

Введение.

Электросвязь и оптика в историческом плане

Широкое применение волоконно-оптических систем связи считается важным достижением науки и техники за последние десятилетия. При этом существует мнение, что в историческом аспекте это естественный процесс развития связи, поскольку на протяжении целого столетия человечество осваивало все более высокие частотные диапазоны радиоволн и, наконец, освоило оптический диапазон. В действительности история связи охватывает существенно больший промежуток времени, и её начало связано с использованием оптического диапазона.

Самым древним и самым распространённым способом передачи информации практически до первой половины XIX века был способ, основанный на использовании световых сигналов. Кроме того, использовались особые приборы с подвижными частями, различные взаимные положения которых составляли условные знаки. Но условные знаки воспринимались на расстоянии зрением человека и, следовательно, передавались в световом диапазоне.

В соответствии с современной терминологией данные древние устройства можно назвать «оптическим телеграфом». Древний оптический телеграф — это костры, факелы, семафоры. Один из старейших видов такого средства связи описывает древнегреческий полководец и учёный Полибий (201–120 гг. до н. э.) в своей «Всеобщей истории». Древнегреческий поэт Эсхил (525–456 гг. до н. э.) в своей трагедии «Агамемнон» описывает, как за много столетий до нашей эры при помощи костров через ряд промежуточных пунктов было передано известие из Малой Азии в Микенский замок о взятии греками легендарной Трои. На Руси в древности для сигнализации также применялись костры, при помощи которых сообщали, например, о нашествии неприятеля.

В исторической литературе высказывается мнение, что вавилонская башня могла служить для оптического телеграфирования. У китайцев для той же цели зажигались яркие огни на башнях, расположенных вдоль всей Великой Китайской стены. Такой способ передачи известий посредством огня применялся и позднее у большинства древних народов, в особенности в Африке.

Решение практических задач вызвало необходимость изучения особенностей распространения световых лучей в пространстве.

Считалось, что свет распространяется во всех направлениях и по прямой линии. Однако оказалось, что если его источник поместить в трубе, то он будет распространяться вдоль трубы. Герон из Александрии в древности взял бадью с отверстием в ней и наполнил её водой. Солнечный свет падал под углом на поверхность воды и вытекающая из бадьи вода несла солнечный свет — так были заложены основы преломления и отражения света. Архимед использовал законы преломления солнечного света для уничтожения вражеского деревянного флота, поджигая его лучами.

Развитие оптического телеграфа в современном понимании началось, когда условные знаки начали передавать не с помощью световых источников и их лучей, посылаемых с одного места в другое, а посредством особых механизмов с подвижными частями в виде линеек или кругов, видимых с дальнего расстояния. Первым изобретателем такого рода оптического телеграфа считается известный английский учёный Р. Гук, который не только изобрел, но и построил сигнальный аппарат, который был им продемонстрирован в 1684 г. Затем француз Г. Амонтон в 1702 г. устроил оптический телеграф с подвижными планками, который он показывал в действии при дворе.

В XVIII веке оптические телеграфы использовались весьма интенсивно. В 1778 г. для установления сообщений между Парижской и Гринвичской обсерваториями был устроен оптический телеграф, который использовал огни. Разновидностью оптических телеграфов в XIX явился *гелиограф*, который широко использовался в военном деле. Основной частью гелиографа являлось зеркало, при помощи которого световые лучи направлялись в место, где находилось другое такое же зеркало. Условные знаки образовывались короткими поворотами зеркал в ту или другую стороны. При благоприятных условиях погоды такие знаки могли передаваться на расстояние до 65 км. Ночью, при лунном свете, такое расстояние сокращалось до 15 км, а при освещении лампами до 5 км.

Простота устройства и установки, лёгкость, дешевизна зеркальных гелиографов, делали их применение целесообразным для военных целей. Применялись в армии, преимущественно на военных судах, и более сложные сигнальные аппараты с сильным электрическим светом — прожекторы. Для направления лучей вольтовой дуги параллельным пучком в них пользовались и сферические или параболические зеркала и различные стеклянные линзы. В усовершенствовании прожекторов принимали участие Ш. Манжен, П. Лемоньё, В.Н. Чиков, В. Сименс и в особенности Й. Шукерт.

Оптический телеграф как самое быстрое средство связи даже в конце XIX века изобретён в 1780 году во Франции Клодом Шаппом.

Но только в 1792 г. прибор был им усовершенствован и представлен национальному конвенту под названием *семафора* (носителя знаков).

Первая линия такой системы была построена в 1794 г. и соединяла Париж и Лилль. Первое извещение на ней было получено 1 сентября и сообщало о взятии французами в тот же день утром города Конде у австрийцев. На протяжении 225 км были построены 22 станции. Для передачи одного знака требовалось при этом 2 мин. Вскоре построены были и другие линии, и система братьев Шапп получила широкое распространение. Своими военными победами Наполеон I немало обязан оптическому телеграфу, с помощью которого он имел возможность быстро передавать свои распоряжения на большие расстояния.

Несмотря на недостатки оптической телеграфии, заключающиеся главным образом в зависимости её от погоды, её активно использовали почти до середины XIX века, в России — до начала 1860-х годов.

В Испании Первая в линия оптического телеграфа была построена в 1798 г. испанцем А. Бетанкуром. Она соединяла Кадис и Мадрид. Бетанкур использовал собственную систему оптической связи, признанную позднее лучшей в Европе. В дальнейшем А. Бетанкур переселился в Россию и был видным российским государственным деятелем и учёным, генерал-лейтенантом русской службы, архитектором, строителем, инженером-механиком и организатором транспортной системы Российской империи.

В Российской империи И.П. Кулибиным в 1794 г. была изобретена и построена *дальнеизвещающая машина*, представлявшая собой оптический семафор, в котором он, помимо зеркал, использовал изобретённый им фонарь с отражающим зеркалом. Это позволяло строить промежуточные станции на больших расстояниях и использовать телеграф и днём, и ночью даже в небольшой туман. Рама семафора Кулибиным была использована Т-образная, французская, но им был придуман остроумный приводной механизм, двигавший раму, и новый упрощённый код. Кулибинский код сводился в таблицу, с помощью которой ускорялись передача и расшифровка сигналов. Изобретение Кулибина произвело эффект, однако денег на постройку линии телеграфа в Академии наук «не нашлось». После демонстрации дальнеизвещающая машина Кулибина была сдана на хранение в Кунсткамеру.

В 1824 г. была сооружена первая в России линия оптического телеграфа между Петербургом и Шлиссельбургом, по которой передавались сведения о судоходстве на Неве и Ладожском озере. За основу была взята система А. Бетанкура, получившая к тому времени повсеместное распространение.

Развитие оптической связи в Петербурге шло очень медленно: лишь в 1833 г. была открыта вторая линия Петербург – Кронштадт,

которая шла через Стрельну и Ораниенбаум. К 1835 г. к этой линии прибавились ещё две: Петербург – Царское Село и Петербург – Гатчина. Николай I мог, не выходя из своего рабочего кабинета, отдавать приказы флоту, используя телеграф, который он приводил в действие собственноручно. Об этом подробно описано в книге А. Кюстина «Россия в 1839 году».

В царствование Николая I был создан особый Комитет при Военном Министерстве для рассмотрения предлагаемых к использованию в России оптических телеграфов.

С 1827 по 1833 годы комитет рассмотрел множество проектов русских и иностранных изобретателей: капитан-лейтенанта Чистякова, купца Щегорина, генерала Карбоньера, Ферье, Леру, Тонеля, Шато, Ганона и других. Для постройки в России выбрали оптический телеграф, разработанный бывшим сотрудником К. Шаппа инженером Жаком Шато. В России его называли Петром. Конструкция его телеграфа была существенно проще, чем у К. Шаппа.

Шато разработал не только конструкцию самого телеграфа, но и словарь кодов для составления посланий, а также «Положение о Кронштадтской телеграфической линии», «Устав телеграфическим сигналистам». Устав был издан в Санкт-Петербурге в военной типографии в 1835 г.

Самая длинная в мире линия оптического телеграфа Зимний дворец — Варшава строилась в 1835–1838 гг. и была открыта 20 декабря 1839 г. Ближайшая от Зимнего дворца станция находилась на месте современной станции метро «Технологический институт». Протяжённость линии составляла 1200 км, ее обслуживали 1904 человека. Для передачи сигналов использовались 149 башен, построенных по «высочайше утверждённому» образцу и имевших высоту 21,5 м. Сообщение из Зимнего дворца доходило до Варшавы в среднем за 20 минут. Для подготовки телеграфистов, обслуживающих линии оптического телеграфа, в 1840 г. открыли «постоянную сигнальную школу».

Исходная станция в Петербурге располагалась в небольшой шестигранной башенке, увенчанной золочёным шаром и расположенной над западным фасадом Зимнего дворца. Башня была возведена по проекту архитектора Л.И. Шарлемана в 1835 г. и предназначалась для размещения в ней оптического (семафорного) телеграфа.

До неё почти на этом же месте, но только на самом углу дворца, выходящем на Неву, находился деревянный «телеграфический домик» с двускатной крышей, в котором работал первый оптический телеграф 1833 г. От этого «домика» тянулась телеграфная линия, соединявшая Санкт-Петербург с Кронштадтом.

Оптическим телеграфом могли пользоваться простые граждане. Можно было послать «оптическую» телеграмму в Гатчину или Виль-

но — их принимали в «телеграфическом домике», в башне Городской думы. Но стоило это довольно дорого, и популярности у горожан такой вид связи не получил. К тому же он сильно зависел от погоды.

В библиотеке Центрального музея связи им. А.С. Попова, основанного как Телеграфный музей в 1872 г. по инициативе директора Телеграфного департамента Карла Людерса, находятся Устав телеграфическим сигналистам, сочиненный Петром Шато, и Краткий словарь для Кронштадтской телеграфической линии 1837 г. По этим документам можно составить полную картину о том, как создавались и проходили по телеграфной линии депеши. На промежуточных башнях-станциях в специальном журнале «сигналист» записывал все принимаемые и передаваемые дальше сигналы с указанием времени передачи и своей фамилии. Содержания послания он не знал.

Следует отметить, что Центральный музей связи имени А.С. Попова — один из старейших научно-технических музеев мира.

Оптический телеграф быстро завоевал популярность. В первой четверти XIX века линии семафорного телеграфа имелись во многих европейских странах, а также в Америке, Алжире, Египте и в Индии. Очень яркое описание оптического телеграфа оставил нам А. Дюма в романе «Граф Монте-Кристо».

Практическое применение оптического телеграфа до первой четверти XIX века было основано на распространении световых лучей в воздушном пространстве. Однако история изучения свойств световодов можно начать с Джона Тиндаля (1820–1893). Этот английский физик, блестящий экспериментатор продемонстрировал в 1870 г. оригинальный опыт. Из большого сосуда через кран вытекала вода и сплошной струей падала в другой сосуд. Вставленная против крана в противоположную стенку линза фокусировала световой пучок от помещенной снаружи угольной дуги и направляла его внутрь вытекающей струи. Свет распространялся по струе воды за счет многократных отражений на границе вода–воздух. В опыте Тиндаля струя на всем протяжении светилась. Принцип жидкостных световодов используется и теперь для подсветки струй фонтанов.

Оптический телеграф потерял свою актуальность в начале 1850-х годов с внедрением электрического телеграфа. В России уже в 1852 г. была построена линия электрического телеграфа между Петербургом и Москвой, хотя линия оптического телеграфа Петербург — Варшава ещё некоторое время продолжала действовать. В 1854 г. российский оптический телеграф прекратил существование.

Несмотря на внедрение электрического телеграфа, оптический телеграф оставался востребованным на флоте. Оптический семафор на флоте был одним из самых простых аварийных видов связи между судами. В конце XIX и начале XX веков с появлением автономных

электростанций в оптическом телеграфе стали использоваться электрические светильники, что дало возможность разработать световую азбуку.

Оптический семафор в конце XIX века нашел применение и на железной дороге. Железнодорожная семафорная азбука поначалу не отличалась особой сложностью, однако с годами необходимость в ней увеличивалась и привела к разработке собственной системы световых сигналов.

Сохранение оптических методов передачи сигналов на флоте и на железной дороге объясняется тем, что в этих областях не было возможности передавать электрические сигналы по проводам.

Следует отметить еще одно важное свойство оптического метода передачи информации — возможность принимать сигнал визуально. Это в некоторых случаях является важным, даже если исходная информация передаётся по проводам. С развитием автомобильного транспорта появилась упрощенная разновидность оптического семафора — светофор.

Потеря актуальности оптического телеграфа в 1854 г. в России имела веские причины. В 1800 г. итальянский естествоиспытатель, физик, химик и физиолог Алессандро Вольта создал первый в мире химический источник тока «Вольтов столб». Начиная с 1800 г. стало возможным получать электричество с помощью химических реакций. Это изобретение оказало огромное влияние не только на развитие науки об электричестве, но и на всю историю человеческой цивилизации.

После изобретения химического источника тока А. Вольта прошло всего два года и в 1802 г. Василий Владимирович Петров (1761–1834) — русский физик-экспериментатор, электротехник, академик Петербургской АН создал источник тока «Вольтов столб» с электродвижущей силой около 1700 В. В 1803 г. В.В. Петров опубликовал книгу «Известия о гальвани-вольтовых опытах...», где описал способы изготовления вольтова столба, явление электрической дуги и возможность её применения для электроосвещения, электросварки и электропайки металлов.

Совершенно очевидно, что изобретение химического источника тока имело исключительное значение. До этого изучались неподвижные электрические заряды, т. е. существовала только электростатика. С получением тока начала развиваться электродинамика. При проведении эксперимента Эрстед случайно обнаружил влияние тока, протекающего по металлическому проводу, на положение стрелки магнитного компаса. До этого считалось, что электрические и магнитные явления совершенно независимы.

Явление, обнаруженное Эрстедом, заинтересовало английского ученого Майкла Фарадея. Начав работу в этом направлении в 1822 г., он только в 1831 г. нашел решение проблемы, обнаружив электромагнитную индукцию. Уже в 1832 году Фарадей за открытие индукции был награжден медалью Копли. В 1845 г. Майкл Фарадей ввел понятие «электромагнитное поле».

Научные достижения Фарадея вызвали большой интерес в научном мире. Уже в 1831 г. американский ученый Джозеф Генри создал для Йельского колледжа большой электромагнит с силой тяги 1000 кг (в настоящее время он хранится в Смитсоновском институте в Вашингтоне). Свойства электромагнита как механического исполнительного устройства привели к идее построения электромагнитного телеграфа.

14 декабря 1846 г. молодой немецкий ученый Эрнст Вернер фон Сименс (1816–1892) в письме сообщает родственникам: «Я теперь почти решился избрать постоянное поприще в телеграфии... Телеграфия станет самостоятельной важной отраслью техники, и я чувствую себя призванным сыграть в ней роль организатора».

1 октября 1847 г. им вместе с механиком Гальске была основана телеграфно-строительная фирма *Telegraphenbauanstalt Siemens & Halske (S&H)* В 1849 г. фирма S&H построила первую в Германии телеграфную линию Берлин — Франкфурт-на-Майне.

Сименс также усовершенствовал стрелочный телеграф Уитстона–Кука, за что на Первой Международной промышленной выставке в Англии (1851 г.) был удостоен одной из высших наград.

Начиная с 1853 г., фирма S&H вела строительство ряда телеграфных линий в России, связав Санкт-Петербург с Кронштадтом, Гельсингфорсом, Варшавой, Ригой, Ревелем и приняла на себя их техническое обслуживание.

Следует отметить, что над задачей построения электромагнитных телеграфных аппаратов успешно работал в России Б.С. Якоби. В 1839 г. он изобрёл электромагнитный телеграфный аппарат с фиксированием передаваемого текста, в 1842 г. изобрёл стрелочный электромагнитный телеграфный аппарат, в 1850 г. — первый в мире буквопечатающий электромагнитный телеграфный аппарат. В 1843 г. Б.С. Якоби построил телеграфную линию длиной 25 км между Петербургом и Царским Селом.

Бурное развития нового вида телеграфии было вызвано существенными преимуществами электрического телеграфа перед оптическим. К ним следует отнести высокую скорость передачи сигналов, отсутствие обслуживаемых промежуточных станций и возможность записи передаваемой информации.

Имелась и еще одна причина интенсивного строительства линий электрического телеграфа. Важными задачами, стоявшими перед наукой в те времена, были навигация и картография. Решение этих задач с соблюдением высокой точности обеспечивало безопасность и эффективность морского судоходства, а также эффективность строительства протяженных дорог и каналов. Основной проблемой при этом была задача определения долготы определенной точки земной поверхности.

Как известно, координаты точки земной поверхности определяется широтой (параллелью) и долготой (меридианом). Измерение широты осуществлялось с помощью «секстанта». Это высокоточный измерительный инструмент, используемый для измерения угла расположения солнца над горизонтом в астрономический полдень. Зная дату измерения и угол, можно вычислить широту местности. Секстант являлся оптическим прибором, созданным в результате многолетних работ десятков ученых и изобретателей, работавших в разных странах. Среди них Жан Пикар, Тихо Браге, Эдмунт Галлей, Роберт Гук и др.

Иначе обстояло дело с измерением долготы местности. Долгота — угол λ между плоскостью меридиана, проходящего через данную точку, и плоскостью начального нулевого меридиана, от которого ведётся отсчёт долготы. Выбор нулевого меридиана произволен и зависит только от соглашения. В настоящее время за нулевой меридиан принят Гринвичский меридиан, проходящий через обсерваторию в Гринвиче, на юго-востоке Лондона. В качестве нулевого ранее выбирались меридианы обсерваторий Парижа, Кадиса, Пулково.

Для определения долготы необходимо определить время восхода солнца в данной местности относительно аналогичного времени в точке нулевого меридиана. Для этого были необходимы высокоточные часы (хронометр) с суточной погрешностью не более 0,5 с. Создателями первых точных часов по праву считаются два великих ученых — Галилео Галилей и Христиан Гюйгенс. Однако это были маятниковые часы, не пригодные для морской навигации из-за качки. В 1674 г. Гюйгенс отказался от использования маятника в морских часах и предложил в качестве регулятора часов колебательную систему баланс-спираль. И только в 1759 году морские часы очень высокой точности (хронометр) создал английский мастер Джон Гаррисон.

В дальнейшем было начато производство хронометров и их установка на морские суда. Однако весьма серьёзной оставалась проблема установки начального времени в соответствии с временем Гринвичского меридиана. Эта проблема и была решена с помощью телеграфных линий, по которым сигналы точного времени передавались в

морские порты. В определенный момент раздавался выстрел из пушки и на морских судах корректировались показания хронометров. По традиции и в настоящее время в Санкт-Петербурге происходит выстрел из пушки в 12 часов. Таким образом, электрический телеграф, в отличие от оптического, выполнял весьма важную функцию.

По перечисленным причинам электрический телеграф в середине XVIII века вытеснил оптический, и до конца века связь и оптика существовали раздельно. Однако в конце XVIII века это положение изменилось. В период с 1885 по 1889 годы Г. Герц провёл свои знаменитые опыты по распространению электрической силы, доказавшие реальность электромагнитных волн.

В 1887 г. по завершении опытов вышла первая статья Герца «Об очень быстрых электрических колебаниях», а в 1888 г. — ещё более фундаментальная работа «Об электродинамических волнах в воздухе и их отражении». Основные выводы, сделанные Герцем: можно передавать энергию электрического и магнитного поля без проводов, справедлива теория Максвелла, что скорость распространения радиоволн равна скорости света. Герцу удалось не только обнаружить волны, в том числе и стоячие, но и исследовать скорость их распространения, отражение, преломление и даже поляризацию.

Следует также отметить, что в 1886–1887 гг. Герц впервые наблюдал и дал описание внешнего фотоэффекта. Таким образом, открытие Герцем электромагнитных волн послужило основой для реализации радиосвязи, а внешнего фотоэффекта — для реализации телевидения.

Однако в дальнейшем в реализации радиосвязи важную роль сыграл Н. Тесла. Ему принадлежит идея перехода от постоянного тока к переменному для решения энергетических задач. Тесла экспериментировал не только с электричеством высокого напряжения, но и постепенно повышал его частоту. В 1891 г. Тесла во время публичной лекции описал и показал принципы радиосвязи, а в 1893 г. создал мачтовую антенну для беспроводной радиосвязи. В 1893 г. Тесла сконструировал первый в мире волновой радиопередатчик (первенство Теслы в изобретении радио было доказано и признано в 1943 г. Верховным судом США).

В России радио было независимо изобретено А. Поповым. 18 декабря 1897 г. он передал с помощью телеграфного аппарата, присоединённого к прибору, слова «Генрих Герц», которые являются одними из первых, переданных по радио. Этим было выражено уважение русского ученого к научным достижениям великого ученого. Кроме того, следует отметить появление радиотелеграфа.

Среди изобретателей радио часто упоминается итальянец Маркони. Его первенство в изобретении радио часто оспаривается, однако

одно его открытие представляет интерес. В 1901 г. им была организована передача радиосигнала из Европы в Америку, которая по прогнозам специалистов должна была дать отрицательный результат, поскольку электромагнитные волны распространяются прямолинейно. Однако результат был положительным. Таким образом, было экспериментально доказано, что «длинные» электромагнитные волны огибают поверхность Земли, следовательно, имеет место явление, аналогичное хорошо известному в оптике под названием дифракции.

В то время связь между законами распространения электромагнитных волн и законами оптики не была всем понятна. Когда был освоен диапазон коротких волн, то его выделили радиолюбителям, поскольку специалисты считали, что он не перспективен, так как короткие волны распространяются прямолинейно и выйдут за пределы земной атмосферы. Однако опыт радиолюбителей показал, что короткие волны при определенных условиях обладают способностью, отражаясь от ионосферы, возвращаться на Землю, т.е. имеет место хорошо известное в оптике явление отражения. Также оказался востребован оптический термин «преломление лучей».

Если обратиться к терминологии, используемой в теории распространения радиоволн, и сравнить её с терминологией, используемой в оптике, то можно выявить много общего. Так, например, используется принцип Гюйгенса–Френеля — основной постулат волновой теории, описывающий и объясняющий механизм распространения как радио-, так и световых волн. Принцип Гюйгенса–Френеля формулируется следующим образом: каждый элемент волнового фронта можно рассматривать как центр вторичного возмущения, порождающего вторичные сферические волны, а результирующее световое поле в каждой точке пространства будет определяться интерференцией этих волн.

Используется термин дифракция — огибание волнами препятствий, встречающихся на их пути; дисперсия — зависимость скорости распространения монохроматического излучения в среде от частоты этого излучения; интерференция, когерентность и др.

Совпадение приведенных выше терминов свидетельствует, что на быстрое развитие радиотехники в XX веке в части теории распространения электромагнитных волн существенное значение оказали научные достижения в области оптики, накопленные в XVII и XVIII веках.

В дальнейшем влияние научных достижений в оптике на развитие техники связи отчетливо проявилось при разработке цветного телевидения. При этом использовались научные результаты, полученные Д. Максвеллом. Теория цветов берёт начало в творчестве Исаака Ньютона, который придерживался идеи о семи основных цветах.