ИСТОРИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ ТЕЛЕФОНА

**1849-1854г.** разработана **идея телефонирования** инженером-механиком вице -инспектором парижского телеграфа Шарлем Бурселем.

**1853-1860г.** 26 октября 1861г. немецкий учитель физики из Франкфурта-на-Майне Филипп Рейс (1834-1874г.) продемонстрировал устройство, названное им **телефоном**. Передатчик представлял собой ящик с большим круглым отверстием в верхней крышке, обтянутым тонкой перепонкой, к внутренней поверхности которой была прикреплена платиновая пластинка. Под центром перепонки на небольшом расстоянии от нее укреплялся платиновый контакт. При воздействии звука на перепонку последняя колебалась, пластина то касалась контакта, то отходила от него. Электрическая цепь замыкалась и размыкалась с частотой воздействующего звука. Приемником служила проволочная катушка-соленоид с сердечником в виде тонкой спицы, закрепленной с обоих концов. Под воздействием пульсирующего магнитного поля спица колебалась и издавала звук, который усиливался полым ящиком-резонатором, служившим опорой для соленоида.

Умеренно громко спетая мелодия была отчетливо передана на расстояние 100 м. Прибор воспроизводил звуки фортепьяно и духовых инструментов. Удавалось услышать отдельные невнятные звуки человеческой речи. Дело в том, что аппарат, передававший прерывистые импульсы тока, мог воспроизводить высоту и до некоторой

степени силу звука, но не его оттенки, характерные для человеческого голоса и определяемые формой звуковых колебаний. Практического применения изобретение Рейса не нашло.

**Первый практически пригодный для передачи человеческой речи телефон** изобрел пятнадцатью годами позже Александр Грейам Белл (1847-1922). Любопытно, что Белл пытался изобрести не телефон, а «гармонический телеграф». В то время в телеграфии испытывался огромный дефицит линий. Потребности в проводах воздушных линий связи значительно опережали возможности сооружения последних. Поэтому предпринимались попытки по одному линейному проводу передавать одновременно две или более депеш.

**1837г.** Американский физик Чарльз Графтон Пейдж (1812-1868) обнаружил **явление «гальванической музыки»**: в электрической цепи, состоящей из камертона, электромагнита и гальванического элемента, при колебаниях камертона, размыкавших и замыкавших цепь, электромагнит издавал поющий звук.

**1869г.** Русский физик Георгий Иванович Морозов (1836-1904) предложил для одновременной передачи по одному проводу нескольких депеш **метод** **разночастотного телеграфирования.** Реализовать свой метод ученый не смог, но им заинтересовались другие.

Белл с 1873г. занимался этой проблемой. В качестве передающего и приемного устройств использовал наборы металлических вибрирующих пластинок-камертонов, настроенных каждый на одну музыкальную ноту. Контакты на концах пластинок при вибрации последних соединялись или разъединялись с контактами электрической цепи, и пропущенный через передающее устройство электрический ток должен был прерываться. Предполагалось посылать по проводу одновременно несколько «электронот» (до семи согласно нотной азбуке), то есть электрический ток с частотами, соответствующими частотам выбранных нот. На приемном конце каждый камертон вибрировал бы только при сигнале «своей» частоты, а остальные сигналы игнорировал бы. Гармонический телеграф так и не удалось создать. Зато во время одного из опытов, проводившихся Беллом с Ватсоном **2 июня 1875г**., свободный конец одной из пластинок на передающем конце случайно застрял и, когда Ватсон безуспешно пытался его освободить, Белл услышал на приемном конце слабые звуки, подобные тем, которые издает натянутая струна. Застрявшая пластинка сработала как диафрагма. В прежних опытах свободный конец пластинки просто размыкал и замыкал электрическую цепь. Теперь вместо этого легкие колебания пластинки индуцировали соответствующие электромагнитные колебания в расположенном под ней передающем электромагните. Пульсирующий электрический ток протекал по цепи к обмотке приемного электромагнита и заставлял тем самым колебаться его пластинку. В этом оказалось принципиальная разница между будущим телефоном и всеми телеграфными устройствами. Телеграф передавал строго ограниченные импульсы электрического тока, обладающие одной и той же амплитудой, хотя и различной продолжительностью. Для телефона необходим был непрерывный электрический ток, сила и частота которого изменялись бы в точном соответствии с колебаниями звуковых волн в воздухе.

**14 февраля 1876г.** А. Белл подал заявку в Вашингтонское патентное бюро на свое изобретение: «Телеграф, при помощи которого можно передавать человеческую речь». Двумя часами позже заявку на «Устройство для передачи и приема вокальных звуков телеграфным способом» подал Э.Грей из Чикаго.

Буквально на следующий день после неожиданного открытия Белл с Ватсоном собрали **первый электрический телефон.** В основном пункте патентного описания предлагались «**способ и устройство для телеграфной передачи голосовых или других звуков посредством волнообразных электрических колебаний, подобных по форме колебаниям воздуха, сопровождающим голосовые или другие звуки»** (вот тот «ключ» к телефонированию, которого недоставало аппарату Рейса).

**7 марта 1876г. был получен патент на изобретение телефона.**

**25 июня 1876г.** Белл впервые продемонстрировал свой телефон на первой Всемирной электротехнической выставке в Филадельфии.

**Первое сообщение о телефоне** было опубликовано **6 октября 1877г**. в научно-популярном еженедельнике «Scientific Ameriсan». **Первая в мире** **телефонная (воздушная) линия** связала **в 1877г**. квартиру и канцелярию мэра Бостона.

**Первая в Европе** телефонная линия (также воздушная) длиной 2 км была сооружена **5 ноября 1877г. в Берлине** между почтамтом и телеграфом.

**В России в 1882г**. телефонные станции были построены в городах: Москва, Петербург, Одесса, Рига.

Телефон очень быстро распространялся по всему миру.

Как и большинство телеграфных линий того времени, первые телефонные линии были воздушными. Попытки применения подземных кабелей были вызваны стремлением заменить голые воздушные провода, т.к. улицы и крыши домов в густонаселенных городах представляли собой уродливое зрелище из-за скопища телефонных и телеграфных проводов. Столбовые линии, несущие провода, были очень чувствительны к атмосферным воздействиям, вызывающим их повреждения. Сооружение линий сильного тока для электроосвещения улиц, а затем для городского трамвая также явилось серьезной помехой (вследствие индуктивного влияния).

**Первые телефонные семижильные кабели** (скрюченные сердечники) – длиной 1000-1200м, также включенные по однопроводной системе, были проложены на Бруклинском мосту **в Нью-Йорке в 1880г**.

**В конце 1882г**. в Бостоне два сердечника длиной 360 и 450м были проложены от здания станции по направлению к абонентам в трехдюймовых стальных трубах, покрытых бетоном.

**Первый подземный кабель** **в России** был проложен **в 1885г**. при строительстве Нижегородской городской телефонной сети. Кабель из 10 жил имел длину 1км.

**Первый морской** телефонный кабель соединил в **1891г**. Англию и Францию.

**ТЕЛЕФОННЫЕ КАБЕЛИ**

**Конструкция и технология 1869г.**

Кабель является главным звеном линии связи, от конструкции кабеля зависят в основном свойства линии. В первые пять лет становления телефонии использовались конструкции и способы изготовления телеграфных подземных кабелей. По способу 1869г., медные проволоки изолировались хлопчатобумажной пряжей, предварительно вываренной в парафине. Пряжа накладывалась на проволоку методом обмотки в двух противоположных направлениях. Требуемое количество изолированных жил затягивалось в свинцовую трубу, которая затем наматывалась на барабан, и все вместе помещалось в резервуар, заполненный расплавленным парафином. Один конец свинцовой трубы подключался к воздушному насосу, который прогонял через трубу парафин, вытеснявший при этом воздух. Заключительными операциями были перемотка кабеля через резервуар с холодной водой - при этом парафин, заполнивший свободные промежутки в сердечнике, затвердевал – и протягивание через обжимную волоку. Это был первый пример применения заполнителя для защиты от проникновения влаги внутрь сердечника.

**Конструкция и технология 1875г.**

Хлопчатобумажная пряжа предварительно не проваривается в парафине. Каждая жила с двухслойной, а иногда и трехслойной изоляцией сначала сушится в печи (первое применение технологической операции сушки), затем пропитывается в горячем парафине или парафиновом масле. Группа изолированных жил обматывается джутом, пенькой или другим волокнистым материалом и обрабатывается так же, то есть сушится и пропитывается, как отдельные жилы. Готовый сердечник затягивается в железную или чугунную трубу длиной 3-3,2 м диаметром 40 мм. Такая труба вмещает до 200 изолированных жил с медной проволокой диаметром 0,3-0,4 мм и имеет на концах винтовую нарезку. Один конец трубы заделывается Т-образным соединителем, на другой временно навинчивается колпачок. Промежутки между сердечником и стенками трубы и внутри сердечника заполняются через Т-образный соединитель парафиновым маслом. При прокладке линии конец строительной длины, с которого свинчивается колпачок, вводится в соединитель предыдущей строительной длины, где сращиваются жилы. После окончания монтажа Т-образный соединитель высушивается нагревом, заполняется парафиновым маслом и герметизируется. Для поддержания уровня масла в линии предусматривались вертикальные отрезки труб, соединенные с масляными баками, расположенными на возвышенных местах.

Налицо другой, более сложный способ защиты изоляции жил от влаги посредством не твердого, а жидкого заполнения. Отказ от свинцовой трубы был вызван мягкостью свинца, его небольшой механической прочностью.

В **1880г**. проведена первая опытная сушка волокнистой изоляции жил под вакуумом.

Следующим шагом, переходным **от телеграфных к собственно телефонным** **кабелям,** явилось предложение содержать кабельные линии с целью защиты от влаги под избыточным давлением не масла, а воздуха или газа. Смысл идеи состоял в том, что при возникновении дефекта уплотнения в месте сращивания труб находящийся под давлением газ будет препятствовать проникновению влаги из атмосферы внутрь трубы.

Идея о применении воздуха явилась решающей ступенью прогресса в области кабелей связи.

**Конструкции и технологии 1880-х годов.**

В **1882г**. была предложена конструкция изоляции жил, частично состоявшей из воздуха, благодаря чему электрическая емкость кабелей несколько уменьшилась. Токопроводящая жила обматывалась по открытой спирали корделем - крученой волокнистой нитью, поверх которой накладывалось также спирально несколько лент из влагонепроницаемой пропитанной каучуковым соком бумаги. Так год 1882-й стал годом рождения современной **кордельно-ленточной изоляции**.

В **1884г**. было предложено оригинальное решение. Внутрь свинцовой трубы с затянутым в нее сердечником вводился расплавленный парафин вместе с газом под давлением. Охлажденный парафин приобретал пористость, что понизило емкость кабеля почти на 15%. В известной мере это был прообраз современной пористой полиэтиленовой изоляции. Автор конструкции снова вернулся к свинцовым трубам, но уже не из чистого металла, а из сплава свинца с цинком, который добавлялся для повышения механической прочности.

В **1880г.** из-за помех при одновременном соединении нескольких абонентов было предложено отказаться от однопроводных несимметричных цепей с использованием в качестве обратного провода земли и перейти на симметричные цепи из двух жил. Первая конструкция скрученной двухпроводной цепи была предложена в 1881г., правда осуществлялась не взаимная скрутка, а спиральная обмотка одной жилы другой. Для устранения образующегося при этом неравенства электрических сопротивлений обеих жил предлагалось в местах соединения скрещивать прямолинейную жилу со спиральной. Современная скрутка жил в пары начала применяться с 1882г.

В **1886г**. С.Ф.Шелбурн (США) запатентовал оригинальное инженерное решение. Он предложил скручивать одновременно четыре жилы, но составлять цепи не из рядом лежащих, а из противолежащих жил, то есть расположенных по диагоналям образованного в поперечном сечении квадрата. Эффект четверки состоит в том, что без изменения конструкции жил и увеличения расхода материалов только за счет способа скрутки удается получить на 10-15% меньшую емкость, и, следовательно меньший коэффициент ослабления. Рис. стр. 170

Событием в технологии кабельного производства явилось **изобретение и** **внедрение пресса**, позволяющего накладывать свинцовую оболочку на движущийся поступательно сердечник.

**Первая конструкция пресса 1879г**. оказалась непрактичной. На нем можно было опрессовывать относительно небольшую длину кабеля, на оболочку которой хватало одного слитка свинца. После выдавливания слитка сердечник приходилось разрезать.

**В 1880-1881г.** были предложены более совершенные конструкции прессов; горизонтального-двухконтейнерного и вертикального-одноконтейнерного, допускающих опрессование целиком строительной длины кабеля с периодическими остановками для загрузки в контейнеры очередного слитка свинца. Эти прессы можно назвать прообразами современных свинцовых и алюминиевых прессов.

Окончательно конструкция свинцового поршневого гидравлического кабельного пресса была усовершенствована и внедрена к 1885г. В начале того же года В. Сименсом была изобретена кабельная броня из стальных лент. На основании вышесказанного можно считать, что именно **1885-й год началом промышленного кабельного производства** и одновременно **началом эры подземных кабелей**, имеющих все необходимые составные части: токопроводящие жилы, изоляцию (независимо от того, из какого она материала), влагозащитную свинцовую оболочку и при необходимости броневой защитный покров.

**Конструкции и технологии 1890-х годов**

Предложенная в 1882г. изоляция из хлопчатобумажного корделя, воздуха и пропитанной каучуком бумаги привлекла внимание к последней, и на промышленном рынке появилась бумага в виде узких лент. В 1886-1889гг. проводились опыты по применению лент из сухой манильской бумаги, которые накладывались на жилу в виде спиральной обмотки с перекрытием кромок. Наличие герметичной влагонепроницаемой свинцовой оболочки позволило отказаться от пропитки изоляции или введения внутрь кабеля гидрофобного парафинового заполнения. Благодаря усовершенствованию ленто-обмоточных машин стало возможным накладывать бумажную изоляцию на жилу не плотно, а свободно, в виде полой трубки, оставляя между ней и жилой воздушный промежуток.

Первый освинцованный кабель **с воздушно-бумажной изоляцией** был изготовлен в **1889г**., проложен и сдан в эксплуатацию в Нью-Йорке в **1890г**. С **1891г**. и до середины текущего столетия воздушно-бумажная изоляция в ее различных вариантах была единственным типом изоляции кабелей связи. Не потеряла она своего значения и в наше время.

Успех воздушно-бумажной изоляции, обусловленный тем, что электрическая емкость кабелей уменьшилась втрое, стимулировал поиски различных способов ее наложения на жилу. К **1892г**. относится удачная попытка накладывать бумажную ленту не спирально, а продольно и посредством специального улитообразного калибра заворачивать ее вокруг жилы в форме треугольника и скреплять кромки фальцованным швом. В конструкции жилы **1897г**. продольно наложенная бумажная трубчатая изоляция формируется посредством обжимного устройства так, что вокруг жилы образуются винтообразные бумажные гофры, центрирующие проволоку. Сразу же вслед за гофрированием изоляция скрепляется нитью, накладываемой по спирали во впадины гофров. Изоляция была названа **«баллонной».** Технологически сложный способ образования **баллонно-бумажной изоляции**, скрепленной нитью, не привился.

По аналогичной причине также не был внедрен способ образования **баллонно-полиэтиленовой изоляции** методом спиральной обмотки ее самоусаживающимся полиэтиленовым корделем. В то же самое время, баллонно-полиэтиленовая изоляция, накладываемая методом экструдирования на жилу полой трубки с последующим образованием на ней периодических поперечных пережимов путем механического сдавливания, прочно укоренилась в конструкции одного из типов современных кабелей связи.

В 1892г. была освоена **кордельно-бумажная изоляция.** Кордель скручивался не из кабельной пряжи, а из тонкой (толщиной 0,004 мм) бумаги. Поверх открытой спирали из корделя на жилу накладывались в противоположных направлениях две бумажные ленты. Максимальное число цепей в кабелях 1880-х годов было невелико – всего 50. Диаметр токопроводящих жил с первоначального «телеграфного» 0,3-0,4 мм был увеличен до 1-1,5 мм, чтобы обеспечить связь телефонной станции со всеми обслуживаемыми ею абонентами.

Таким образом, к началу ХХ века была создана оригинальная конструкция телефонных кабелей и освоена технология их промышленного производства.

**Городские кабели**

**1.Материалы.**

Жилы изготовляют из меди. Но медь-металл дефицитный, а потребность в нем все возрастает. Расход огромный. Поэтому на протяжении многих лет ведутся поиски металла, который бы заменил в кабелях медь.

Кандидат номер один – **алюминий.** Однако, если заменить медные жилы алюминиевыми такого же диаметра, то в результате этого увеличится наружный диаметр кабеля, что явно нежелательно из-за ограниченного диаметра канала трубопровода, возрастет расход изоляционного и защитных материалов.

Алюминий значительно уступает меди по механическим свойствам: разрывной прочности, пластичности, стойкости к многократным изгибам. Прочность на разрыв мягких алюминиевых проволок втрое, а относительное удлинение вдвое меньше, чем мягких медных. Самый большой недостаток алюминия - сильная подверженность коррозии, особенно в присутствии влаги, которая может попасть в кабель при повреждении оболочки или муфт. В этом случае алюминиевые жилы очень быстро разрушаются.

**Алюминиевые сплавы** по своим механическим свойствам занимают промежуточное место между медью и алюминием, а по электрическим близки к алюминию.

В последние годы привлекает внимание **алюмомедная проволока**. Это -алюминиевая проволока, покрытая тонким медным слоем толщиной всего 10-30 микрометров (0,01-0,03 мм). По своим свойствам биметаллическая проволока стоит ближе к меди, чем алюминиевый сплав, однако изготовить ее значительно сложнее. При незначительных дефектах столь тонкого медного покрытия, в присутствии влаги она корродирует еще сильнее, чем алюминиевая.

**2.Изоляция**

**Виды**: 1) Трубчато-бумажная

 2) Бумаго-массная (Стр.194)

 3) Сплошная полиэтиленовая

Хронологически третьим, но, пожалуй, сегодня первым по значимости типом изоляции современных городских телефонных кабелей является **сплошная** **полиэтиленовая**. Благодаря редкому сочетанию отличных электроизоляционных, физико-механических и химических свойств полиэтилен получил в кабельной технике широкое распространение. Главным среди многих преимуществ полиэтиленовой изоляции перед трубчато-бумажной и бумаго-массной является ее негигроскопичность. Полиэтилен не поглощает влагу. Применение не боящейся увлажнения полиэтиленовой изоляции позволило отказаться от обязательной свинцовой оболочки и заменить ее пластмассовой, также полиэтиленовой. Несмотря на перечисленные выше достоинства полиэтилена, оказалось, что эквивалентная диэлектрическая проницаемость у полиэтиленовой изоляции выше. В результате – увеличение рабочей емкости сплошной полиэтиленовой изоляции по сравнению с воздушно-бумажной и, следовательно, коэффициента ослабления кабелей. Чтобы сохранить рабочую емкость неизменной, приходится несколько увеличивать толщину изоляции и, значит, диаметр кабелей.

Противоречие разрешила **пористая полиэтиленовая изоляция**. Если в полиэтилен в процессе его наложения на жилу посредством выдавливания на червячных процессах – экструдерах добавить гранулы пенообразующих веществ –порофоров, то при нагревании изоляции в головке экструдера, где температура 200-230°С, порофоры разлагаются с выделением летучих составляющих. В изоляции образуются не сообщающиеся между собой поры размером 20-100 мкм.

Благодаря воздуху в своем составе пористая полиэтиленовая изоляция сравнялась по электрическим и конструктивным параметрам с воздушно-бумажной. Однако, существуют три «но» пористой полиэтиленовой изоляции сравнительно со сплошной: большая влагопоглощаемость, которая может привести к потере электроизоляционных свойств, меньшая электрическая прочность, меньшая механическая прочность.

В **1964г.** английский инженер Георг Додд предложил заполнять свободный объем кабелей, на долю которого приходится около 40% общего объема сердечника, вязким компаундом на основе продуктов перегонки нефти – **петролатумом**, или «нефтяным желе» из смеси микрокристаллических нефтяных парафинов и масел. Опыт эксплуатации показал, что петролатум действительно не пускает влагу в кабель, но сам не прочь пообщаться с пористой изоляцией, проникнуть насколько возможно в ее поры. Подобное взаимодействие приводит к тому, что свойства изоляции ухудшаются, она преждевременно старится.

В начале **1970г**. канадские специалисты предложили комбинированную **пористо** – **сплошную полиэтиленовую изоляцию.** Внутренний пористый слой, на долю которого приходится 80% всей толщины изоляции, обеспечивает ее достаточно низкую диэлектрическую проницаемость. Внешний тонкий сплошной слой служит преградой, препятствующей контакту между заполнителем и внутренним пористым слоем.

**Конструкция оболочки. (**Сочетание типов изоляции и оболочки – стр. 204**)**

Попытки избавления от дефицитной свинцовой оболочки были предприняты в конце 1930-х и в 1940-е годы. В качестве заменителей свинца пробовали различные материалы, в частности одну из первых промышленных пластмасс **– поливинилхлорид**. Но пока изоляция жил оставалась воздушно – бумажной, ни одна из конструкций оболочек не могла предотвратить попадания влаги в кабель.

Возможность применения невлагоемкой полиэтиленовой изоляции сразу облегчила решение задачи. В **1948г.** появились кабели в оболочке под названием «Алюминий - ПолиЭТилен». Конструкция «алпэт» объединяла два самостоятельных разнородных элемента кабеля: алюминиевый экран и просто полиэтиленовую экструдированную, то есть выпрессованную оболочку. Назначение экрана – защищать цепи связи от мешающего и даже порой опасного влияния внешних магнитных полей, возбуждаемых линиями электропередачи, контактной сетью электрифицированных на переменном токе железных дорог, мощными радиостанциями.

**Сочетание полиэтиленовой оболочки с полиэтиленовой изоляцией** (и обязательно с алюминиевым экраном) явилось основой классической современной конструкции городских телефонных кабелей. Поливинилхлоридную оболочку, а иногда и изоляцию применяют в кабелях, прокладываемых в пожароопасных местах. В отличие от полиэтилена, поливинилхлорид не распространяет горения.

Новым явилась не только пластмассовая оболочка, но и конструкция алюминиевого экрана, который накладывался не традиционным методом спиральной обмотки, а продольно. Алюминиевая лента толщиной 0,2мм – гладкая в самых тонких кабелях и с мелкой поперечной гофрировкой во всех кабелях с диаметром сердечника свыше 15 мм – располагается по отношению к оси кабеля продольно и сворачивается вокруг движущегося сердечника так, что ее края взаимно перекрываются на 5-8 мм. Несмотря на простоту, как конструкции, так и технологии наложения, пластмассовые оболочки все же значительно уступают металлическим в главном – во влагозащитном действии. Через них проникают в кабель пары воды.

В **1961г.** английским инженером **Д.В. Гловером** была запатентована **алюмополиэтиленовая оболочка**. Она представляет собой соединенные в одно целое полиэтиленовую оболочку и алюминиевый экран. Но для экрана берется в этом случае не просто алюминиевая лента, а покрытая с одной стороны или с обеих сторон тонким (0,02-0,03 мм) слоем полиэтилена. Экран с односторонним покрытием накладывается на сердечник так, чтобы полиэтиленовый слой был сверху. В головке экструдера, где поверх экрана выпрессовывается полиэтиленовая оболочка, при температуре 200-230°С оболочка и покрытие экрана свариваются между собой, в результате оболочка как бы металлизируется изнутри. Ее внутренний тонкий металлический слой служит барьером на пути паров влаги, пытающихся проникнуть через оболочку внутрь кабеля.

Конструкция оказалась вполне эффективной и весьма технологичной. Продольное наложение на сердечник кабеля экранной ленты и экструдирование полиэтиленовой оболочки совмещены в одном технологическом процессе. Для паров влаги, прошедших сквозь толщу полиэтилена и «упершихся» в алюминиевый барьер, остается единственный проход между перекрывающимися кромками экранной ленты. При одностороннем покрытии алюминия полимером скорость диффузии в среднем в 100 раз меньше, чем через обычную полиэтиленовую оболочку. Значительно более эффективно двухстороннее покрытие, так как полиэтиленовые пленки обеих кромок шва свариваются между собой, и парам влаги приходится преодолевать узкий полиэтиленовый слой. Скорость диффузии через такую оболочку замедляется в 15000 раз. Вот почему **«барьер Гловера»** является предпочтительной модификацией полиэтиленовой оболочки.

Развитие **конструкций сердечника** всегда шло по пути увеличения максимального числа пар и уменьшения диаметра токопроводящих жил. (Табл. 7, стр. 205)

Процесс скрутки сердечников современных кабелей – многоступенчатый. Сначала скручиваются так называемые элементарные пучки из 10 пар или 5 четверок. Число цепей в них соответствует емкости распределительных коробок. Распределительные кабели с числом пар 10-100 скручиваются из элементарных пучков. В кабелях для магистральных и соединительных линий с числом пар от 100 и выше элементарные пучки сначала скручиваются в главные, состоящие из 50 или 100 пар. Затем главные пучки скручиваются по определенной системе в сердечник. Современные крутильные машины и технологические приемы позволяют осуществлять две или даже три последовательные операции скрутки одновременно, то есть совмещать их.

**Междугородные кабели**

Перейти от городских телефонных кабелей к междугородным позволили теоретические исследования американского электротехника **Михаила Пупина** (1858-1935), известные под названием **«пупинизация».** Использовав открытие Хевисайда о возможности уменьшения потерь в линии путем искусственного увеличения ее индуктивности, то самое условие RC=LG, Пупин предложил включать в цепи кабеля специальные катушки индуктивности и рассчитал оптимальное расстояние между ними. Индуктивность линии благодаря этому могла быть повышена в десятки и сотни раз.

После изобретения Пупина датский инженер **Карл Краруп** разработал другой **способ искусственного увеличения индуктивности кабелей**. Вместо того чтобы через каждые 1,5-2 км включать в линию катушки индуктивности, он предложил обматывать токопроводящие медные жилы тонкой лентой или проволокой из стали, магнитные свойства которой в 100-200 раз сильнее, чем меди. А индуктивность зависит от магнитной проницаемости. Толщина стальной ленты или диаметр проволоки были 0,2-0,3 мм.

Эффективность крарупизации в несколько раз меньше, чем пупинизации, так как стальная обмотка увеличивает индуктивность цепей лишь в 8-10 раз. Но крарупизированные кабели оказались более удобными для подводной прокладки.

Радикальное решение проблемы дальности связи принесли **усилители.**

В **1904г.** английский физик и радиотехник Джон Флеминг изобрел первую электронную двухэлектродную лампу – **диод.** В **1907г**. американский радиотехник Ли де Форест изобрел трехэлектродную лампу – **триод.** В ней между катодом и анодом, ближе к катоду, была помещена также металлическая проволочная сетка. При отрицательном потенциале на сетке она частично задерживала поток электронов, стремящихся к аноду, при положительном потенциале, наоборот, усиливала электронный поток и, следовательно, текущий через лампу так называемый анодный ток. Эта способность управляющей сетки триода и была использована для создания **промежуточных телефонных усилителей в линии связи.**

На сетку подаются прошедшие уже часть длины линии и, следовательно, ослабленные электрические сигналы телефонной передачи. Колебания напряжения в цепи сетки, соответствующие частотам передаваемых сигналов, вызовут подобные же, но значительно усиленные по величине (по амплитуде) колебания анодного тока. Благодаря этому дальше в линии пойдут сигналы восстановленной мощности. Таким образом, если в линии через определенное расстояние устанавливать усилители, то можно обеспечить дальность связи.

**Многоканальные системы передачи.**

Кабели являются материалоемкой и дорогой частью сооружений связи. Поэтому на протяжении всей истории развития линий связи инженеры стремились к наиболее эффективному использованию каждой физической цепи.

**В 1882г. Франк Джекоб** показал, что на каждых двух парах жил в кабеле можно получить кроме физических цепей еще одну – третью цепь путем использования специальных трансформаторов. Эта цепь была названа **фантомной**, так как самостоятельно она физически не существует: ее прямым проводом служат обе жилы первой пары, а обратным проводом – обе жилы второй пары. Таким образом, можно было повысить эффективность использования кабельных цепей на 50%.

Радикальное решение проблемы наиболее эффективного использования кабелей связи принесло создание **многоканальных систем передачи**, позволивших осуществлять по физическим цепям высокочастотное, или широкополосное, телефонирование. (Схема стр. 220)

Начиная с середины 1930-х годов возникло деление кабелей на низкочастотные и высокочастотные. Наряду с традиционными симметричными появился совершенно новый тип кабелей связи – **коаксильный.** (Рис. стр. 225)

Если обе жилы выполнены из проволоки одинакового диаметра, имеют изоляцию одинаковых конструкций и толщины и расположены так, что между ними можно провести плоскость симметрии, то **цепь является симметричной**. Соответственно кабели, скрученные из симметричных пар или четверок, называют **симметричными.**

Если же оба проводника цепи выполнены в форме соосных цилиндров, в поперечном сечении имеют форму концентрических окружностей, то цепь считается несимметричной и называется **коаксильной**. Кабели, скрученные из коаксильныхцепей, или пар, называются коаксильными. Если же кабель содержит и коаксильные, и симметричные цепи, то он **комбинированный.**

**Симметричные.**

Современные симметричные кабели дальней связи, как правило, высокочастотные. Низкочастотным отведена второстепенная роль – для отдельных линий небольшой протяженности, отводов от магистральных линий и т.д.

Диаметр токопроводящих медных жил в высокочастотных симметричных кабелях 1,2 или 1,3 мм; в низкочастотных применяются и жилы меньших диаметров – 0,8и 0,9. Для высокочастотных кабелей заманчивы трубчатые или биметаллические алюмомедные жилы.

Изоляция жил высокочастотных кабелей принадлежит к высшему классу изоляции симметричных кабелей. Это – **кордельно – полистирольная, кордельно** – **бумажная, кордельно – полиэтиленовая.** Основу ее составляет нить – кордель из соответствующего материала. Поверх корделя формируется изоляционная трубка – либо методом спиральной обмотки лентой из полистирольной пленки толщиной 0,05мм или из кабельной бумаги толщиной 0,12мм, либо методом экструдирования полиэтилена. Так как диаметр корделя равен примерно 2/3 диаметра токопроводящей жилы, то кордельный каркас обеспечивает наибольший, причем стабильный воздушный промежуток между токопроводящей жилой и изоляционной трубкой.

Кабели с кордельной изоляцией характеризуются наименьшей эквивалентной диэлектрической проницаемостью и, следовательно, электрической емкостью. В зависимости от назначения и условий эксплуатации кабелей кроме кордельной применяются также **сплошная и пористая полиэтиленовая изоляция.**

**Коаксильные.**

Теория коаксильного кабеля связи была разработана и опубликована в 1934г. С.А. Щелкуновым. Уникальность коаксильного кабеля состоит в том, что в противоположность симметричным кабелям с расширением спектра передаваемых частот помехозащищенность цепей не ухудшается, а улучшается. Благодаря повышению помехозащищенности с ростом частоты по коаксильным парам возможно передавать в десятки и сотни раз большее число разговоров, чем по симметричным.

Разнообразны варианты изоляции коаксильных пар: шайбовая, баллонная, бамбуковая и др. Характерной особенностью современных коаксильных кабелей является то, что они большей частью комбинированные. (Стр. 242, 244)

Экономичность коаксильных кабелей по сравнению с симметричными - табл.13, стр. 246.

**Подводные кабели**

**1 период – 1850- 1900гг.-** телеграфные одножильные морские и океанские кабели с гуттаперчевой изоляцией.

**2 период – 1900-1930 гг.-** телефонные низкочастотные симметричные морские кабели с гуттаперчевой и воздушно-бумажной изоляцией.

В отличие от прошлого века, когда телеграфные подводные кабели опередили в своем развитии кабели подземной прокладки, в текущем столетии подводные телефонные кабели развивались параллельно с подземными. Для увеличения дальности связи началось без промедления внедрение крарупизации и пупинизации подводных кабелей. Гуттаперчевую изоляцию постепенно начала вытеснять воздушно – бумажная, обладающая вдвое меньшей электрической емкостью. В этом случае изоляция защищалась от воздействия воды свинцовой оболочкой, под которой располагалась опорная спираль из стальной ленты или стальных профилированных проволок. Кабели с гуттаперчевой изоляцией состояли из одной четверки, а с воздушно – бумажной – имели от одной четверки до 12 четверок.

Но ни искусственное увеличение индуктивности, ни применение с 1920г. ламповых усилителей не позволяло решить проблему трансокеанской телефонии. Все дело в различии передаваемых частот. Частоты телеграфирования – нсколько герц или десятков герц, частоты телефонирования в начале века – от 300 до 2700 Гц.

В 1921г. был проложен первый в мире коаксильный кабель между Ки Уэст (Флорида) и Гаваной (Куба). Это был низкочастотный крарупизированный телефонно-телеграфный кабель с гуттаперчевой изоляцией. В полосе частот до 3800 Гц можно было организовать четыре телеграфных канала и один телефонный.

**3 период – 1930- 1950 гг.-** телефонные морские высокочастотные коаксильные кабели с изоляцией из парагутты (1930-е годы) и полиэтилена (1940-е годы), без промежуточных усилителей.

В 1937г. на линии Олдборо – Домбург длиной 150 км были проложены параллельно два коаксильных кабеля. По каждому кабелю передавалось в одном направлении 16 телефонных каналов.

В 1940г. в Англии был проложен экспериментальный коаксильный кабель со сплошной полиэтиленовой изоляцией.

Не следует полагать, что начиная с 1930г. все подводные телефонные кабели были только коаксильными. Прокладывались и симметричные высокочастотные кабели, предназначенные для многоканальных систем передачи.

Проблему трансокеанской телефонии позволило решить создание в 1940г. **подводных усилителей.** Первый промежуточный усилитель был встроен в 1943г. в экспериментальный кабель, проложенный в Ирландском море. По коаксильному кабелю длиной 82 км организовывалось 48 каналов связи в диапазонах частот 16-208 и 312-504 кГц.

**4 период** – телефонные морские и океанские высокочастотные кабели со сплошной полиэтиленовой изоляцией, с промежуточными усилителями.

В **1950-1956г.** был проложен ряд преимущественно морских кабельных телефонных линий с промежуточными ламповыми усилителями, число которых составляло от 1 до 7. Все кабели с усилителями двустороннего действия в механически жестких корпусах прокладывались на глубинах не более 500 м.

Для прокладки кабеля в океанских глубинах пришлось сконструировать **усилители одностороннего действия**, смонтированные в гибких цилиндрических корпусах, выполненных из сочленных стальных колец. В1948г. была осуществлена опытная прокладка кабеля с усилителями в районе Багамских островов.

С 1952г. началось проектирование первой трансатлантической телефонной линии, а с 1954г. – изготовление кабеля для нее. **Открытие состоялось 25 сентября 1956г.** Пропускная способность **первой трансатлантической кабельной линии**, названной ТАТ-1, была 36 каналов. Но главным было доказательство принципиальной и практической возможности осуществления телефонной связи по кабелям через океан, обеспечения долговечной бесперебойной работы всех элементов системы.

**Кабели без брони.**

В **1951г**. английский инженер Роберт Алстон Брокбэнк получил патент на изобретение глубоководного кабеля без брони. Оригинальное решение Брокбэнка – яркий пример красоты инженерной идеи в области кабельной техники. Он учел явление поверхностного эффекта – вытеснение тока к периферии при передаче высоких частот – и предложил делать внутренний проводник трубчатым, а внутри трубки располагать стальной трос из тонких высокопрочных проволок. На трос он возложил функцию несущего элемента – прежнюю функцию брони. Центральный несущий трос имеет меньшую массу, чем расположенная по периферии кабеля броня, поэтому первоначально новый кабель был назван **“легковесным” или “облегченным”.** В отличие от брони, несущий трос скручивается повивами. Можно так подобрать диаметры проволок, направления и шаги скрутки повивов, чтобы полностью сбалансировать трос от кручения и благодаря этому безостановочно прокладывать кабели с жестокими усилителями на любую глубину. Кабель с несущим тросом во всех отношениях экономичнее кабеля с броней: либо он имеет меньшие наружный диаметр и массу за счет исключения брони, либо при одинаковых наружных диаметрах у него меньше коэффициент затухания (за счет увеличения размеров коаксильной пары, покрытой только полиэтиленовой оболочкой). (Рис. стр. 269)

В **1961г.** безбронный кабель был применен на линии “Кантат”, соединившей Великобританию с Канадой.

Дальнейшее развитие подводных кабелей шло по пути усовершенствования конструкции безбронного кабеля и расширения спектра передаваемых по линии частот. Начиная с 1960-х годов частотная полоса, отводимая на один телефонный канал, сужена с 4 до 3 кГц (200-3050 Гц). Качество телефонирования, несмотря на небольшие потери, остается достаточно удовлетворительным, а эффективность дорогостоящих магистралей возросла на 33%.

В период с **1961-1965 гг**. был сделан скачок по шкале максимальной передаваемой частоты с 0,16 до 0,6 и затем до 1 МГц. Естественно, возросло затухание кабелей и вдвое сократились длины усилительных участков.Чтобы обеспечить дистанционным питанием большее число последовательно включенных усилителей, постоянное напряжение береговых батарей было повышено с 2-2,5 до 7 кВ. Подобное стало возможным благодаря разработке и применению особо чистого изоляционного полиэтилена с меньшими диэлектрическими потерями. Допустимое число промежуточных усилителей возросло до 185.

Следующему шагу по шкале частот способствовал переход во второй половине 1960-х годов с ламповых усилителей на **полупроводниковые**, потребляющие в 5-10 раз меньшую мощность, благодаря чему число их в линии могло быть увеличено до 400.

Десятилетие 1970-х годов принесло дальнейшее увеличение диаметра подводной коаксильной пары до 43,2 мм, расширение спектра передаваемых частот сначала до 12-14, затем до 25-30 и даже до 45 МГц, соответствующее укорочение усилительных участков до 12; 9 и 6 км.

**Наступает 5 период** **– период стекловолоконных оптических кабелей.**

Историю световодов принято начинать с Джона Тиндаля (1820-1893).

Начиная с 1910г. делались более или менее успешные попытки применять стеклянные стержни и гибкие волокна для передачи светового луча на небольшие расстояния. Решающим фактором для разработки оптических систем связи явилось создание в 1960г. квантовых генераторов – лазеров.

В 1966г. американскими учеными было предложено использовать световоды для целей связи – передавать по ним световой луч, источником которого могут быть лазер или светоизлучающий диод (светодиод) – полупроводниковые приборы, генерирующие при прохождении через них электрического тока узконаправленное оптическое излучение.

Принципиально различаются два варианта стекловолокон: ступенчатое и градиентное. Сочетание стеклянного волокна, то есть световода, с покрытием является конструктивным элементом, называемым оптическим волокном. (Рис. стр. 289)

Совокупность оптических волокон образует кабель связи. Его иногда называют волоконно-оптическим. У оптического и электрического кабеля много общего. Стеклянные волокна с покрытием выполняют функцию световедущих жил, подобную функцию изолированных токопроводящих жил; и те и другие скручиваются в кабельный сердечник.

Как и в электрических кабелях, число жил в оптических кабелях может доходить до нескольких тысяч.

Для защиты от внешних механических и климатических воздействий в оптических кабелях также служит оболочка – пластмассовая, алюминиевая, иногда комбинированная.Когда необходимо, применяются бронепокровы.

В то же время, в отличие от электрических кабелей, оптические содержат ряд дополнительных конструктивных элементов. В их числе: силовые, или армирующие, воспринимающие нагрузки, чтобы не повредились стекловолокна; демпфирующие, или буферные, дополнительно защищающие волокна от радикальных механических воздействий и обеспечивающие свободу их взаимногоперемещения при изгибах кабеля; элементы питания – металлические жилы, по которым подается электрический ток, питающий промежуточные усилители.

Впрочем, в отличие от линий электрической связи в линиях оптической связи, по которым осуществляется многоканальная передача в основном с временным разделением каналов, в частности с импульсно-кодовой модуляцией, устанавливаются усилители-регенераторы.

В них передаваемые сигналы претерпевают двойное преобразование. Поступающий из линии оптический сигнал принимается фотодиодом и преобразуется в электрический, который и усиливается.При этом восстанавливается его первоначальная форма. Затем электрический сигнал, в свою очередь, преобразуется в оптический, который посредством передающего устройства – лазера или светодиода – и направляется дальше в линию.

В оптических кабелях многоканальная передача по одному световоду идет в одном направлении, а по другому – в обратном направлении в той же полосной частоте. Таким образом, оптическая двухсветоводная цепь соответствует электрически четырехпроводной высокочастотной однополосной цепи, а один световод в этом случае – физической паре электрических жил. Не исключено применение одного световода для двусторонней передачи с разделением полосы частот.

**Таб.20, стр. 295**

**Преимущества оптических кабелей.**

Главные из них – значительно более высокая пропускная способность благодаря расширенному во много раз спектру передаваемых частот; большая скорость передачи информации; намного меньший коэффициент затухания, что позволяет реже устанавливать регенераторы на линиях.

Оптические (небронированные) кабели имеют **малые наружные диаметры** – от 2 до 30-40 мм, в зависимости от количества волокон, и массы всего до нескольких сот (10-600) килограмм на километр. Благодаря этому существенно облегчится их прокладка в кабельной канализации городских телефонных сетей и более эффективно будут использоваться трубопроводы.

В конструкции оптических кабелей полностью или **почти полностью отсутсвует** **дефицитная медь.**

**Световоды не восприимчивы к внешнему электромагнитному влиянию линий** **электропередачи**, электрифицированных железных дорог, радиостанций, грозовых разрядов, благодаря чему отпадает необходимость в экранировании цепей. Отсутствие электромагнитного излучения из волокна позволяет избежать взаимных помех между цепями и, главное, обеспечивает секретность связи.

**Оптические кабели универсальны.** Один и тот же тип кабеля может быть использован как на междугородных, так и на местных сетях для телефонной, телевизионной, факсимильной передачи одновременно.

**Недостатки оптических кабелей.**

Уязвимой стороной световодов, и следовательно, оптических кабелей являются механические свойства. Стекловолокна сильно подвержены микрорастрескиванию, что может привести в конечном счете к обрыву волокон. Стекловолокна не стойки к всестороннему сжатию. При различного рода механических воздействиях в процессах изготовления, прокладки и монтажа кабелей возникают многочисленные микроизгибы волокон, влекущие за собой увеличение коэффициента затухания. Особенно сильно проявляются все эти отрицательные явления при низких температурах.

Разработано и запатентовано несколько сот конструкций оптических кабелей связи. Еще не определены оптимальные конструкции кабелей и технология их изготовления, строительные длины и способы защиты от влаги. И все-таки уже наметились **четыре принципиальных варианта конструкции сердечников оптических кабелей связи.**

**1 вариант. Рис. стр. 301**

Сердечники кабелей простой повивной скрутки; они скручены из одинарных оптических волокон, расположенных в один или несколько повивов.

**2 вариант. Рис. стр. 302**

Сердечники кабелей сложной – пучковой скрутки. Отдельные волокна сначала формируются в пучки – элементарные, например из 10 волокон, и главные, например из пяти элементарных, то есть содержащие 50 оптических волокон. В свою очередь, сердечники кабелей скручиваются повивами из элементарных или главных пучков.

**3 вариант. Рис. стр.304.**

Предусматривается применение полимерных опорных каркасов 1 со спиральными пазами, в которые укладываются оптические волокна 2. В центре каркаса имеется силовой (армирующий) элемент 3. Каждый каркас защищен пластмассовой лентой или трубкой 4.

Сердечник кабеля может состоять из одного или нескольких, например 7, 19, каркасов – можно их назвать блоками, а лучше модулями. Защищают сердечник две оболочки: внутренняя алюминиевая 5 и наружная полиэтиленовая 6. Маломодульный кабель, изображенный на рисунке, содержит 70 оптических волокон, а многомодульный – 342 волокна.

**4 вариант. Рис. стр.305.**

Отличается от всех тем, что сердечник кабеля имеет не круглую, а квадратную или прямоугольную форму поперечного сечения. Это кабели так называемого ленточного типа; их сердечники комплектуются из лент, каждая из которых содержит определенное количество оптических волокон. Ленты укладывают стопкой и закручивают по винтовой линии для придания гибкости. Наиболее распространена конструкция 12х12, показанная на рисунке. Сердечник кабеля защищается двумя или даже тремя полиэтиленовыми оболочками. При этом внешние (одна или две) армируются силовыми элементами.

**Оптические кабели для подводных линий дальней связи.**

**Рис. стр. 307**

В пластмассовом оптическом модуле 1а, 1б, 1в размещены шесть оптических волокон (три цепи) 2. В центре модуля находится силовой элемент 3 из стальной проволоки. Модуль покрыт тонкой нейлоновой или полиэтиленовой трубкой 4. В модуле б оптические волокна помещены в пластмассовые трубки 5. Пространство внутри этих трубок и в пазах модуля в заполнено компаундом 6. Оптический модуль располагается в центре кабеля, поверх него накладываются одним или двумя повивами высокопрочные стальные проволоки 7. Затем следуют металлическая – медная или алюминиевая – трубка 8, по которой передается ток питания усилителей (обратным проводом цепи питания служит морская вода), и полиэтиленовая оболочка 9. Кабели подобной конструкции с наружным диаметром всего 20-22 мм рассчитаны на организацию по каждой паре световодов 4000 каналов (следовательно, всего до 12000 каналов) в диапазоне частот до 280 МГц на несущей волне 1,3 мкм. Расстояние между промежуточными ретрансляторами (в каждом по шесть усилителей-регенераторов) в линии 35 км.

**Заключение.**

Развитие связи поистине стремительно. Современная связь – это телефон и видеотелефон, телеграф и фототелеграф, передача данных, передача газет, радио- и телевизионное вещание. Преобладающей является телефонная связь.

Темпы телефонизации земного шара не назовешь иначе как космическими. На установку первых ста миллионов телефонов человечеству понадобилось целых 80 лет (1876-1956 гг.), а на вторую сотню – всего 10 лет (1956- 1966 гг.). Последующие сотни миллионов телефонов установились за 6 лет, за 4,5 года, 4 и соответственно 3 года.

Все большее значение в жизни общества приобретает проблема передачи данных, проблема бесперебойной и безошибочной связи между современными быстродействующими электронно-вычислительными комплексами. «Информационный взрыв» требует мощных средств передачи информации, огромного количества каналов.

Для этой цели используются различные линии связи: кабельные, радиорелейные, спутниковые, тропосферные, ионосферные, метеорные.

И все же доля кабельных линий в ЕАСС весьма значительная. В равной мере это относится к мировой сети связи. В радиосвязи труднее достигнуть абсолютной непрерывности и надежности. Условия передачи по так называемым открытым линиям зависят от атмосферных воздействий: давления и температуры, солнечных возмущений, гроз и магнитных бурь и даже от времени суток и времени года. На стороне кабелей надежность и долговечность связи, ее секретность, защищенность от атмосферных влияний и взаимных помех, высокая достоверность, что особенно важно при передаче данных в вычислительные центры.

Вот почему можно уверенно дать однозначный ответ на вопрос – будут ли кабели в 21 веке? Безусловно, и электрические, и оптические. Кабели, которые предоставят в будущем любому абоненту сети связи возможность пользоваться телефоном и видеотелефоном, слушать радиовещательные и смотреть без помех телевизионные программы, заказывать кинофильмы, изображения газетных, журнальных и книжных страниц из библиотек, иметь индивидуальный доступ к банкам данных и ЭВМ.

Кабели, которые совместно с лазерами и ЭВМ позволят создать принципиально новые системы передачи информации, преобразить технику связи.