлине в 1976 г. глава Советского государства Л. И. Брежнев, «мы считаем, что культурный обмен и средства информации должны служить гуманным идеалам, делу мира, укреплению доверия и дружбы между народами».

Свет на службе связи

Судьбы людей сопровождает замечательный мир света.

Г. Лонгфелло

Природа света

На протяжении многих веков формировались представления о природе света. Еще на ранней стадии своего развития человек признал солнце, от которого исходят животворные лучи, за высшее существо, поклонялся ему и обожествлял его.

Фараон Аменофис IV, супруг красавицы Нефертити, правивший в XIV веке до н. э., вводит поклонение Атому — солнечному диску, воспевая благие действия его лучей для всего живого на земле.

Обожествление солнца, поклонение ему присущи и многим другим древнейшим народам. По словам американского астронома Д. Мензеля, «его благотворное влияние на все живущее было очевидным результатом наблюдений. Поклонение солнцу и его земному подобию — огню являлось простым признанием благотворных и совершенных свойств света и тепла».

Первые самые простые представления о свете возникли у людей в результате наблюдений. Именно наблюдения позволили древним ученым выдвинуть ряд догадок относительно природы света.

В III веке до н. э. великий Эвклид в своей книге «Оптика» описывает закон отражения света. Знаменитый Платон полагает, что глаза испускают лучи, лучи ошупывают предметы и мы их видим. Греческий философ Эмпедокл выдвигает новую теорию: от глаза простирается некое невидимое щупальце, которое захватывает наблюдаемый предмет, и поэтому мы его видим. Замеча-

тельный астроном древности Птолемей делает попытки измерить углы падения и преломления света. Великий механик Архимед направляет на неприятельский флот вогнутое зеркало и сфокусированными при помощи него солнечными лучами поджигает неприятельский флот.

Да, античные ученые сумели догадаться о многом. Но эти догадки не могли объяснить физическую природу света. Первыми, кто попытался научно объяснить его природу, были Исаак Ньютон и Христиан Гюйгенс.

Тела светятся, выбрасывая потоки световых частиц — корпускул, утверждал Ньютон. По мнению Гюйгенса, свет имеет не корпускулярную, а волновую природу.

Что же такое свет — волны или частицы?

На протяжении почти 200 лет в науке параллельно существовали оба представления о свете. Это объяснялось тем, что обе теории могли объяснить большинство фактов, известных науке. Однако к концу XIX века Т. Юнг, О. Френель и другие ученые открыли ряд явлений, объяснить которые могла только волновая теория света.

Прежде всего это относится к дифракции света, т. е. способности волн огибать препятствия, лежащие на пути их распространения. Дифракция возникает, когда размеры препятствий соизмеримы с длиной волны или меньше ее. В первом случае волны сильно загигаются, во втором случае дифракция выражена слабо. Когда же длина волны и размер препятствия становятся соизмеримыми, волна как бы «не замечает» преграды. Таким образом, утверждение Ньютона, что свет распространяется строго прямолинейно и не может огибать препятствий, являлось главным опровержением его гипотезы.

Другое доказательство волновой природы света связано с интерференцией света — явлением наложения волн одна на другую, или, как говорят в физике, суперпозиции волн. При наложении волн друг на друга одни волны, складываясь, взаимно ослабляются, другие, наоборот, усиливаются. Но бывает и так, что в точках встречи волн образуются области, где колебания максимальны. Между областями максимумов, где сталкиваются волны, расположены области, где колебания отсутствуют. Такую картину можно наблюдать лишь в том случае, когда источники излучения световых волн когерентны. Это означает, что амплитуда, частота и фаза волны в течение отрезка времени постоянны.

Явления дифракции и интерференции света, а позднее и открытие явления поляризации, убедительно доказали справедливость волновой теории света Гюйгенса. Оставалось лишь выяснить вопрос о мировом эфире — материальной среде, заполняющей пространство. Ведь без наличия эфира никто не мог объяснить, почему свет распространяется в пространстве.

В 70-х гг. прошлого века Максвелл вывел свои знаменитые уравнения и создал теорию электромагнитного поля, объяснив природу света электромагнитным волновым процессом. Представление о мировом эфире было отброшено.

После открытия Герцем электромагнитных волн теория Максвелла нашла блестящее подтверждение. Сам Герц восхищался безукоризненностью и ясностью математических выводов Максвелла: «Нельзя изучать эту удивительную теорию, не испытывая временами странного чувства, как будто в уравнениях и формулах есть своя собственная жизнь — как будто они умнее самого автора, как будто мы получаем от них больше, чем сначала было в них вложено».

И еще одному открытию, сделанному Герцем, суждено было дать новые сведения о природе света.

Проводя опыты со своим знаменитым вибратором, ученый случайно заметил, что при попадании света на искровой промежуток напряжение, требуемое для создания искры, можно уменьшить. Значит, свет каким-то образом влиял на прохождение электрического тока?

Дальнейшая судьба этого открытия связана с именем известного русского ученого А. Г. Столетова. Он установил, что свет вырывает из поверхности тел электроны в количестве, пропорциональном интенсивности падающего света. Чем больше поток света, тем больше выбитых электронов. Явление, изученное Столетовым, получило название фотоэлектрического эффекта.

Для дальнейшего развития представлений о свете необходимо было экспериментально подтвердить гипотезу Максвелла о давлении, оказываемом электромагнитными волнами на различные тела и поверхности. Согласно теоретическим расчетам Максвелла, солнечный свет давит на 1 м^2 абсолютно черной поверхности с силой в 0,4 мкг. Эту трудную задачу решил профессор Московского университета П. Н. Лебедев. В 1899 г. он измерил давление света на твердые тела с помощью сконструиро-

ванного им прибора. Сам прибор представлял собой стержень с небольшими и легкими крылышками, который был подвешен на тонкой кварцевой нити. К последней прикреплялось зеркальце, отбрасывающее световой зайчик на специально отградуированную шкалу. При падении светового луча на крылышко кварцевая нить закручивалась и зайчик отмечал по шкале величину светового давления. Так Н. Н. Лебедев подтвердил факт светового давления и точность расчетов Максвелла.

После опытов Г. Герца, А. Г. Столетова, П. Н. Лебедева никто уже не сомневался в том, что свет обладает всеми свойствами электромагнитных волн.

На рубеже XX века немецкий физик М. Планк пришел к выводу, что атомы излучают и поглощают энергию отдельными порциями — квантами. Кванты световой энергии называются фотонами. Казалось бы, торжество корпускулярной теории? Нет. Опираясь на открытия Столетова и Планка, А. Эйнштейн в 1917 г. теоретически доказал, что возбужденные атомы могут излучать кванты света (фотоны) двумя способами. Во-первых, процесс излучения может происходить без внешнего возмущения, т. е. самопроизвольно. Во-вторых, фотон может излучаться при воздействии на возбужденную систему точно таких же фотонов. Отсюда следует, что частицу с верхнего энергетического уровня можно столкнуть на нижний, при этом частица испускает квант света, тождественный падающему. Процесс вынужденного испускания прямо противоположен хорошо известному процессу поглощения света в веществе. При поглощении квант света исчезает, при вынужденном испускании, наоборот, появляется еще один квант. Возникает своеобразная «индукция света»: атомы газа или кристалла будут как бы усиливать падающий на них свет. Это явление позднее легло в основу работы оптических квантовых генераторов.

После работ Эйнштейна, а позднее французского ученого Луи де Бройля становится очевидным: свет одновременно является и волной и частицей! Волновая теория отлично объясняет явления дифракции и интерференции, а корпускулярная — законы испускания и поглощения света.

Лавина фотонов

Возможность создания среды для усиления световых колебаний была впервые отмечена в 1939—1940 гг. профессором В. А. Фабрикантом. В годы Великой Отечественной войны эти работы прервались и возобновились только после войны. В 1951 г. они завершились заявкой на изобретение «Способ усиления электромагнитного излучения (ультрафиолетового, видимого, инфракрасного и радиодиапазонов волн)». К сожалению, работы В. А. Фабриканта были опубликованы лишь в 1959 г. после создания лазера.

В 1954 г. советским физикам Н. Г. Басову и А. М. Прохорову и одновременно американскому ученому У. Таунсу удалось впервые наблюдать и использовать вынужденное излучение. Так родились удивительные невиданные источники света.

Как же был устроен и как работал первый лазер, созданный физиками?

Типичным, можно сказать, классическим оптическим генератором является рубиновый лазер. Рубин представляет собой окись алюминия с примесью хрома. «Рабочие» ионы в атоме хрома располагаются на трех различных уровнях. В зависимости от концентрации атомов хрома, которые играют роль активной среды, цвет рубина изменяется от розового до насыщенного красного. Рубиновый стержень помещен внутрь спирали импульсной лампы. На торцы рубинового стержня наносят отражающие покрытия — зеркала.

Чтобы получить генерацию, освещают рубиновый стержень мощным кратковременным световым потоком, идущим от импульсной лампы. При облучении рубина светом атомы хрома возбуждаются, и ионы хрома переходят с основного, нижнего уровня на третий, высший уровень. Здесь они долго не задерживаются и перескакивают на второй уровень. В результате на втором энергетическом уровне создается избыток возбужденных ионов по сравнению с первым. Дальше события развиваются молниеносно. Переходя со второго уровня на нижний, ион хрома испускает фотон. Пролетая мимо другого возбужденного иона, такой фотон заставит и его «выстрелить» фотоном. Если каждый из этих фотонов разрядит еще по одному иону, количество фотонов удвоится. Налицо лавинное нарастание квантов

света, распространяющееся вдоль оси стержня рубина перпендикулярно зеркалам. Наткнувшись на зеркало, фотонная лавина отражается и на обратном пути присоединяет к себе новые возбужденные атомы хрома. А возбуждение последних поддерживается периодическими импульсами импульсной лампы, которые как бы накачивают в кристалл световую энергию. Отсюда и название — «лампа накачки».

Как же луч света выводится из рубинового стержня наружу? Довольно просто: одно из зеркал делается полупрозрачным. Дойдя до полупрозрачного зеркала, свет частично пройдет через него. Эта часть световой энергии вырывается наружу в виде мгновенного всплеска излучения невиданной яркости.

«Чтобы получить от нити лампы накаливания луч света такой же яркости, как луч квантового генератора, ее потребовалось бы нагреть до температуры 10 миллиардов градусов», — писал академик Басов. Созданные же источники света не раскалены до чудовищной температуры, они совершенно холодные. Некоторые из них, созданные из полупроводниковых материалов, могут даже уместиться на ладони.

Лазеры на рубине могут работать только в импульсном режиме короткими вспышками-выстрелами.

Существуют лазеры, работающие на газе. Гелий-неоновый лазер может работать как в непрерывном, так и в импульсном режимах. Лазер на углекислом газе генерирует инфракрасное излучение с длиной волны 10,6 мкм. Такое излучение практически не ослабляется атмосферой, что особенно важно при применении его для целей связи.

В последние годы внимание ученых и инженеров привлекли полупроводниковые лазеры. Самая значительная их особенность — возможность непосредственного преобразования электрической энергии в энергию световых электромагнитных колебаний, причем коэффициент полезного действия при таком преобразовании может приближаться к 100%. Кроме того, мощность полупроводниковых лазеров в расчете на 1 см³ излучающего вещества в сотни тысяч раз больше, чем у других генераторов. Размеры полупроводникового лазера — доли миллиметра. Световой луч пробегает такой путь за 10⁻¹²—10⁻¹³ с. А это открывает большие перспективы для соз-

дания вычислительных машин с колоссальным быстродействием.

Наконец, с помощью механических, электрических или магнитных воздействий, а также путем изменения процентного содержания различных компонентов кристалла можно варьировать частоты генерируемого излучения в весьма широких пределах. Например, изменение состава в соединении арсенид индия — фосфид индия приводит к изменению длины волны генерируемого света от 0,9 до 3,2 мкм.

Диапазон волн, излучаемых оптическими квантовыми генераторами, охватывает практически весь оптический диапазон и простирается от ультрафиолетовой до инфракрасной области спектра электромагнитных волн. Большинство квантовых генераторов испускает свет в очень узком спектральном интервале с высокой степенью когерентности.

Когерентность и малая угловая расходимость луча оптических квантовых генераторов открывают широкие возможности использования их для целей связи.

Лазерная связь и телевидение

Современное общество обладает развитой сетью мощных средств связи. Земля опутана густой паутиной воздушных проводов и подземных кабелей, по каждому из которых одновременно ведутся сотни и тысячи разговоров. И все же поток информации растет значительно быстрее, чем емкость всех каналов связи.

Инженеры-связисты много лет мечтали использовать свет для целей связи. Ведь скорость распространения светового луча — около 300 тыс. км/с, а полоса пропускания световых волн в тысячи раз больше, чем у самых коротких радиоволн.

В оптическом диапазоне волн можно легко разместить около 10 млн. телепрограмм или 10 млрд. телефонных разговоров! Это означает, что при прочих равных условиях оптическая линия связи характеризуется емкостью в миллион раз большей, чем емкость радиолинии метрового диапазона волн.

Что же касается передачи информации на большие расстояния, то здесь лазеры при малой угловой расходи-

мости и высоких энергетических характеристиках являются одним из наиболее перспективных средств. Ученые подсчитали, что телефонная связь Земли с Марсом, находящимся от нас на расстоянии около 100 млн. км, может надежно работать на лазерах с мощностью излучения всего в 10 Вт.

Известно, что расходимость излучения электромагнитной энергии определяется соотношением между длиной волны и поперечными геометрическими размерами антенны. Поэтому с укорочением длины волны представляется возможным осуществить направленную передачу в нужный пункт при весьма малых размерах приемной антенны.

В отличие от радиочастотных систем лазерные линии связи позволяют осуществлять одновременную передачу информации на одной несущей частоте без помех друг другу: узкие световые пучки могут пронизывать пространство в самых различных направлениях. При этом каждый приемник примет сигнал только той станции, которая нацелена на него, и абсолютно не почувствует присутствия в эфире остальных сигналов.

Появление мощных лазеров еще не решает проблему создания оптических линий связи. Оптический луч должен пройти весьма сложную «обработку», прежде чем станет носителем информации.

Прежде всего световой луч надо разметить, т. е. изменить, промодулировать. В обычной телефонной связи звуковые волны нашего голоса, падающего на микрофон, порождают электрический ток переменной величины, модулирующий основной сигнал. В телевидении роль модулятора выполняет электронный луч, интенсивность которого меняется в зависимости от яркости отдельных строк и участков изображения.

В лазерной связи свои трудности. Здесь приходится воздействовать на световой луч, уже вырвавшийся наружу, т. е. за пределами излучателя. Далее промодулированный луч нужно направить и принять на другом конце линии, а затем преобразовать его в электрический сигнал. В связи с этим для всех этапов прохождения сигналов по оптической линии связи были разработаны соответствующие устройства. Расскажем только о некоторых из них, наиболее типичных.

Передающая аппаратура оптической линии связи со-

стоит из лазера, модулирующего устройства и оптической системы, формирующей луч.

Наиболее распространенным модулятором для многих типов лазеров является ячейка Керра с нитробензолом. Лазерный луч сначала пропускают через поляризатор, а затем через кювету с нитробензолом. Внутри кюветы расположены две обкладки конденсатора, к которым подводится модулирующее напряжение (например, звуковые колебания от микрофона). При изменении сопротивления микрофона меняется напряжение между обкладками конденсатора, что ведет к изменению прозрачности нитробензола. Таким образом, в такт с изменениями модулирующего сигнала меняется амплитуда световых волн. Значит, луч света оказывается промодулированным по амплитуде.

Ячейка Керра наряду с достоинствами имеет невысокую эксплуатационную надежность. Вследствие этого в последние годы предпочтение отдается модулятору на базе ячейки Поккельса.

Принцип действия такого модулятора основан на использовании нелинейных кристаллов (например, ниобата лития, дигидрофосфата калия), обладающих электрооптическим эффектом. Эффект состоит в изменении показателя преломления вещества при наложении электрического поля.

Сам модулятор устроен просто — между электродами плоского конденсатора зажат кристалл. В зависимости от приложенного электрического поля изменяется плоскость поляризации светового луча, проходящего через кристалл.

Ячейки Керра и Поккельса применяют для амплитудной и фазовой модуляции излучения. Для частотной модуляции используются электроакустические эффекты.

Луч света проходит через камеру, к одной из стенок которой прижат кристалл, обладающий пьезоэлектрическими свойствами. При подаче переменного электрического напряжения кристалл начнет вибрировать, что вызовет колебания стенок камеры. Самые минимальные изменения объема последней приведут к изменению частоты колебаний выходящего из камеры светового луча. При помощи такого способа можно осуществлять частотную модуляцию светового луча в широких пределах.

Немало проблем возникает и при извлечении информации, содержащейся в лазерном луче. Ко всем разно-

видностям приемников, используемых для регистрации лазерного излучения, предъявляются два основных требования — высокая пороговая чувствительность в необходимой области оптического спектра и малая инерционность.

В настоящее время в большинстве оптических линий связи применяются быстродействующие фотоэлектронные умножители (ФЭУ). Фотокатод ФЭУ под действием падающего на него света испускает фотоэлектроны, которые затем умножаются в диодной системе прибора, усиливающей фототок сигнала.

ФЭУ обладают высокой чувствительностью, практически бесшумовым внутренним усилением, высоким коэффициентом усиления (10^5 — 10^6). Рабочая частота быстродействующих ФЭУ находится в пределах 100—500 МГц.

К сожалению, современные приемные устройства, несмотря на все свои совершенства, все-таки еще не способны справиться с огромным потоком информации. Создание широкополосных, эффективных приемников — важная задача современной науки.

Первые оптические линии связи использовались обычно как телефонные. В нашей стране первая открытая наземная лазерная линия начала работать в Ленинграде в ноябре 1964 г. А спустя два года световой луч перекинулся от Ленинских гор до Зубовской площади. Так появился оптический телефон, пришедший на смену перегруженной городской телефонной сети. Первые эксперименты с телефонными оптическими линиями связи показали их высокую эксплуатационную надежность и эффективность при решении проблемы перегрузки городских телефонных станций.

Посмотрим, как работает лазерная телефонная линия, соединяющая город Ереван с Бюраканской астрофизической обсерваторией. Расстояние между этими пунктами 25 км. Аппаратура спроектирована и изготовлена советскими специалистами и может одновременно обслуживать 24 абонента.

В качестве источника излучения использован гелиево-неоновый лазер с длиной волны 0,63 мкм. Низкочастотный сигнал каждого телефонного канала поступает на низкочастотный модулятор. В рассматриваемой системе применена импульсно-фазовая модуляция.

Импульсы с низкочастотного модулятора поступают

на блок синхронизации, где происходит разделение сигналов от различных абонентов по времени.

Далее сигналы подаются на электрооптический модулятор, в качестве которого используется ячейка Покельса. Промодулированные световые импульсы излучаются оптической антенной с оптическим визиром для наведения.

На приемной станции с помощью антенны, выполненной в виде сферического зеркала диаметром 0,5 м, осуществляется соби́рание и концентрирование световой энергии на катоде ФЭУ в пятно размером 3 мм. Фотоумножитель преобразует световую энергию в электрические сигналы, которые затем усиливаются широкополосным усилителем и поступают на вход аппаратуры уплотнения. С выхода последней низкочастотный сигнал поступает в телефон к абоненту.

Другим возможным применением лазерных линий связи является телевидение. Имеются многочисленные образцы телевизионных систем, в которых для передачи сигналов изображения используют электромагнитные колебания оптического диапазона.

В конце 1970 г. газета «Правда» сообщала о необычном эксперименте, проведенном грузинской республиканской студией телевидения. Световой луч соединил Тбилисскую телестудию с передающей станцией, расположенной на горе Мтацминда. Передаваемое сообщение было «выпущено в эфир», и грузинские телезрители наглядно убедились в широких возможностях оптической передачи.

Применение лазерного луча в телевидении позволит обойтись без кабеля, связывающего в настоящее время телестудию и телецентр. А то обстоятельство, что оптические линии не мешают друг другу при одновременной передаче, позволит решить ряд трудностей, в частности, в тех случаях, когда телецентру придется вести прием изображений сразу из многих точек.

Ведутся интенсивные поиски путей создания телевизоров с лазерным экраном.

В Физическом институте АН СССР под руководством лауреата Ленинской и Нобелевской премий академика Н. Г. Басова создан образец лазерного кинескопа.

Основа лазерного кинескопа — обычный кинескоп небольших размеров с такими же системами фокусировки, модуляции и отклонения электронного луча, как и во

всех современных телевизионных трубках. Принципиальное отличие его от существующих кинескопов — новая конструкция экрана. Экран выполнен в виде полупроводниковой пластинки, каждая точка которой представляет собой полупроводниковый лазер.

Пучок электронов «обстреливает» одну из граней пластины, и там, куда он попадает, возникает лазерная генерация. Управляя электронным пучком, можно изменять интенсивность света, а отклоняя его — формировать на экране телевизионный кадр. На пластине появляется очень яркое световое изображение, которое с помощью оптической системы можно спроецировать на экран больших размеров.

С помощью лазерного кинескопа можно получить и цветное изображение. Для этого необходимо выбрать кристаллы, излучающие разные цвета. Сейчас известно большое количество полупроводниковых соединений, излучающих свет в видимом участке спектра. Так, кристаллы сульфида кадмия излучают зеленый свет, селенида кадмия — красный, а селенида цинка — голубой.

Конечно, реализация возможностей лазерного кинескопа только начинается и для того, чтобы он стал серийным прибором, предстоит решить немало технических и технологических задач.

Появление первых лазерных линий связи было встречено с огромным интересом и энтузиазмом. Но вскоре выяснилось, что дождь, туман, снег, неоднородности в атмосфере вызывают сильные затухания сигнала. Вследствие этого резко снижается качество передачи и уменьшается дальность действия оптической линии связи.

Перерывы в работе линий связи недопустимы. Поэтому после длинной серии экспериментов специалисты пришли к выводу, что оптическая связь через эфир целесообразна лишь там, где полностью отсутствуют атмосферные помехи — в высокогорных районах или же в космосе.

Необходимо заметить, что возможности применения лазеров в открытых линиях связи исследованы далеко не полностью. Надежность открытых линий связи может быть существенно повышена, если использовать «атмосферные окна», где определенные длины волн почти не задерживаются атмосферой. Таким свойством обладают световые волны длиной от 0,3 до 0,75 мкм и от 8 до 12 мкм.

Другим способом расширения возможностей лазерных линий связи является размещение приемной и передающей станций на высоте 60—100 м над Землей, где влияние атмосферы на их работу может быть значительно снижено.

Однако полностью защитить световой луч от воздействия различного рода помех удалось только с помощью световодов — оптических волокон, обладающих высокой прозрачностью.

По стеклянным проводам

Предшественники современных оптических волокон — стеклянные световоды были открыты в конце прошлого века английским физиком Д. Тиндалем.

Долгие годы идея создания кабеля на волокнах казалась нереальной, так как самое лучшее стеклянное или пластмассовое волокно поглощало большую часть света на первых же нескольких метрах своего пути.

В последние годы, благодаря достижениям технологии получения особо чистых материалов, за счет добавления различных присадок в стекло, уменьшающих потери, удалось создать стеклянные световоды, в которых свет на километре пути ослабляется всего в три раза. Это в сотни раз лучше, чем в прежних экспериментах, и возможности технологии еще не исчерпаны. Так, в 1973 г. на международной выставке в Мюнхене американская компания «Корнинг Гласс Уоркс» сообщила о создании световода с затуханием всего 2 дБ/км.

Что же представляет собой стеклянное волокно?

Простейшее стекловолокно состоит из двух частей — сердечника и оболочки. Сердечник предназначен для передачи энергии излучения. Оболочка не только предохраняет поверхность сердечника от загрязнений, но и не позволяет световой энергии рассеиваться с поверхности волокна в стороны.

И сердечник, и оболочка изготавливаются из материалов, прозрачных для передаваемого излучения. Сверхпрозрачное волокно производят из стекла, полученного в результате реакции между сверхчистым хлоридом кремния и кислородом. В результате этой реакции получают силикатную «сажу», которую можно расплавлять с целью получения стекла, способного вытягиваться в длинные волокна.

Оптические свойства сердечника и оболочки не одинаковы. Сердечник выполняется более плотным, с большим коэффициентом преломления, чем оболочка. Такая конструкция заставляет свет «бежать», не выходя наружу, за счет полного внутреннего отражения лучей от поверхности раздела сердечника и оболочки.

Диаметр отдельного волокна равен 5—50 мкм, толщина оболочки от 0,5 до 50 мкм. Эти размеры диктуются тем, что для передачи энергии по волокну необходимо, чтобы диаметр волокна был в несколько раз больше длины волны. Волокна обычно не используют в одиночку, а собирают в жгуты по сто и более волокон.

Поверхность раздела сердечник — оболочка выполняется ровной, чистой, без всяких неоднородностей в виде микроскопических разрывов, пузырьков и других вкраплений. Достаточно сказать, что количество загрязняющих примесей в стекле должно составлять меньше одной стомиллионной части. Такая чистота стекла сравнима с чистотой, требуемой для изготовления полупроводниковых приборов.

В идеальном случае, когда поверхность раздела сердечник — оболочка абсолютно чиста, поток световой энергии будет полностью отражаться в волокне и распространяться по волокну без потерь на рассеяние.

В действительности же, на поверхности их раздела всегда имеются неоднородности, вызванные несовершенством технологии изготовления сверхчистых материалов, отклонением их физико-химических свойств от заданных и т. п. Поэтому в волокне наблюдается рассеяние света, которое приводит к ослаблению выходного потока по сравнению с входным.

Рассеяние света существенно зависит от длины волны передаваемого излучения. Чем короче длина волны, тем выше рассеяние света. К примеру, в диапазоне волн от 0,38 до 0,45 мкм рассеяние света в несколько раз выше, чем в диапазоне от 0,62 до 0,76 мкм.

Необходимо упомянуть и о потерях, происходящих в самом веществе волокна. Они вызваны поглощением части световой энергии вследствие возникающего в веществе молекулярного или электронного резонанса. Такой резонанс — результат превращения молекул и атомов в источники вынужденного (вторичного) излучения, распространяющегося во все стороны. Как правило, потери энергии в волокне за счет поглощения больше по-

ть, вызываемых рассеянием света. Это обуславливается в основном примесями различных элементов, находящимися в стекловолочке.

Между тем примеси в материале волокна не всегда являются вредными. По аналогии с полупроводниковыми приборами, вводя в вещество те или иные примеси, можно управлять его электрическими свойствами. Оказалось, что с помощью примесей редких элементов можно не только компенсировать потери световой энергии, но и усиливать ее. Это свойство волокон используется, например, в стекловолочковых лазерах.

В настоящее время оптические стеклянные волокна применяются во многих промышленно выпускаемых лазерных линиях связи, по которым передается самая разнообразная информация.

На мировом рынке появились оптические кабели, содержащие шесть отдельных волокон-световодов и по форме напоминающие шнур для электропроводки. Одна миля (1,6 км) такого кабеля весит всего 454 г. Одноволоконный кабель такого типа, сердцевина которого имеет размер человеческого волоса, полностью защищен от различного рода помех и способен передать 33 тыс. телефонных разговоров.

По сообщениям английских специалистов, в 1977 г. спроектирован опытный участок оптической линии связи между городами Хитчин и Стивенидж, расположенными севернее Лондона. На расстоянии около 10 км обеспечивается одновременная передача 1920 телефонных разговоров или двух цветных телевизионных программ. Оптический кабель, используемый в этой линии связи, состоит из трех оптических волокон диаметром в 0,1 мм.

В Москве, на ВДНХ демонстрируется опытная линия связи, созданная специалистами Института радиотехники и электроники АН СССР. По ней можно одновременно вести десятки тысяч телефонных разговоров или передавать несколько телевизионных программ.

Активно ведутся и работы по созданию длинных оптических линий связи. Однако здесь имеются серьезные трудности. Прежде всего, это значительное размытие сигнала в силу зависимости скорости его распространения от длины волны излучения. Именно это явление затрудняет построение дальних линий связи.

Но во многих случаях не требуется особо длинных

линий. Сюда относятся, например, связи между ЭВМ и внутри блоков ЭВМ; внутриучрежденческая и внутригородская связь с повышенной секретностью; внутренний монтаж на кораблях, самолетах, ракетах, поездах; контрольно-измерительные комплексы, работающие в условиях сильных электромагнитных и корпускулярных помех.

Для таких «коротких» линий оптической связи весьма важно, кроме широкополосности, использование специфических особенностей света. Прежде всего — однонаправленность, гальваническая развязка входа и выхода, надежность (обрыв отдельных волокон несущественен), резкое уменьшение массы кабелей по сравнению с медными проводами, нечувствительность к электромагнитным помехам, отсутствие «коротких замыканий» и значительно меньшая стоимость.

Горизонты, которые открываются перед оптической связью, выглядят поистине заманчиво. «Создание волоконно-оптических линий связи,— отметил в одном из своих выступлений вице-президент АН СССР академик В. А. Котельников,— по своей значимости представляет не меньшее значение, чем создание в свое время полупроводниковой техники».

Мир в голограммах

Иногда говорят, что лазеры не имели бы столь важного значения, если бы не открытие голографии. С этим мнением трудно не согласиться. Голография дала в руки человеку возможность получения таких изображений, которые создают полную иллюзию реальности наблюдаемых предметов.

Голография уже нашла применение в электронной микроскопии, интерферометрии и кристаллографии. Нет сомнения, что голографические методы в ближайшем будущем будут использоваться в кино, телевидении, в системах обработки данных и отображения информации.

Слово «голография» (голография — это метод, процесс, а голограмма — конечный результат) происходит от слов «олос» — целое или полное, и «графо» — пишу и означает «полная запись». Другими словами, голограмма представляет собой изображение, дающее полную информацию о воспроизводимом ею визуальном объекте, его

глубине и всех других пространственных свойствах, содержащихся в световой волне.

В основу голографии положена волновая теория света, разработанная еще в конце XVII века Х. Гюйгенсом. К началу XIX века, благодаря усилиям Юнга и Френеля, ученые располагали уже достаточными знаниями об интерференции и дифракции световых волн, чтобы сформулировать основные принципы голографии. Но только в 1948 г. английский физик, венгр по происхождению, Деннис Габор сумел сформулировать идею воспроизведения волнового фронта и указать метод его осуществления.

Одним из важнейших этапов в развитии голографии являются работы советского ученого, лауреата Ленинской премии Ю. Н. Денисюка, предложившего регистрировать голограммы в трехмерных средах. По его словам, голография — первый объективный метод записи материальных тел.

Мы помним, что свет — это электромагнитные волны, характеризующиеся длиной волны, амплитудой и фазой. Любая световая волна отличается от других световых волн своей структурой, т. е. амплитудой и фазой. В структуре волны содержится разная амплитудная и фазовая информация о форме предмета, его рельефе и объеме. И для того чтобы получить зрительное ощущение реального предмета, необходимо зарегистрировать максимально полную информацию о нем. Это значит, что мы должны зафиксировать не только данные об амплитуде световой волны, но и ее фазу, т. е. данные о сдвиге фаз, создаваемом предметом.

Вспомним, как происходит обычная фотосъемка. При фотографировании волны видимого света, отраженные от объекта, падают на фотопластинку, создавая на ней изображение объекта. На фотографии мы видим только пространственное распределение интенсивностей света — распределение амплитуд падающих световых волн. При этом фотопластинка абсолютно нечувствительна к тому, в какой фазе подошла к ней световая волна. Получается, что фотопластинка фиксирует только часть информации, принесенной световой волной, и наблюдатель видит плоское, двумерное изображение предмета. Поэтому, рассматривая фотографию под разными углами, мы не получаем новых ракурсов, не можем, например, уви-

деть, что делается за предметом, расположенным на переднем плане.

В отличие от фотографии в голографии не используются объективы и в формировании голограммы участвуют и амплитуда, и фаза световой волны, отраженной от предмета. Но как зарегистрировать фазу? Нельзя ли использовать для этого явление интерференции? Проведя ряд экспериментов, Габор пришел к выводу, что фазу волны можно выявить наложением так называемого когерентного света. Таким источником света является лазер, обладающий высокой когерентностью и монохроматичностью излучения.

Чтобы получить голограмму предмета, его освещают пучком когерентного лазерного света. Этот пучок расщепляется на два луча — сигнальный и опорный. Опорный луч направляется на зеркало, отражается от него и попадает на фотопластинку. Сигнальный же луч направляется на объект, отражается от него и попадает также на фотопластинку, в ту же точку. В результате взаимодействия опорной и сигнальной волн на фотопластинке будет зарегистрирован узор из чередующихся темных и светлых участков. Волны опорного луча обладают одинаковой амплитудой и характеризуются постоянным соотношением фаз. Волны же сигнального луча вследствие отражения от различных точек поверхности фотографируемого предмета имеют разные амплитуды и случайные фазы. В результате наложения двух волн — опорной и сигнальной — получается интерференционная картина, которая после проявления пластинки будет видна на ней в виде совокупности точек различной плотности.

В тех местах, где волновые фронты складываются в фазе и взаимно усиливаются, плотность точек будет наибольшей, а там, где они встречаются в противофазе, плотность будет меньше. Так в голограмме запечатлевается вся информация об амплитудах и фазах световой волны. Причем каждая точка голограммы несет всю информацию о предмете, ибо каждая точка фотографируемого объекта отражает свет практически на всю поверхность фотопластинки. Поэтому при нарушении целостности голограммы качество изображения не разрушается. Изменение яркости и четкости предмета становится заметным лишь при восстановлении изображений с очень малых кусочков голограммы (порядка 3—4 мм).

Сама голограмма, представляющая собой картину

волновых фронтов, не имеет никакого сходства с реальным объектом. Для того чтобы восстановить изображение, предмет съемки убирают, а голограмму помещают на то же место, где она находилась при съемке. Если затем включить лазер и посмотреть через голограмму, как через окошко, то мы увидим объект на прежнем месте, как-будто он вовсе и не был убран. Более того, при изменении положения наблюдателя изменяется и угол, под которым виден воспроизводимый голограммой в пространстве предмет, т. е. можно рассмотреть скрытые прежде детали объекта. Когда один предмет загоразивает другой, то, смещая точку наблюдения (отклонившись вбок, например) в пределах заснятого волнового поля, мы можем увидеть, что делается за предметами, расположенными на переднем плане. Эффект настолько сильный, что избавиться от впечатления реально существующего предмета невозможно. Нередко зритель протягивает руку, не в силах отказаться от мысли, что видит перед собой не призрак, а весомую, плотную вещь.

У голограммы есть еще одна интересная особенность. На одну голограмму можно нанести множество изображений, причем они при воспроизведении абсолютно не мешают друг другу. Необходимо только одно условие: каждое изображение должно быть записано под своим углом.

Возможны схемы голографии, в которых голограммы образуются и при некогерентном освещении. Здесь больших успехов добились американские ученые Э. Лейт и Ю. Упатниекс. В таких схемах свет от каждой точки объекта, разделяясь на два канала, образует две сферические волны. И если в случае когерентного света на голограмме регистрируется их когерентное наложение (складываются амплитуды с учетом фазовых соотношений), то здесь на голограмме волны интерферируют, складываясь по освещенности. В качестве источника света можно использовать ртутную лампу и даже лампу накаливания. Вполне естественно, что качество голограммы (ее контраст) значительно хуже, чем при когерентном освещении. Несмотря на указанный недостаток, этот метод можно применять тогда, когда объект несложный, т. е. состоит из малого количества светящихся точек. В этом случае качество голограммы может быть достаточно высоким.

Голограмма способна передавать высокую контраст-

ность восстановленного изображения. В телевидении при передаче очень ярких точек на сером фоне возникают определенные трудности в фиксации и передаче большого динамического диапазона яркости. В голографии яркость отдельных точек воспроизводимого объекта равномерно распределяется по всей площади голограммы. Учитывая перечисленные достоинства голограмм, их, безусловно, можно использовать в телевидении.

Объемное телевидение

Изображения, наблюдаемые при восстановлении волнового фронта с голограммы, поражают своей реальностью. И если сейчас определение телевизионного экрана — «окно в мир» — в некотором смысле определенное образное, то в будущем мы на самом деле будем смотреть в свои телевизоры, как в окно: изображение обретет объем.

Известно, что полоса частот канала связи для передачи голографической информации зависит от площади голограммы, числа кадров в секунду, а также от угла, под которым производилась запись. Если использовать современную стандартную телевизионную аппаратуру, то для передачи реальных объектов (при полосе пропускания телевизионного канала, равной 6,5 мГц) потребуются полоса частот, приблизительно равная 10^{11} Гц! Чтобы ее передать, пришлось бы «закрывать» работу практически всех радиостанций, работающих в диапазоне радиоволн. Очевидно, такие широкополосные каналы связи могут быть созданы только в оптическом диапазоне.

Для уменьшения количества информации, а следовательно, и полосы частот возможны различные приемы, как разработанные для телевидения, так и специально голографические.

К примеру, некоторые специалисты считают, что можно передавать по каналу связи не всю голограмму, а только ее узкую горизонтальную полоску. Этот метод учитывает тот факт, что наши глаза находятся в одной горизонтальной плоскости. Поэтому при просмотре телекадра зритель будет полностью ощущать глубину наблюдаемых объектов.

Другой практический способ заключается в разбивке

голограммы на отдельные маленькие квадратики, которые затем увеличиваются с помощью системы линз до размеров, при которых хоть и ухудшается качество изображения, но зато может быть считано электронным лучом телевизионной передающей трубки. В этом случае количество передаваемой информации снижается примерно на три порядка.

Интересна идея, предложенная американскими учеными, которая основана на последних достижениях лазерной техники и голографии. Это так называемая система кассетного телевидения «Селектовижен», представляющая собой голографическую приставку к телевизору. Приставка состоит из видеомэганитофона со сменными кассетами голографической записи фильмов. Каждый кадр кинофильма с обычной киноплёнки считывается лазером и сжимается на голоплёнке до микроголограммы. Для изготовления последней используется фоторезистивный материал. Нанеся на фоторезистор слой металла, получают трафарет, по которому изготавливают копии кадра на прозрачной хлорвиниловой ленте. Луч лазера, обегая последовательно микроголограммы движущейся ленты, воспроизводит изображение на экране телевизора. Как показывают эксперименты, для видеозаписи полнометражного фильма потребуется всего лишь несколько метров плёнки.

Есть и другие пути. Сейчас специалисты активно обсуждают системы, в которых голограмма образуется прямо на экране (катоде) кинескопа. Одна из таких систем предложена сотрудниками голландской фирмы «Филлипс».

Передающая камера формирует телевизионный сигнал, содержащий в себе информацию о голограмме снимаемого объекта. В приемном устройстве применена электронно-лучевая трубка с экраном, имеющим электрооптические свойства. Электронный пучок, обегая поверхность экрана «кинескопа», образует на нем рельеф электрического потенциала, повторяющего узор голограммы. Теперь достаточно осветить полученный рельеф лучом лазера и можно наблюдать восстановленное изображение.

Приведенные выше примеры использования голографии в телевидении показывают, что для передачи и восстановления объемного изображения требуется существенное качественное изменение как в приемной, так и

в передающей аппаратуре. Здесь в каждом случае мы что-то теряем: или четкость, или угол обзора, или быстрое действие.

Пока осуществлена голографическая передача по телевизионному каналу только отдельных кадров. Решить же проблему записи динамических голограмм, образующихся безынерционно и сразу же готовых к восстановлению, пока не удалось.

До последнего времени оставался неясным вопрос о создании телевизионного экрана, который бы изменял свою прозрачность при модуляции электронного луча и имел бы высокую разрешающую способность. Созданный у нас в стране недавно лазерный кинескоп может быть использован в ближайшем будущем в объемном телевидении. В Физическом институте им. П. И. Лебедева АН СССР проведены первые эксперименты по восстановлению с помощью лазерного кинескопа изображения, записанного в микроголограмме размером в 1 мм^2 . Весьма перспективно использование такого телевизора для считывания информации, записанной в виде микроголограмм на пленке.

Конечно, реализация возможностей голографии только начинается. Но ученые уже называют ориентировочные сроки рождения голографического телевидения: 80-е гг. нашего века — лабораторные исследования, 90-е гг. — внедрение в практику.

Земля—Космос—Земля

Мы были узники на шаре скромном,
И сколько раз в бессчетной смене
лет
Упорный взор Земли в просторе
темном
Следил с тоской движения планет.

В. Брюсов

Репортаж из космоса

Прошло более 20 лет с того дня, когда первый космический аппарат поднялся с территории нашей Родины в просторы Вселенной. Сейчас число аппаратов, посланных в космос разными странами, исчисляется тысячами. Уже миновало время, когда объектами исследования были сам полет, космонавт и корабль. Теперь все больше времени и сил уделяется на орбите изучению природы Земли и космоса.

Особую роль здесь играет околоземная орбитальная станция «Салют», запущенная Советским Союзом в апреле 1971 г. Орбитальная станция стала надежным пристанищем для человека, присутствие которого в космосе порой просто необходимо.

В этом мы могли убедиться совсем недавно, когда на орбите был создан научно-исследовательский комплекс «Салют — Союз» со сменяемыми экипажами. Мы каждый день видели космонавтов на экранах телевизоров, знали обо всех их делах, а они в свою очередь делились с нами своими впечатлениями о полете.

Космонавты В. Коваленок и А. Иванченков совершили самый длительный в истории космонавтики полет продолжительностью 140 суток, завершившийся 2 ноября 1978 г.

В соответствии с программой «Интеркосмос» на борту комплекса «Салют — Союз» в разное время работали международные экипажи с участием гражданина ЧССР В. Ремека, гражданина ПНР М. Гермашевского, гражданина ГДР З. Йена.

Мировая печать единодушна в оценке небывалого эксперимента как нового космического триумфа Страны Советов.

«Выполнение уникальной по сложности и продолжительности космической программы открывает дальнейшие перспективы создания и обеспечения постоянного функционирования долговременных пилотируемых орбитальных комплексов со сменяемыми экипажами», — сообщала газета «Правда» 3 ноября 1978 г.

Плоды космических побед сегодня касаются всех и, быть может, наиболее знаменательное состоит в том, что мы начинаем привыкать к ним, не замечать их.

Каким же «разумом» должна обладать космическая аппаратура, чтобы осуществить весь комплекс научных работ? Остановимся вкратце на роли радиоэлектроники и связи в успешном управлении космическими кораблями.

Много сложных задач приходится решать при выводе корабля на расчетную траекторию и его управлении в процессе полета. Здесь требуется исключительная точность, оперативность и слаженность в работе всех звеньев как бортовой, так и наземной аппаратуры. Например, при погрешности в скорости корабля всего лишь на несколько десятков метров в секунду отклонение в траектории корабля может превысить 100 км. Вот почему между космическим кораблем и Землей существует постоянный мост связи.

Специальные наземные радиостанции и надводные корабли непрерывно наблюдают за движением космического корабля, вычислительные машины мгновенно обрабатывают поступающую информацию, телевизионная аппаратура следит за полетом космического аппарата.

Связь человека в космосе с Землей идет по нескольким направлениям. Первое из них — это радиосвязь Земля — Космос — Земля. Сюда входят: передача разнообразной телеметрической информации с борта на Землю, передача телевизионных изображений из космоса, двусторонняя радиотелеграфная и радиотелефонная связь и т. д.

Передачи с корабля на Землю осуществляются с помощью коротковолновых передатчиков (так, с кораблями «Восток» связь поддерживалась на волне примерно 2 м). Прием сигналов от радиопередатчиков ведется специально предусмотренной сетью наземных при-

емных станций, расположенных на территории нашей страны, а также станциями, установленными на специальных кораблях морского флота. Причем связь с космическим кораблем поддерживает та станция, в зоне радиовидимости которой он находится. Когда же корабль выходит из этой зоны, информация, подлежащая передаче на Землю, записывается на магнитную ленту.

А как же передаются на Землю ночные и дневные космические пейзажи планеты? Точки изображения автоматически зашифровываются цифровым двоичным кодом, который запоминается магнитной памятью бортовой вычислительной машины. На наземном приемном пункте они снова записываются на магнитную ленту, а затем передаются на обработку в вычислительную машину. Здесь происходит обратное преобразование: цифры становятся пейзажами. Их рисует на фотопленке оптический луч под диктовку электронной машины.

Второе направление — связь Космос — Космос между двумя кораблями, а также непрерывная двусторонняя связь между каждым кораблем и Землей под руководством «разумных» вычислительных машин. Поэтому-то и похожа автоматическая стыковка в космосе на спокойную дружескую встречу двух живых существ.

Третье направление связи — управление полетом космического корабля с Земли, осуществляемое по определенной программе: выведение корабля на орбиту, управление в полете и при приземлении корабля. Техника наземных комплексов слежения за космическими объектами столь совершенна, что позволяет вести устойчивую связь в форме вопросов и ответов на языке цифр и условных обозначений.

Но, пожалуй, самым интересным является биотелеметрический канал связи человека, находящегося во Вселенной, с Землей.

Миллионы людей у нас и за рубежом во время космических экспериментов с живейшим интересом смотрят телевизионные передачи. Но далеко не все знают, насколько придирчиво рассматривают эти же кадры врачи (специалисты стремятся по движениям космонавта, по выражению его лица, мимике и жестам получить дополнительные сведения о его самочувствии. Анализу подвергается и содержание переговоров космонавта: здесь все имеет значение, даже интонация речи, ее быстрота и частотный спектр голоса).

По мере усложнения программы и длительности космических полетов увеличивается и необходимый объем информации о состоянии как отдельных физиологических систем космонавта, так и о его реакциях при проведении различного рода работ.

Как же практически осуществляется контроль над функциями организма человека в космосе?

На различных участках тела космонавта закрепляются датчики, которые предназначены для преобразования биологических параметров неэлектрического происхождения в электрические сигналы. Биологические параметры — это механические, химические, оптические, акустические и другие величины (постоянные или переменные), характеризующие определенные биологические процессы в живом организме.

Электрические сигналы подаются в аппаратуру уплотнения, которая преобразует их в один общий групповой сигнал. Этим сигналом модулируются колебания бортового радиопередатчика и передаются на наземные пункты связи.

Известно, что физиологические сигналы имеют практически ограниченные спектры. И здесь определение количества информации в двоичных единицах в секунду в медицинских показателях и записях представляет известные трудности. Для инженера биологический показатель — это набор сигналов, подлежащих передаче по радиоканалу с определенной скоростью и точностью. Посылка каждого сигнала означает, что из множества возможных выбран именно этот, а не какой-либо другой.

С точки зрения врача смысловое (информационное) значение имеет тот код, в котором каждый символ является симптомом, синдромом или в крайнем случае числовым обозначением одного из важных физиологических показателей. Именно в такой форме врач использует информацию для постановки диагноза. Совершенно очевидно, что преобразование многочисленных осциллограмм в форму количественных показателей или симптомов под силу только вычислительной машине, которая мгновенно обрабатывает и передает на Землю полученную информацию.

Космонавт постоянно чувствует дыхание родной Земли, связанный с ней нитями радио и телевидения. Она прислушивается к биению его сердца, следит за работой, дает советы, которые помогают в самые ответственные минуты космического полета.

Спутники выходят на орбиту

В предыдущих разделах мы не раз говорили о том, что современные системы дальней связи открыли широкие возможности для передачи информации на большие расстояния. Но как связать между собой города и страны, находящиеся на различных континентах и разделенные океаном? Океан чрезвычайно осложняет телевизионную связь: передача программ телевидения пока еще невозможна по трансатлантическим кабелям.

Можно, конечно, увеличить высоту антенны ретрансляционной станции. Именно таким путем пошли специалисты некоторых стран Западной Европы. Правда, они не возводили высоких башен, а устанавливали антенны на вершинах гор. Однако, как показали расчеты, при увеличении высоты антенны даже в 500 раз дальность приема телепередач увеличится всего лишь в 10 раз. Понятно, что это направление работ не особенно перспективно.

А что если ретранслирующее устройство установить не на высокой антенне, а повыше — на борту искусственного спутника Земли? Экономический и технический анализы показали, что на средства, требующиеся для возведения, например, гигантской телевизионной башни высотой в 5 км, можно запустить не один, а несколько искусственных спутников.

Высота, на которой спутник обращается вокруг Земли, определяет площадь земной поверхности, где он может быть виден. Так, если спутник вывести на орбиту, лежащую в плоскости экватора с высотой около 36 тыс. км, то он будет виден с площади, равной почти половине земной поверхности, а стало быть, позволит создать линию дальней радиосвязи протяженностью в несколько тысяч километров, причем с единственной ретрансляционной станцией.

Сколько же спутников надо запустить, чтобы обеспечить надежную связь в пределах земного шара? Один или несколько?

Один спутник из серии «Молния», выведенный на орбиту с апогеем около 40 тыс. км над Северным полушарием и периодом обращения 12 ч, способен обеспечить связь не только между любыми районами нашей страны, но и с большей частью земного шара. Правда, он не обеспечит круглосуточной связи.

В настоящее время получили широкое распространение спутники связи, выведенные на стационарные орбиты, т. е. круговые орбиты в плоскости экватора с высотой над поверхностью Земли, равной примерно 36 тыс. км и периодом обращения, равным периоду вращения Земли вокруг своей оси. В этом случае спутник с земной поверхности будет казаться неподвижным, и с него Земля будет видна под углом 17° , что позволяет вести одновременно прием радио- и телевизионных передач в радиусе около 10 тыс. км.

При такой орбите и смещении спутников на ней на 120° (всего три спутника) обеспечивается связь не только почти на всей территории СССР, но и практически в пределах всего земного шара.

Принципиально задача ретрансляции через спутники Земли может быть решена в двух основных вариантах: с пассивной или активной ретрансляцией.

При пассивной ретрансляции излучаемая антенной наземного передатчика электромагнитная энергия направляется к спутнику. Эта энергия прямо пропорциональна мощности передатчика, коэффициенту направленности антенны и обратно пропорциональна квадрату расстояния между спутником и передатчиком.

Отраженная от спутника энергия принимается наземной аппаратурой. Для эффективного отражения падающей энергии минимальные размеры отражающей поверхности спутника должны быть во много раз больше длины волны колебаний. Так, искусственные спутники Земли «Эхо-1» и «Эхо-2» (США) имели сферические отражающие поверхности диаметром 30 и 40 м соответственно.

В чем же преимущества систем с пассивной ретрансляцией?

Прежде всего, высокая надежность и простота конструкции за счет отсутствия на спутнике приемопередающей аппаратуры. Кроме того, возможность одновременного и независимого приема сигналов от различных систем связи.

К основным недостаткам спутников с пассивной ретрансляцией относят необходимость применения мощных наземных передатчиков, сложных следящих систем и чувствительных приемников (из-за сильного затухания отраженного от спутника сигнала) и применение большой отражающей поверхности антенны спутника.

К спутниковым системам связи с пассивной ретрансляцией относится также связь, основанная на отражении радиосигналов от Луны. Такая система связи имеет еще одно достоинство: Луна представляет собой «бесплатный» и вечный ретранслятор. Однако пропускная способность такой линии связи значительно ниже, чем при использовании искусственных спутников. Это объясняется как наличием огромного расстояния от Земли (около 400 000 км), так и многолучевым распространением радиоволн. Последнее происходит из-за того, что отраженный от Луны сигнал за счет ее шарообразной формы и неровностей поверхности содержит составляющие, имеющие различные фазовые сдвиги, что приводит не только к медленным и быстрым замираниям сигнала, но и к искажению передаваемой информации.

Немаловажен и тот факт, что круглосуточная связь невозможна. Радиосвязь можно поддерживать лишь между теми пунктами на поверхности Земли, для которых в данное время суток Луна находится над горизонтом.

По этим причинам линия связи с использованием Луны как пассивного отражателя возможна лишь в качестве резервной в дополнение к линии связи через спутники Земли. Более выгодно использовать Луну в качестве носителя активного ретранслятора.

Активная ретрансляция предусматривает установку на борту спутника широкополосного приемопередатчика, который усиливает ретранслируемые сигналы, значительно снижая благодаря этому общее затухание между наземными пунктами связи.

Создание первой спутниковой системы с активной ретрансляцией началось 23 апреля 1965 г. после запуска спутника «Молния-1». С этого дня началась эксплуатация космической связи: многоканальной двусторонней телефонной, телеграфной и фототелеграфной связи, а также ретрансляция черно-белых и цветных телевизионных программ.

Конструктивно спутник связи «Молния-1» состоит из цилиндрического герметичного корпуса с коническими днищами. Антенна автоматически ориентируется в нужном направлении посредством следящего электропривода. Питание аппаратуры осуществляется от кремниевых солнечных батарей. Передатчик имеет относительно большую мощность — 40 Вт. Это позволило существенно

уменьшить размеры антенн наземных пунктов и упростить их аппаратуру.

Радиоэлектронное оборудование спутника разнообразно. Здесь и ретрансляторы для передачи программ телевидения и дальней радиосвязи, и системы ориентации спутника, и системы корректировки орбиты. Вся информация стекается в бортовую электронно-вычислительную машину. Она не только управляет аппаратурой в процессе полета по заданной программе, но и обрабатывает данные, выясняет и устраняет ошибки.

Сигналы многоканальной телефонии передаются так же, как в радиорелейных линиях, т. е. с частотным уплотнением и частотной модуляцией; телевизионные сигналы изображения передаются с помощью частотной модуляции, причем одно и то же оборудование может служить и для телефонии, и для телевидения.

При приеме телевизионных сигналов непосредственно от спутника телезритель на экране домашнего телевизора изображения не увидит. Дело в том, что сигнал на Земле, полученный от спутника, настолько мал, что требует применения телевизионных приемников с очень высокой чувствительностью. Поэтому в систему связи через космос входят сложнейшие наземные приемные и передающие комплексы, без которых осуществить радио- и телевизионную связь на трассе Земля — Космос — Земля невозможно.

Путь, который проходит телевизионный сигнал, измеряется многими тысячами километров. Сигнал с передающей станции принимается спутником связи, где происходит его усиление и ретрансляция. На приемной земной станции принятые сигналы усиливаются и подводятся с помощью линий связи к местному телевизионному центру, а оттуда они уже могут быть приняты антенной обычного телевизора.

В наземных станциях «Орбита» использованы новейшие достижения современной техники. Станции собраны на электронных и полупроводниковых приборах и включают в себя устройства приема и передачи информации, антенные системы и всевозможные радиосредства, необходимые для работы с искусственными спутниками. В настоящее время введены в эксплуатацию станции «Орбита» на Курильских островах, Чукотке, в Казахстане, а в ближайшие годы передачи «космического» телевидения смогут смотреть жители всей нашей страны.

Ретрансляция через искусственные спутники Земли сделала телевидение и связь достоянием не только нашей страны. С помощью систем «Интервидения» и «Евровидения» мы следим за событиями, происходящими в мире.

Количество спутниковых радиолиний для нужд связи и вещания быстро увеличивается. Совместно с кабельными и радиорелейными линиями они позволят в ближайшие годы практически полностью удовлетворить потребности в передаче информации в пределах земного шара, а в дальнейшем обеспечат и надежную межпланетную связь.

А. Сент-Экзюпери писал в свое время, что самолет «открыл нам истинное лицо Земли. В самом деле, дороги веками нас обманывали... Мы брели по извилистым дорогам... Самолет научил нас двигаться по прямой... Только теперь, с высоты прямолинейного полета, мы открываем истинную основу нашей земли... Мы смотрим в иллюминатор, как ученый в микроскоп, и судим человека по его месту во вселенной. Мы заново перечитываем свою историю».

Действительно, самолет позволил заглянуть практически в любой уголок земного шара, в результате чего наши познания об окружающем мире значительно расширились. Но такова уж судьба всех изобретений: они решают одни проблемы и тут же порождают другие.

Искусственные спутники Земли совершили революцию не только в технике радио- и телесвязи, но и позволили еще глубже проникнуть в тайны мироздания.

Штурм Луны

С незапамятных времен природа Луны, строение ее поверхности волновали ученых Земли. Это понятно. Изучение Луны открывает новые возможности не только в познании космоса, но и в познании нашей собственной планеты, что имеет, кроме всего, большое практическое значение.

Совсем недавно на наших глазах начался штурм естественного спутника Земли. Немногим более чем через год после запуска первого искусственного спутника Земли открылся этап полетов космических аппаратов к

Луне. 2 января 1959 г. с Земли взяла старт советская автоматическая станция «Луна-1». Через 34 ч она промчалась на расстоянии около 7,5 тыс. км от поверхности Луны, вышла на орбиту искусственного спутника Солнца и стала первой искусственной планетой Солнечной системы.

4 октября 1959 г. к Луне стартовала новая автоматическая станция «Луна-3». На борту станции была установлена фототелевизионная аппаратура, предназначенная для фотографирования невидимой с Земли части Луны. Приблизившись к нашей планете, станция с расстояния около 500 тыс. км передала снимки по радиотелевизионному каналу.

Для уверенного приема радиосигналов на Земле были установлены очень чувствительная приемная аппаратура и антенны направленного действия. Время передачи одного кадра было уменьшено примерно в тысячу раз по сравнению с телевизионным вещанием. Это дало возможность сократить ширину полосы частот телевизионного сигнала.

Успешное фотографирование обратной стороны Луны мировая общественность признала величайшим научно-техническим достижением. По праву первооткрывателей советские ученые дали названия морям, кратерам, горам и другим объектам невидимой стороны Луны. Так был создан «Атлас обратной стороны Луны» и первый лунный глобус.

Луне пришлось привыкать к спутникам, ибо дело этим не ограничилось. Последовали запуски новых автоматических станций, с помощью которых был завершен этап экспериментальной обработки бортовых систем астроориентации, управления, радиоаппаратуры и системы мягкой посадки.

3 февраля 1966 г. впервые была осуществлена мягкая посадка автоматической станции «Луна-9» на поверхность Луны. Трое суток станция осуществляла телевизионный репортаж с небесного тела. Миниатюрная телестудия станции дала возможность землянам наблюдать лунный ландшафт с расстояния 60—70 см.

Анализ фотографий, полученных с помощью станции «Луна-9», впервые дал сведения о микроструктуре лунной поверхности, о прочности лунного грунта. В результате выяснились важные особенности поверхности Луны,

о которых ранее строились лишь противоречивые предположения.

Последующие полеты космических станций «Луна» выявили многие особенности ее строения. Анализ образцов лунного грунта, доставленных на Землю советскими автоматическими станциями и американскими космонавтами, дал возможность установить состав пород лунных морей и материков. Большое значение имело также обнаружение остаточной намагниченности лунных пород, что, по-видимому, говорит о наличии в прошлом у Луны магнитного поля. Эти и ряд других открытий позволили лучше познать общие закономерности развития Луны.

Наконец, 17 ноября 1970 г. автоматическая станция «Луна-17» доставила на планету самоходный аппарат «Луноход-1», размером и весом с солидный автомобиль. «Луноход-1» наездил по поверхности Луны более 10 км, проведя при этом широкий комплекс научных исследований и технических экспериментов.

Мир еще был полон волнующих впечатлений от путешествия лунной машины, как в январе 1973 г. автоматическая станция «Луна-21» доставила в кратер Лемонье на восточной окраине моря Ясности «Луноход-2».

Мы имели возможность наблюдать на экранах телевизоров, как струится под колесами лунохода бугристая лунная равнина, как прокладывались первые в мире колеи, оставленные советской лунной машиной.

За пять лунных ночей «Луноход-2» прошел 37 км, передал на Землю около 100 тыс. телевизионных снимков лунной поверхности.

Экипаж лунохода, находящийся на Земле, управлял его движением с расстояния около 400 тыс. км. Чтобы пробежать это расстояние туда и обратно, рабочему сигналу требуется 2,5 с. Экипажу же, управляющему луноходом, на то, чтобы осмыслить полученную телеметрическую и видеoinформацию и принять нужное решение, отводится 5—6 с. А вследствие определенной дискретности поступления телевизионных изображений инерционность системы «событие — информация о нем — оценка и выработка решения — воздействие на органы управления» еще более возрастает. Жесткая лимитированность во времени, невозможность отменить или перенести сорванную операцию потребовали от экипажа и систем управления большой точности и слажен-

ности в работе. Экипаж «жил» как бы впереди предполагаемых действий.

Разве это не чудо электроники и автоматики — самоходный аппарат на Луне? Его корпус походил на котел с огромной, медленно открывающейся крышкой, выполняющей двойную функцию. Во время лунной ночи крышка закрывала радиатор и препятствовала излучению тепла из приборного отсека. Днем она открывалась и использовалась как панель солнечной батареи, предназначенной для зарядки аккумуляторов — источника жизни лунохода.

В приборном отсеке размещалась бортовая аппаратура, необходимая для управления луноходом и связи его с наземными радиоконplexами. Программно-временное устройство, телеметрические системы, радиопередатчики и приемники, система терморегулирования, телевизионные камеры, антенны, источники питания, научные приборы — вот далеко не полный перечень аппаратуры, установленной на лунной машине.

Особый интерес представляла научная аппаратура. Здесь и астрофотометр, измеряющий светимость лунного неба, и радиометр, измеряющий характеристики космического излучения.

Бортовой прибор с поэтическим названием «Рифма» магией спектроскопии производил подробный химический анализ лунных пород. Он облучал грунт перед колесами лунохода, а специальные счетчики улавливали отраженное от лунной поверхности излучение, подсчитывали его энергию. Показания счетчиков в виде телеметрических сигналов передавались на Землю. Расшифровка спектрограмм позволила определить в лунных породах содержание алюминия, кремния, железа, магния, титана и других элементов.

Большой интерес вызвали эксперименты по лазерной пеленгации. Для этой цели на луноходе был установлен фотоприемник «Рубин» и уголковые оптические отражатели. Последние представляли собой систему зеркал тройного внутреннего отражения и обладали свойством сверкать в любом луче, т. е. возвращать любой упавший луч туда, откуда он пришел.

Лазерная пеленгация использовалась для определения координат лунохода с высокой степенью точности. На Земле, в фокусе телескопов, расположенных в различных пунктах Советского Союза, были установлены

мощные лазеры. Импульс света направлялся в район нахождения лунохода. В тех случаях, когда оптический сигнал попадал в фотоприемник «Рубин», происходило преобразование световой энергии в электрическую, и радиосигнал о попадании луча передавался на Землю. Проведенные измерения показали высокую точность оптической пеленгации.

Полеты автоматических станций к Луне подготовили почву для осуществления запусков научных станций и в более отдаленные районы Солнечной системы, в частности, к Венере и Марсу. В недалеком будущем мы станем свидетелями полета беспилотных космических кораблей к Юпитеру, Сатурну, Урану, Нептуну, Плутону.

На решение этих и ряда других задач нацелены усилия по освоению космического пространства в СССР и США. Так, в частности, в американских планах предусматривается высадка человека на Марсе в 1981—1983 гг. А к концу XX века, по-видимому, будут обследованы все планеты нашей системы.

Лазеры в космических исследованиях

В разделе, посвященном лазерной связи, упоминалось о том, что распространение света в земных условиях в большой степени зависит от состояния атмосферы. Эти трудности исчезают при переходе из атмосферы Земли в космическое пространство.

В космосе отсутствует атмосфера, а следовательно, и поглощение лазерного луча. Это позволяет получить от оптической аппаратуры значительно большую дальность действия при сравнительно низкой мощности, малых размерах и весе оптических квантовых генераторов.

Достаточно сказать, что для создания одной и той же мощности на входе антенны мощность радиочастотного генератора должна быть в миллион раз больше мощности лазерного излучателя, а диаметр антенны — в 30 раз больше диаметра объектива лазерного приемника. При передаче же информации на многие миллионы километров лазеры, по-видимому, будут вообще незаменимы, поскольку использование средств радиосвязи на таких расстояниях малоэффективно.

В настоящее время наметились следующие основные направления применения лазеров в космических исследованиях:

исследование космических тел;
космическая связь типа «Земля — Космос» и «Космос — Космос»;
космическая навигация.

Первым космическим телом, подвергшимся исследованию с помощью лазера, стала Луна. В 1962—1963 гг. в США и СССР были проведены опыты по определению и уточнению расстояния до нашего естественного спутника. В этих опытах использовался лазер, работающий в импульсном режиме и излучающий импульсы длительностью в одну стомиллионную долю секунды. Луч лазера при этом охватывал на Луне участок диаметром в несколько километров. Такой режим позволял определить расстояние до Луны с точностью до нескольких сотен метров. Более высокую точность удалось получить при последующих опытах по лазерной локации Луны с использованием искусственных отражателей. Такой метод позволил уменьшить ошибку в измерении расстояния до нескольких метров.

В исследованиях космоса особую остроту приобрела проблема повышения чувствительности радиоприема. Это вполне понятно: чтобы проводить опыты над небесными телами, принимать от них информацию, необходимо регистрировать чрезвычайно слабые сигналы.

В последнее десятилетие вместо электронных и полупроводниковых приборов в наземные приемные системы внедрены квантовые усилители, которые эксплуатируются на крупнейших антеннах в СССР и США. Они позволили расширить возможности радиолокации, что и определило успех в исследовании планет Солнечной системы.

Под руководством академика АН СССР В. А. Котельникова было не только уточнено расстояние между Землей и Венерой, но и определена продолжительность венерианских суток. Подобное исследование было проведено и с планетой Юпитер.

Квантовые усилители позволили также резко сократить время, необходимое для накопления информации в процессе наблюдения планет. Так, информация о планете Меркурий с помощью квантовых усилителей была получена всего лишь за 10—15 дней. При использовании же обычных методов для выполнения этой работы потребовалось бы несколько лет.

Наконец, квантовые усилители резко повысили эф-

фективность и информативность связи с межпланетными автоматическими станциями. В частности, они применялись для приема научной информации от автоматических станций «Марс». В будущем, при полетах автоматических станций к другим планетам, объем информации резко возрастет.

Лазеры представляют большой интерес и для систем космической связи. Разрабатываются оптические системы для связи космического корабля с Землей при входе его в плотные слои атмосферы. Как известно, в этот момент радиосвязь с кораблем прекращается из-за образования вокруг него ионизированной оболочки. Но через нее сравнительно легко проходит луч лазера. Предполагается установить на борту космического корабля лазер.

Изучалась возможность применения лазерных систем по каналу «Космос — Земля». На Земле располагалась приемная станция и лазерный маяк. В задачу космонавта входило наведение бортового передатчика на лазерах на наземный маяк. Первые опыты принесли обнадеживающие результаты.

Разрабатываются способы связи между космическим кораблем, находящимся в районе, скажем, Марса, и Земли. Здесь предполагается совместное использование радиотехнических и оптических линий связи. Радиолиния исключит влияние атмосферы, а оптическая — обеспечит преодоление расстояний в миллионы километров. Передача из космоса по оптической линии связи будет приниматься искусственным спутником Земли, а оттуда по радиолинии передаваться на наземный пункт связи.

При современном уровне развития лазерной техники в космосе можно установить связь на расстояние в сотни тысяч километров, а в дальнейшем можно будет устанавливать межпланетную связь на расстояния в несколько десятков световых лет (световой год — расстояние, которое пробегает свет за год, равное $9,463 \times 10^{12}$ км).

Определять свое местонахождение, располагаясь на суше, вблизи опорных ориентиров, как правило, не очень сложно. Значительно сложнее это делать в космосе, в частности, для осуществления встречи и стыковки космических кораблей на орбите, обеспечения посадки кораблей на другие планеты и т. п. И здесь за лазерами большое будущее.

Оптические системы позволят точнее радиосредств определить траекторию полета, высоту и скорость космического корабля. Расчеты показывают, что бортовой лазерный локатор позволит определять расстояния до движущихся объектов с точностью, в тысячу раз превышающей точность обычного радиолокатора.

Еще один путь использования лазеров — ориентирование движения космического корабля в нужном направлении. Остронаправленный луч лазера может стать той нитью, которая не даст кораблю сбиться с правильного пути. Малейшее отклонение от намеченного курса — и срабатывает система ориентации, которая приводит корабль в нужное положение.

Существуют и другие работы и проекты по использованию лазерной техники в космических исследованиях. Число их стремительно растет, и можно не сомневаться, что в недалеком будущем лазерные космические системы выйдут из стен лабораторий, чтобы найти практическое применение.

Связь с внеземными цивилизациями

Давней мечтой человека было обнаружение в Солнечной системе подобных себе по разуму. На древних письменах и папирусных свитках запечатлены первые представления наших предков о других мирах, о их множественности и населенности.

Выдающийся философ-материалист, последователь Демокрита, Эпикур был глубоко убежден во множестве обитаемых миров, подобных Земле.

По словам Т. Лукреция, автора знаменитой поэмы «О природе вещей», наша планета не единственна:

...во Вселенной еще и другие имеются земли,

Да и людей племена и также различные звери.

Значительно позднее, благодаря работам Н. Коперника, Д. Бруно, Р. Декарта, мысль о том, что на других планетах возможна жизнь, получила научное обоснование. Так, Д. Бруно в своем трактате «О бесконечности Вселенной и Мирах» утверждал: «Я считаю, что в каждом из этих миров с необходимостью имеются четыре элемента, как на земле, что там существуют моря, реки, горы, пропасти, огонь, животные и деревья. Что касается людей, т. е. разумных творений, которые, как мы, обла-

дают телесной субстанцией, я оставляю этот вопрос суждению тех, кто хочет их так называть. Но следует полагать, что там имеются разумные животные».

В наши дни специалисты самых различных профессий обсуждают проблемы возможности разумной жизни на других планетах Солнечной системы, удаленных от нас на громадные расстояния.

В книге К. Сагана и Н. Шкловского «Разумная жизнь в космосе» авторы утверждают, что история земной цивилизации насчитывает около шести тысячелетий, тогда как возраст нашей планеты исчисляется несколькими миллиардами лет. Исходя из этого, авторы считают, что одна цивилизация могла посещать другую по меньшей мере 10 тысяч раз!

Разумеется, такого рода рассуждения сегодня невозможно ни подтвердить, ни опровергнуть. Но хочется верить, что ученым в конце концов удастся разгадать и эту загадку.

По некоторым расчетам, в нашей Галактике около миллиона двойников Земли. Так, английский астроном Ф. Хейл пишет:

«...в Галактике в течение миллиардов лет все время происходит обширный обмен информацией, а мы и не подозреваем об этом, точно так же как пигмеи в африканских лесах не подозревают о радиоволнах, которые со скоростью света проносятся вокруг Земли. По моему предположению, в галактическом справочнике может быть миллион или более абонентов. Нам необходимо внести в этот справочник свое имя».

Контакта с внеземными цивилизациями можно достичь несколькими путями. В настоящее время определились три пути решения этой проблемы. Первый — установление связи с другими цивилизациями с помощью технических средств. Второй — посещение космонавтами инопланетных цивилизаций. И, наконец, третий — посылка к звездам, населенным разумными существами, автоматических станций, оборудованных средствами оповещения о земной цивилизации.

Как считает большинство ученых, два последних пути недоступны технике сегодняшнего дня. Попробуем мысленно совершить путешествие к ближайшей нам звезде Альфе Центавра. Она находится от нас на расстоянии 4,3 светового года. Если взять скорость космического корабля равной 11 км/с (такую скорость имеют ко-

рабли типа «Союз»), то достигнуть звезды мы сможем лишь через 100 с лишним тысяч лет!

Остается лишь один путь — установление контакта с внеземными цивилизациями с помощью электромагнитных волн. В создании такого контакта есть немалые трудности. До ближайших звезд мы сейчас можем дотянуться своими сигналами. Однако послать сигналы на расстояние в сотни и тысячи световых лет не представляется возможным из-за отсутствия необходимых источников энергии. В радиусе же десяти световых лет насчитывается всего лишь 12 звезд. Здесь мала вероятность обнаружить разумную цивилизацию. Таким образом, сегодня остается лишь надежда найти и принять от другой цивилизации сигнал, содержащий какое-то количество информации. Именно это было записано в решении Первого Всесоюзного совещания по проблеме внеземных цивилизаций. В нем, в частности, отмечалось:

«Экспериментальные работы по поиску разумной жизни во Вселенной должны вестись в двух направлениях: а) планомерный и систематический поиск искусственных сигналов в радиусе 1000 световых лет, включая посылку сигналов вероятным корреспондентам; б) поиски сигналов от цивилизаций, более развитых, чем наша, и с этой целью исследование источников космического радиоизлучения».

Для приема далеких и весьма слабых сигналов необходимо создание специальных и совершеннейших антенных систем радиотелескопов гигантских размеров. В частности, поставлена задача создать в дециметровом диапазоне волн радиотелескоп с площадью антенной системы порядка миллиона квадратных метров!

Человечество все же не оставляет попыток самим связаться с другими мирами. 16 ноября 1974 г. с помощью 300-метрового радиотелескопа, расположенного в кратере вулкана на острове Пуэрто-Рико, в космическое пространство было отправлено наше первое послание внеземным цивилизациям. Сигнал послан в созвездие Геркулеса, на расстояние около 24 тыс. световых лет.

Что же представляет собой это послание?

В нем нашли отображение цифры от 1 до 10 в двоичной системе, атомные числа наиболее распространенных химических элементов, численность населения Земли, средний рост человека, строение основного наследственного вещества клетки — дезоксирибонуклеиновой кислоты

(ДНК) и ряд другой информации, по которой способное к математическому мышлению существо сможет расшифровать наше послание.

Сигналы в космос передаются автоматически. И если они будут приняты внеземной цивилизацией, то ответ придет примерно через 48 тыс. лет.

А пока исследователи СССР и США предпринимают попытки поймать радиосигналы, которые можно было бы связать с деятельностью высокоразвитых разумных существ.

Первые наблюдения за потоком сигналов из космоса не привели к обнаружению внеземной цивилизации. Тем не менее, по зарубежным прогнозам, открытие внеземных цивилизаций связывают с 2020 г. Такого же мнения придерживается один из самых известных фантастов нашего времени А. Кларк. В книге «Черты будущего» А. Кларк отмечает, что уже во второй половине следующего века скорость космических кораблей достигнет световой и полет к Плутону займет не более недели, а к ближайшей звезде — около 5 лет; контакт же с внеземными цивилизациями будет установлен не позже 2030 г.

Эти прогнозы могут не оправдаться. Однако нет сомнений в том, что поиск внеземных цивилизаций, обнаружение до сих пор нам неизвестных разумных существ в будущем станет одной из наиболее актуальных проблем в науке.

Информация и связь

Стало очевидно, что техника управления и техника связи неотделимы друг от друга и что они концентрируются не вокруг понятий электротехники, а вокруг более фундаментального понятия сообщения.

Н. Винер

Информационная лавина

Каждый из нас на себе ощущает, как трудно стало жить в мире, переполненном информацией. Основная особенность нашей земной цивилизации — темпы роста главных ее показателей. Население Земли удваивается за 45 лет, национальный доход государства — за 40. Число ученых возрастает вдвое каждые 15 лет, количество научной и технической информации становится вдвое больше каждые 10 лет. По некоторым данным, к 2000 г. объем научной информации увеличится в 30 раз!

Потрясающие цифры! Информация захлестнула людей, на какой-то момент они «захлебнулись» в ее потоке.

Ньютону ничего не стоило быть в курсе всех научных открытий: в его время выходило лишь пять научных журналов. В XVIII веке вышло около 1,6 млн. книжных изданий, в XIX веке — 6,1 млн. Сейчас ежегодно выпускается более 200 тыс. научных журналов, где публикуются миллионы статей. Но это еще не все. В периодических научно-технических изданиях выходят ежегодно более 300 тыс. патентов и описаний изобретений и открытий. Мы не взяли еще в расчет различные сборники, труды конференций, симпозиумов, научно-популярную и научно-техническую литературу, выходящую массовым тиражом.

Человек не в состоянии прочитать все газеты, прослушать и просмотреть предназначенные для него радио- и телепередачи. Объем информации в сотни тысяч раз пре-

вышает возможности человека воспринимать эту неудержимую лавину. И даже если бы он читал круглые сутки без сна и отдыха, то все равно не смог бы быть в курсе всего происходящего в мире.

Доходит до курьезов. Одна из лабораторий в США в течение 5 лет занималась проблемой электронного перевода. Когда работа была закончена, выяснилось, что подобная задача давно решена советскими специалистами.

В печати США было опубликовано сообщение об изобретении съемных протекторов для шин. В нашей стране эта информация появилась лишь спустя несколько лет.

Получается, что легче изобрести что-нибудь или заново поставить эксперимент, чем узнать об этом, изучая океан литературы. Выходит, что современные формы публикации не удовлетворяют требованиям дня.

Где же выход?

Прежде всего, в перестройке информационной службы и других средств современной оргтехники.

Надо постепенно отказаться от публикации в научных журналах полных текстов научных статей. Это так называемое свертывание информации, когда вместо статьи публикуются обзоры, рефераты, краткие сообщения, в которых содержатся наиболее важные результаты.

Делаются попытки создания так называемых «национальных банков данных». В них будет накапливаться всевозможная информация по различным отраслям науки и техники. Такого рода банки будут соединены линиями связи с потребителями, через которые информация будет доставляться непосредственно на рабочее место инженера, конструктора, ученого.

По прогнозам английских специалистов, национальные банки данных будут созданы к 1980 г.

Интересный банк данных открыла в США газета «Нью-Йорк таймс». В нем помещена информация о материалах, опубликованных как на страницах этой газеты, так и на страницах ряда других периодических изданий. Желающим выдаются полные тексты газет в виде микрофильмов.

Излишне говорить об удобствах, которые получит читатель с появлением автоматических библиотек. Линии связи соединят эту библиотеку с лабораториями и аудиториями. На столе абонентов — клавиатура, как у пишу-

щей машинки. Рядом — экран телевизора и небольшой копировальный аппарат. Ввод букв, цифр и других символов будет осуществляться с помощью клавиатуры, графическая же информация вводится с помощью так называемого светового пера. Через несколько секунд на экране возникнет ответ в виде текста или графического материала. Если нужна копия, нажмите на кнопку — аппарат через несколько минут выдаст ее. Так с помощью экранных пультов специалист будет получать информацию в удобной для него форме. Этот метод поможет ученым и инженерам оценивать выдаваемые машиной сведения практически в процессе проведения поисковой или экспериментальной работы.

В последние годы появилась новая система отбора информации — научные цитаты и ссылки. Допустим, что вы, просматривая какой-то журнал, встречаетесь с интересной статьей и хотите узнать, что еще написано на эту тему. В этом вам поможет язык цитат и ссылок.

С 1963 г. в США институтом научной информации издается «Индекс научных ссылок», при составлении которого просматриваются больше тысячи важнейших научных журналов мира.

С помощью «Индекса» можно узнать множество интересных фактов. Как фамилия автора статьи? Кто еще публикует работы на эту тему? В каком журнале и в каком году опубликована работа? Не проводились ли подобные исследования ранее? Как называется статья и кто соавтор? И так далее.

В подготовке «Индекса» принимают участие «грамотные» вычислительные машины, которые не только осуществляют поиск информации, но и обрабатывают все данные. Это позволяет впускать его в предельно сжатые сроки.

Делаются и другие попытки как-то облегчить поиски, создать нечто вроде крупномасштабного атласа моря информации. Скажем, у нас выпускается грандиозный реферативный журнал, который вбирает в себя существенную часть информационной лавины.

Становится очевидным: для того чтобы справиться с колоссальным объемом информации, надо искать «мыслящие» информационные системы, способные воспринимать, преобразовывать, хранить, искать и выдавать информацию без участия человека.

Здесь не обойтись без так называемых читающих ав-

томатов. Созданный у нас в стране, в Институте кибернетики АН УССР автомат ЧАРС-65 обеспечивает считывание буквенной и цифровой информации, напечатанной любым шрифтом. Такие автоматы с успехом применяются для выборки различных сведений из планово-экономических и финансовых документов, конструкторской документации и т. п.

Другой отечественный электронно-пишущий автомат «ЭПРА» с программным управлением создан в Латвийском проектно-конструкторском бюро механизации и автоматизации. По заданной программе он может печатать деловые письма, формуляры, бланки, отчеты и т. п.

Социологи установили, что уже в настоящее время тот специалист, который не следит за новейшими достижениями, не знакомится с периодической научно-технической информацией, через 10 лет обладает лишь 30% знаний в своей области, а через 15 лет — полностью деqualифицируется.

Как же быть? Что поможет?

Кибернетика, и прежде всего один из главных ее плодов — быстродействующие вычислительные машины и другие средства современной оргтехники. Они должны взять на себя поглощение основной лавины информации и каждому выдать только то, что ему необходимо.

Вот как представляет себе автоматизированную информационную систему академик В. М. Глушков: «Единая система связи включает в себя огромный парк электронных машин и превратится в единую систему хранения, обработки и передачи информации. В ее задачу будет входить не только установление связи между людьми, но и людей с машинами и машин между собой... Через считанные секунды после нашего запроса мы будем иметь у себя на столе копию старинного манускрипта, сведения о только что найденном новом научном факте, справку о свойствах тех или иных материалов, выпуск последних известий. Наличие подобной системы радикальным образом изменит труд ученых и конструкторов. Исчезнет необходимость рыться в ворохах статей, справочников, монографий».

Как видите, электронно-вычислительные машины в ближайшем будущем станут не только верными помощниками человека в его творческой деятельности, но и кладовыми научных знаний, накопленных за многие века существования человечества.

В 1948 г. американский математик Н. Винер опубликовал книгу «Кибернетика, или Управление и связь в живых организмах и машинах». Книга вызвала небывалый интерес в научном мире, хотя законы, которые Винер положил в основу кибернетики, были открыты задолго до появления его работы.

Возникновение и бурный прогресс кибернетики вызваны потребностями времени — расширением требований к точности систем управления, к их быстродействию в процессе усложнения самих процессов управления, к созданию и быстрому совершенствованию электронных вычислительных машин (ЭВМ). Н. Винер отмечает в своей книге, что «если XVII столетие и начало XVIII столетия — век часов, то настоящее время есть век связи и управления». Именно через связь и управление объединяются все теории, которые лежат в основе кибернетики и являются ее фундаментальными понятиями.

Но вернемся к вычислительным машинам, технической стороне кибернетики. Их история складывается из биографии машин пяти поколений.

Первое поколение ЭВМ, созданное на грани 40—50-х гг., представляло собой громоздкие малонадежные ламповые устройства, способные решать лишь узкий круг задач. Но специалисты тут же начали прикидывать, какие выгоды можно извлечь из машины, если использовать ее главное преимущество — быстроту работы. Оказалось, что по своим возможностям ЭВМ являются универсальными преобразователями информации. Этот вывод сыграл революционизирующую роль, прежде всего, в сфере научных взглядов и представлений на ЭВМ.

Второе поколение машин имело полупроводниковую элементную базу. Эти ЭВМ отличались большой надежностью, малым потреблением энергии, компактностью. Логические ячейки, состоящие из дискретных элементов, стало легче собирать, да и считать машины стали быстрее. Если скорость вычислений в машинах первого поколения составляла несколько тысяч операций в секунду, то быстродействие ЭВМ второго поколения выросло до 1 млн. операций в секунду.

Машины второго поколения дали возможность построить первые автоматизированные системы управле-

ния, позволили решить многие задачи в экономике и сфере управления.

В конце 60-х гг. начали создаваться машины третьего поколения — на интегральных схемах, заменяющих целые блоки машин одним микроскопическим элементом.

Интегральная схема, как уже упоминалось выше, это конструктивный сгусток многих элементов, основой которого являются полупроводниковые материалы.

В ней роль электронных приборов и элементов играют небольшие группы молекул. Теперь конструкторам нет необходимости создавать электронные ячейки собственной конструкции, они имеют дело с уже готовыми интегральными схемами, и из них, как из кирпичиков, складывают отдельные устройства и всю машину в целом. Говоря о числе эквивалентных диодов и транзисторов в интегральной схеме, мы говорим об уровне интеграции: об интегральных схемах среднего уровня интеграции, о больших интегральных схемах (БИС) и сверхбольших интегральных схемах (СБИС).

ЭВМ третьего поколения отличаются еще большей надежностью, имеют огромную память и очень высокое быстродействие. Оно достигает нескольких десятков миллионов операций в секунду. Именно в машинах третьего поколения родилось специальное понятие — байт. Байт — это новая единица измерения машинной информации, содержащая в себе 8 бит, из которых иногда 7 используются для представления символа (буквы алфавита, знаки), а 8-й для осуществления контроля или в служебных целях.

ЭВМ третьего поколения имеют значительно большие возможности в отношении общения с человеком. Они позволяют осуществлять своеобразный диалог между машиной и человеком, в процессе которого человек с помощью входного устройства (нажатием на клавиатуру, например) задает машине вопросы и ставит перед ней задачи, а ЭВМ отвечает оператору с помощью выходных устройств (в виде печатания материала, телевизионных экранов, устройств для вычерчивания графической информации и т. п.).

Машины третьего поколения построены по принципу независимой и параллельной работы составляющих их устройств. Поэтому они могут одновременно выполнять многие операции, могут подключаться к различным периферийным устройствам через линии связи, преобразо-

вывать информацию в доступную для любого абонента форму.

А четвертое поколение? Машины эти еще более совершенны. Строго говоря, их правильнее было бы называть высокопроизводительными вычислительными комплексами. Если в ЭВМ третьего поколения в одной интегральной схеме размещалось несколько элементов, то машины четвертого поколения строятся на БИСах.

В одном кристалле площадью 30—40 мм² в настоящее время удастся создать интегральные схемы с 10—20 тыс. транзисторов. В пересчете к обычным ЭВМ первого поколения одна такая схема уже сегодня свободно вмещает в себя одну-две ЭВМ первого поколения.

С применением этих новшеств быстродействие машин увеличится до нескольких миллиардов операций в секунду, а объем внешней памяти превысит 10¹⁴ символов, что эквивалентно библиотеке, состоящей из нескольких миллионов книг по 500 страниц в каждой!

Успехи оптоэлектроники и голографии позволяют ученым строить самые оптимистические прогнозы относительно создания «световых вычислительных машин» — ЭВМ пятого поколения. Их «оживят» не электрический ток, а лучи света, которые свяжут ячейки ЭВМ между собой. А поскольку скорость света значительно выше скорости электронов, то и время переключения в подобных устройствах будет измеряться в сотых и тысячных долях наносекунды. Да и работа такой машины будет напоминать функционирование живого организма. Если там энергия создается на уровне клетки, то здесь — на уровне элемента. В организме каждая живая клетка омывается лимфой, в машине каждый элемент будет питаться светом.

Представляется реальным достижение емкости памяти запоминающего устройства порядка 10¹¹—10¹³ двоичных единиц информации в 1 см³, что довольно близко к возможностям человеческого мозга. В них станет возможным осуществить параллельную обработку больших массивов информации.

Наиболее перспективными в создании таких машин являются голографические системы памяти, которые по эффективности превосходят существующие устройства в 100—1000 раз. В настоящее время разработано несколько вариантов голографической памяти. В их основу по-

ложена запись на фотопластинку, на которой фиксируется ряд голограмм, восстанавливаемых лучом лазера.

Что же собой представляют голографические системы памяти?

Вся информация разбивается на массивы — определенное число транспарантов. Каждый такой массив записывается с помощью опорного лазерного луча на отдельный участок фотопластинки. В результате на ней создается решетка голограмм. К примеру, на фотопластинку размером $2,5 \times 2,5 \times 0,2$ см можно записать около 300 тыс. изображений информативного материала, т. е. целый архив большого завода, учреждения или библиотеки. А в будущем голография позволит всю информацию, которая хранится в Ленинской библиотеке в Москве, поместить в небольшой сейф.

Для выборки данных (считывания) голограмма освещается лучом лазера, в результате чего восстанавливается изображение нужного массива. Полученное изображение подается на фотоприемное устройство, которое «считывает» оптические данные и преобразует их в электрические сигналы. Просмотр записанного материала осуществляется по команде ЭВМ мгновенно — тысячи сравнений в доли секунды.

Представляется реальным достижение емкости голографической памяти порядка 10^{13} бит при времени поиска информации менее 1 мин. Учитывая, что каждый кусочек голограммы может воспроизводить все изображение в целом, резко повышается надежность записи.

Возможно, еще рано говорить об ЭВМ с голографической памятью. Однако можно утверждать, что столь богатое по своим возможностям явление, как голография, окажет со временем огромное влияние на наш мир и на нашу жизнь.

На пути к ОГАС

Усложнение современного промышленного производства, возрастающая взаимосвязь отдельных предприятий друг с другом, наконец, освоение накопленной человечеством информации требуют автоматизации многих управляющих функций. Выступая на XXIV съезде КПСС, Л. И. Брежнев подчеркнул необходимость «быстрее создавать отраслевые автоматизированные системы управ-

ления, имея в виду, что в перспективе нам предстоит создать общегосударственную автоматизированную систему сбора и обработки информации» *.

Автоматизированную обработку различных видов информации сейчас ведут сотни вычислительных центров. Они разрабатывают методы решения задач для научных и инженерных расчетов, производят плановые и экономические расчеты, решают множество вопросов отраслевого назначения. Со временем все вычислительные центры заключат в своеобразное «электронное кольцо» — Общегосударственную автоматизированную систему сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством (ОГАС). Система будет представлять собой весьма сложный организм управления всем народным хозяйством.

Вот как представляет себе ОГАС член-корреспондент АН СССР Д. Г. Жюмерин:

«Когда пытаешься мысленно представить себе весь этот огромный комплекс, невольно возникает мысль о Байкале. Более трехсот тридцати рек несут ему свои воды. У них множество притоков, в которые, в свою очередь, впадают многочисленные ручьи. А ручьи берут свое начало в родниках и ключах.

Начнем с истоков. Родники и ключи информации — цехи заводов и фабрик, бригады колхозов и совхозов, отделы плановых, снабженческих и других организаций. Там рождаются данные о производительности труда и качестве продукции, о выполнении плана и недостатках производства, о создании новых изделий, пуске автоматических линий и т. п.

Продолжим наше сравнение информационных истоков с реками Байкала. Потоки данных в конце концов устремятся в единый вычислительный центр — мозг Общегосударственной автоматизированной системы сбора и обработки информации. И дело здесь не только в простом суммировании памяти многих десятков, сотен вычислительных машин. Тогда перед нами была бы просто гигантская электронная библиотека. По воле человека автоматизированная система станет подбирать и перерабатывать информацию, составлять прогнозы и отчеты по самым различным вопросам. Делать это единому вычислительному центру будет не так уж трудно. Ведь

* Материалы XXIV съезда КПСС, М., Политиздат, 1971, с. 67—68.

все производственные отраслевые системы будут соединены между собой линиями связи, и считанные минуты потребуются для получения любой справки. Кроме того, каждая из включенных в систему машин сможет воспользоваться не только своими данными, но и тем, что хранится в памяти других ЭВМ, даже находящихся на расстоянии сотен километров.

Будет у Байкала информации и своя Ангара. Из центрального вычислительного центра страны потекут сведения, на основе которых люди станут планировать все народное хозяйство. Да, именно люди, а не машины. Ведь машина в конечном счете лишь орудие человека».

Чтобы ОГАС как можно быстрее вошла в строй, необходима коренная перестройка органов управления. Надо, чтобы внедрение ЭВМ происходило при соответствующей подготовке условий для их оптимального использования, с достаточной их загрузкой и квалифицированным обслуживанием, с построением удобных систем ввода и вывода информации и т. п.

Изменяется и наши представления о связи. Создаваемая в нашей стране система ЕАСС в будущем превратится в Единую систему хранения, обработки и передачи информации, которая сможет удовлетворить практически все потребности народного хозяйства и обеспечить передачу всевозрастающего объема информации.

Естественно, создание такой информационной системы будет довольно продолжительным процессом и потребует увеличения как количества линий связи, так и развития новых средств передачи информации. Нет сомнения в том, что советские ученые, инженеры, рабочие успешно воплотят ее в жизнь. Ведь программа повышения эффективности автоматизированных систем планирования и управления, намеченная XXV съездом КПСС, затрагивает все без исключения стороны народного хозяйства,

Заключение

Мы еще далеки от создания единой системы связи на Земле, но рано или поздно придем к этому.

А. Кларк

Наше повествование подошло к концу. Хотя многое из того, над чем работают специалисты, осталось за пределами книги, мы надеемся, что читатель все же получил представление о том, насколько беспредельны возможности, открытые перед человечеством современными средствами связи.

Если предположить, что сегодняшние темпы прогресса в области создания технических средств связи сохранятся в последующие годы, то перед нами откроется впечатляющая картина.

Объем информации, увеличение пропускной способности линий связи, увеличение достоверности передаваемых сообщений возрастут до величин, которые трудно себе представить. В этих условиях потребуются возрастание числа быстродействующих и широкополосных каналов связи.

В городских сетях найдут применение миллиметровые и оптические линии связи. На больших магистралях будут работать радиорелейные системы на УКВ, спутниковые и лазерные системы связи.

Дальнейшее развитие и совершенствование средств связи будет идти по пути повышения их эффективности, т. е. одновременного повышения емкости каналов, помехоустойчивости и надежности при увеличении дальности и снижения стоимости.

В последние годы широким фронтом ведутся работы по созданию волноводных линий связи. В них энергия

электромагнитных волн передается по трубам, имеющим прямоугольную или круглую форму. Уже построены первые экспериментальные линии связи на волноводах, работающих в диапазоне 40 тыс. — 100 тыс. МГц и передающих информацию на расстояния до 30 км.

В 1980—1985 гг. в ряде стран намечено строительство волноводных линий связи протяженностью в сотни километров. Так, в США в 1979 г. будет сооружена волноводная линия между Нью-Йорком и Филадельфией. Во Франции к 1980 г. предполагается построить магистраль Париж — Лион протяженностью 400—500 км.

Поговаривают о связи на мюонах. Мюоны — наиболее загадочные частицы микромира. Их масса в 207 раз больше, чем масса электрона, они способны проникать сквозь воздух и твердые тела, пролетать значительные расстояния. При этом дальность их полета пропорциональна сообщенной энергии. При энергии всего лишь в 5 ГэВ длина их пробега равнялась 35 км.

В апреле 1972 г. использовав современный ускоритель, американский физик Р. Арнольд продемонстрировал опыт связи на мюонах. Для передачи информации пучок мюонов прерывался с помощью соленоида, который вдвигал или выдвигал латунный блок, находящийся в ускорителе. Как считает ученый, связь на мюонах можно вести на расстояние до 1000 км при условии, что заряженные частицы будут ориентированы вдоль магнитных силовых линий Земли.

Есть и другие проекты. Например, телеграфная связь с помощью подземных взрывов или с помощью сил всемирного тяготения. Осуществятся ли эти и другие проекты, покажет будущее.

В будущем для получения информации и обмена ею будут созданы домашние информационные центры. Такие центры будут укомплектованы телевизионными и радиовещательными устройствами, телефоном, аппаратом передачи данных и электронными печатными устройствами. Человек получит возможность не только принимать телевизионные и вещательные программы, но и общаться с людьми по звуковым и видеоканалам. По радио, по линиям связи он сможет у себя дома «принимать» тексты газет, журналов и писем; не выходя из квартиры, получит доступ к научно-техническим библиотекам.

В каждой квартире появится вычислительная машина, которая возьмет на себя все функции по контролю и управлению бытовыми приборами и домашним информационным центром. При обнаружении неисправностей она будет информировать соответствующие службы быта. При необходимости она сможет вступать в контакт с другими вычислительными машинами, установленными в сберкассах, торговых организациях и административных учреждениях. Очевидно, придет время, когда мы с вами сможем набрать нужный номер и в ответ получить любую информацию от центрального информационного центра.

Одним из факторов, сдерживающих прогресс техники связи, является ограниченное число каналов для передачи информации. В будущем ЭВМ на передающем конце сможет не только проанализировать речь или другую информацию, но и «сжать» ее. На приемном конце ЭВМ восстановит первоначальную информацию без искажения. Благодаря этому, а также прогрессу в области лазерной и спутниковой систем связи, появится возможность создания глобальной связи на Земле.

Недалеко время, когда ЭВМ будут хранить всю информацию, накопленную человечеством за многие века существования. В этом неограниченную помощь окажет голография.

Среди ученых многих стран горячо обсуждаются вопросы, связанные с передачей информации ЭВМ с помощью биотоков. Здесь привлекательной кажется мысль с помощью ЭВМ познать самого себя, наш биологический облик. Вот что говорит по этому поводу академик В. М. Глушков: «Вся информация, весь мыслительный процесс будет попадать непосредственно в электронно-вычислительную машину. Она будет запоминать весь образ мышления этого человека, все нюансы его творческого процесса и воспринимать все его мысли, лишь только он успеет о них подумать. Именно таким образом можно достичь полного симбиоза человека и машины, получить полную совместимость работы мозга и компьютера. Думаю, что добиться этого ученые смогут примерно к 2020 году, то есть меньше, чем через полвека».

Таким образом, техника будущего позволит не только увеличить длину существующих линий связи, но и сделать ее гораздо удобнее и эффективнее.

Конечно, неразрешенных в настоящее время проблем еще очень много. Ученому нет и не может быть покоя, потому что открытия не приходят сами, их создают люди своими руками, своим умом. Ведь материя бесконечна в своих проявлениях, как и бесконечен путь мысли человеческой.

«Мы никогда не должны забывать,— писал Луи де Бройль,— что каждый успех нашего познания ставит больше проблем, чем решает, и что в этой области каждая новая открытая земля позволяет предполагать существование еще не известных нам необъятных континентов».

СО Д Е Р Ж А Н И Е

| | |
|--|------------|
| ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ | 3 |
| КАК СОКРАЩАЛИСЬ РАССТОЯНИЯ , , . | 5 |
| О предках и предшественниках | 5 |
| Оптический телеграф | 8 |
| Идея неизвестного автора | 10 |
| Танцующие стрелки | 13 |
| Точка, тире | 16 |
| Связь по дну океана | 18 |
| Телеграф не стареет | 23 |
| Газета по фототелеграфу | 25 |
| АЛЛО! КТО У ТЕЛЕФОНА? | 28 |
| Все решили два часа | 28 |
| Телефонные станции | 32 |
| Родственники телефона | 35 |
| Тысяча разговоров по одной линии | 40 |
| Телефон связывает континенты | 43 |
| Телефон сегодня и завтра | 45 |
| С ПОМОЩЬЮ РАДИОВОЛН , | 49 |
| У истоков радио | 49 |
| Рождение радиосвязи | 52 |
| Газета без бумаги и без расстояний | 55 |
| На смену искре | 58 |
| Полупроводники наступают | 61 |
| Вверх по шкале частот | 64 |
| НЕВЗИРАЯ НА ВРЕМЯ И РАССТОЯНИЯ . | 69 |
| Волны вокруг нас | 69 |
| На плечах радиоволн | 71 |
| От антенны до громкоговорителя | 73 |
| Дальняя связь | 77 |
| У ЭКРАНА ТЕЛЕВИЗОРА | 82 |
| Голубой чародей | 82 |
| Как переносится изображение | 86 |
| Радуга на экране | 89 |
| Новые горизонты телевидения | 94 |
| Телевидение и мы | 98 |
| СВЕТ НА СЛУЖБЕ СВЯЗИ | 103 |
| Природа света | 103 |
| Лавина фотонов | 107 |
| Лазерная связь и телевидение | 109 |
| По стеклянным проводам | 115 |
| Мир в голограммах | 118 |
| Объемное телевидение | 122 |

| | |
|--|------------|
| ЗЕМЛЯ — КОСМОС — ЗЕМЛЯ | 125 |
| Репортаж из космоса | 125 |
| Спутники выходят на орбиту | 129 |
| Штурм Луны | 133 |
| Лазеры в космических исследованиях | 137 |
| Связь с внеземными цивилизациями | 140 |
| ИНФОРМАЦИЯ И СВЯЗЬ | 144 |
| Информационная лавина | 144 |
| Поколения ЭВМ | 148 |
| На пути к ОГАС | 151 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 154 |

Иван Иванович Дзюбин
ВЫХОЖУ НА СВЯЗЬ

Зав. редакцией *М. Новиков*
Редактор *С. Столпник*
Мл. редактор *В. Саморига*
Художник *И. Лемешев*
Худож. редактор *В. Савела*
Техн. редактор *Т. Пичугина*
Корректор *В. Ширяева*

ИБ № 1614

Сдано в набор 18.09.78 г. Подписано к печати 13.02.79 г. Формат 84×108/32. Бумага № 2. Гарнитура литерат. Индекс заказа 97715. Т—04140. Печать высокая. Бум. л. 2,5. Печ. л. 5,0. Усл. печ. л. 8,40. Уч.-изд. л. 8,35. Тираж 100 000 экз. Изд. № 370. Заказ 1145. Цена 25 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Ордена Ленина типография № 2 комбината печати издательства «Радянська Україна», Киев, л. Барбюса, 51/2.

25 коп.



7:0:0(-)

$$I = \log_2 N.$$

а.

б.