Московский государственный агроинженерный университет им. В.П.Горячкина

РЕФЕРАТ

на тему

Монтаж кабельных линий в земле

Выполнил студент группы

энергетического факультета

Москва, 2006

КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ И ИХ

НАЗНАЧЕНИЕ........................................................................................... . 3

Общие сведения…………………………………………………………………….3

Условия работы кабельных линий ……………………………………….4

Классификация кабельных линий……………………………………….. 4

Кабельные линии и сети связи…………………………………………… 4

Линии и сети автоматики и телемеханики ………………………………5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО КАБЕЛЬНЫХ

ЛИНИЙ И СЕТЕЙ……………………………………………………..6

Общие сведения……………………………….……………………...…..6

Выбор трассы для прокладки кабеля ………………………………..….7

Разбивка трассы, рытье и подготовка траншей для прокладки

кабеля ………………………...……………………………………………8

Транспортировка кабеля и подготовка его к прокладке ……………….9

Укладка кабеля в траншею и защита его от механических

повреждений …………………………………………………………….10

Способы и особенности прокладки кабелей связи …………………...11

Прокладка в канализации ……………………………………………....12

МОНТАЖ КАБЕЛЕЙ …………………………………………………14

Разделка концов кабелей связи с металлическими оболочками ……..14

Сращивание жил кабелей в соединительных муфтах …………….…..16

Установка и запайка свинцовых муфт ………………………….……...18

Понятие о соединении концов кабелей……………………………....…18

с алюминиевой оболочкой методами прессования и взрыва …………19

Установка и заливка чугунных предохранительных муфт …..…….…20

МЕХАНИЗАЦИЯ КАБЕЛЬНЫХ РАБОТ ……………………….....22

Инструменты и механизмы, применяемые при строительстве и ремонте кабельных линий……………………………………………………...... 22

Механизация работ по рытью траншей и на бестраншейных

проходках ……………………………………………………………..…23

Комплексная механизация работ при укладке кабелей ……………...24

Почвенная, или электрохимическая, коррозия ……………………….26

Межкристаллитная коррозия ………………………………………..…28

Мероприятия по защите кабелей от коррозии …………………………28

Защита кабелей от коррозии блуждающими токами ………..…..……28

Список литературы……………………………………………..………32

**КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ**

**Общие сведения**

Современное развитие устройств связи, автоматики и теле­механики на железнодорожном транспорте неразрывно связано с необходимостью широкого применения кабельных линий. Роль кабельных линий на транспорте особенно возросла в связи с вне­дрением электрической тяги однофазного переменного тока, так как замена воздушной линии кабельной является основным сред­ством защиты устройств связи от опасных и мешающих электро­магнитных влияний, создаваемых тяговыми токами.

Кабельные линии связи вместе с воздушными и радиорелейными линиями связи и радиосвязи образуют единую систему, предназна­ченную для организации телефонно-телеграфной связи на желез­нодорожном транспорте. Широкое распространение получили ка­бельные линии в устройствах автоматики и телемеханики железно­дорожного транспорта для передачи сигналов телеуправления и распределения электрической энергии, питающей эти устрой­ства.

Линейные устройства современных кабельных линий состоят из трех основных частей: кабеля, кабельной арматуры и кабель­ных сооружений.

*Кабель* представляет собой совокупность нескольких про­водников (жил), изолированных друг от друга и от земли и заклю­ченных в общую защитную оболочку. Жилы кабеля служат для передачи электрической энергии. Основное назначение защитной оболочки - это создание полной герметичности, защищающей кабель от проникновения в него влаги и влажного воздуха. В уст­ройствах железнодорожной связи, автоматики и телемеханики используют кабели с алюминиевыми защитными оболочками и оболочками из пластмассы (поливинилхлорида или полиэтилена); Находят применение кабели со свинцовой оболочкой, а также с обо­лочкой из резины.

У некоторых типов кабелей, например, прокладываемых в земле или под водой, для защиты от механических повреждений и увели­чения прочности кабеля поверх оболочки накладывают броню из стальных лент или проволок. Металлическая оболочка кабеля и броня, представляя собой также металлический экран, защищают жилы кабеля и кабельные цепи от внешних электромагнитных влияний, создаваемых различными установками сильного тока (электрифицированные железные дороги, высоковольтные линии электропередачи и т. п.).

*Кабельная арматура* представляет собой оборудо­вание, при помощи которого осуществляется соединение концов строительных длин кабеля, устройство ответвлений кабеля и око­нечных включений его. В состав кабельной арматуры входят ка­бельные соединительные и оконечные муфты, кабельные стойки и ящики, боксы, распределительные коробки, групповые муфты и т. п.

К кабельной арматуре также относятся пупиновские катушки и ящики, согласовывающие автотрансформаторы, предназначен­ные для придания кабельным цепям определенных электрических свойств, и оборудование, обеспечивающее содержание кабеля под постоянным избыточным воздушным давлением.

*Кабельные сооружения* представляют собой уст­ройства для установки и монтажа кабельной арматуры, а также устройства и приспособления для прокладки и крепления кабеля. К кабельным сооружениям относят кабельные опоры, на которых устанавливают кабельные ящики, а также кабельные шкафы и будки. Сложным видом кабельных сооружений является кабельная канализация, предназначенная для прокладки кабеля в крупных железнодорожных узлах.

*Кабельные линии* в зависимости от способа проклад­ки кабеля разделяют на подземные, подводные и воздушные. Благодаря высокой надежности в работе наиболее широкое рас­пространение на железнодорожном транспорте получили подзем­ные кабельные линии. Воздушные линии находят ограниченное применение на небольших кабельных сетях местной телефонной связи железнодорожных станций. Подводные кабельные линии на железнодорожном транспорте используют только в качестве вставок в подземные кабельные линии, воздушные линии связи и высоковольтно-сигнальные линии автоблокировки в местах пересечения этими линиями водных преград.

**Условия работы кабельных линий**

Условия работы кабельных линий более благоприятные, чем условия воздушных линий. На работу кабельных линий не влияют такие неблагоприятные для воздушных линий явления, как бури, гололед, дожди, туманы и т. п. Кабельные линии в меньшей степени, чем воздушные, подвержены опасным и мешающим электро­магнитным влияниям, создаваемым в цепях связи, автоматики и телемеханики различными высоковольтными линиями электро­передачи и контактными сетями электрических железных дорог, а также воздействиям атмосферных перенапряжений (грозовым разрядам).

Кабельные линии лучше обеспечивают бесперебойность, вы­сокое качество и надежность действия устройств связи, автоматики и телемеханики, более долговечны и дешевле в эксплуатации, хотя строительство их обходится дороже, чем воздушных линий. Повреждения на кабельных линиях происходят значительно реже, чем на воздушных.

Имеются, однако, факторы, которые могут привести к наруше­нию работы кабельных линий или к сокращению их срока службы. Одним из таких факторов является разрушение металлической (свинцовой, алюминиевой) оболочки и стальной брони кабелей, обусловленное электрохимической (почвенной) коррозией или элек­трической коррозией. Электрохимическая коррозия возникает из-за наличия во влажной почве органических и неорганических кислот, щелочи, азотнокислых солей, хлористого натрия и т. п. Почва с большим содержанием известняка, каменноугольной золы и шлаков также сильно влияет на металлические оболочки кабелей и в короткий срок может привести кабель в негодность. Оболочки кабелей, проложенных вблизи электрифицированных железных дорог постоянного тока и трамвайных линий, использующих рель­сы в качестве обратного провода, подвергаются коррозионному воздействию блуждающих в земле токов. Такой вид коррозии назы­вают электрической коррозией.

При осуществлении переходов через реки кабели нередко про­кладывают по железнодорожным мостам. Под воздействием про­ходящих по мосту поездов происходит вибрация ферм моста, пере­дающаяся кабелям. Вибрация кабеля вредно отражается на состоя­нии его металлической оболочки и может привести к появлению в ней трещин. Повреждение оболочки кабеля вследствие вибра­ции называют межкристаллитной коррозией.

Подземные кабели могут быть повреждены при производстве различного рода земляных работ на трассе (например, при строи­тельстве водопровода или газопровода) или в результате ополз­ней почвы. Подводные кабели, прокладываемые по дну рек, могут быть повреждены весенним ледоходом или якорями судов. Для обеспечения бесперебойности и надежности действия кабельных линий и их сохранности применяется ряд мер, к которым следует отнести: создание надежных конструкций кабелей, гарантирую­щих их достаточную механическую прочность и коррозионную стойкость; тщательный выбор трассы для прокладки кабелей; точное соблюдение правил по прокладке и монтажу кабелей, а также проведение необходимых мероприятий по защите кабелей от коррозии. Большое значение имеет также систематическое проведение осмотров кабельной трассы, периодическое измерение электрических характеристик кабельных цепей и соблюдение правил по техническому содержанию кабельных линий и сетей.

**Классификация кабельных линий**

Железнодорожные кабельные линии и сети разделяются на ли­нии и сети связи и линии и сети автоматики и телемеханики.

Кабельные линии и сети связи

Кабельные линии и сети связи,применяемые на железнодо­рожном транспорте, по характеру использования можно разде­лить на линии местной и дальней связи.

Кабельные линии местной связи проклады­вают на территории железнодорожных станций и узлов, а также в городах, где размещены управления и отделения дорог. Совокуп­ность этих кабельных линий в каждом из перечисленных пунктов образует кабельную сеть местной телефонной связи. К сетям мест­ной связи можно отнести стрелочную связь и внутристанционную связь, а также сети радио- и часофикации.

Кабельные линии дальней связи исполь­зуются для организации телефонной и телеграфной проводной связи между различными удаленными пунктами железнодорожной сети. По этим линиям осуществляется дальняя магистральная связь между Министерством путей сообщения и управлениями дорог, связь управлений дорог между собой, а также дальняя дорожная связь управления дороги с входящими в него отделе­ниями, железнодорожными узлами и крупными станциями.

По кабельным линиям дальней связи, прокладываемым вдоль полотна железных дорог, осуществляется организация всех видов отделенческой связи (поездной межстанционной, поездной диспет­черской, постанционной, линейно-путевой, электротяговой и пере­гонной).

Организация этих видов связи требует устройства боль­шого количества ответвлений от кабеля дальней связи к станциям, разъездам, путевым казармам, релейным шкафам автоблокировки и т. п. Поэтому трассу прокладки кабелей дальней связи стара­ются выбирать в полосе отвода железных дорог.

Линии и сети автоматики и телемеханики

Линии и сети автоматики и телемеханикив зависимости от обслуживаемых ими устройств разделяются на линии и сети авто­блокировки, электрической централизации, станционной блоки­ровки и горочной централизации механизированных сортировоч­ных горок.

Кабельная сеть автоблокировки разде­ляется на станционную и перегонную.

К кабельным линиям автоблокировки относятся также кабель­ные вставки в высоковольтно-сигнальные линии в местах пересе­чения водных преград, в гористых местностях, на территории круп­ных станций, населенных пунктов и т. п.

*Станционная* кабельная сеть автоблокировки представляет со­бой совокупность кабельных линий, соединяющих расположен­ные в помещении дежурного по станции сигнальные централиза­торы с релейными будками или шкафами входных и выходных сигналов обоих направлений и т. п. Кроме того, кабельные линии прокладывают от релейных шкафов к батарейным колодцам, светофорам, стрелочным постам и кабельным стойкам рельсовых цепей.

*Перегонная* кабельная сеть автоблокировки существует на пе­регонах в месте установки сигнальных точек и, как правило, состоит из кабелей, прокладываемых от кабельного ящика силовой опоры высоковольтно-сигнальной линии до релейного шкафа и от последнего до проходных светофоров, батарейного колодца и кабельных стоек рельсовых цепей.

Кабельная сеть электрической центра­лизации релейной системы, которая принята как основной вид централизации, служит для соединения приборов напольных устройств (светофоров, стрелочных приводов, рельсовых цепей и т. п.) с приборами, установленными в релейных будках и послед­них с сигнальным пунктом ДСП при централизации с местными за­висимостями или с приборами, расположенными в централизационных постах (при централизации с центральными зависимо­стями).

Кабельная сеть горочной централиза­ции аналогична кабельной сети электрической централизации. В последнее время на сортировочных станциях началось широкое внедрение автоматизации роспуска составов на горках. В связи с этим на сортировочных станциях прокладывают кабели, соеди­няющие напольные устройства автоматизации с аппаратурой авто­матизации, устанавливаемой на горочных постах.

Кабельная сеть станционной блоки­ровки на станциях с механической централизацией стрелок и сигналов состоит из кабелей, соединяющих распорядительный аппарат, установленный у ДСП, с исполнительными аппаратами, установленными в помещениях сигналистов и стрелочников, а также из кабелей, соединяющих исполнительные аппараты с рель­совыми педалями, сцепляющими механизмами и трущимися кон­тактами для крыльев семафоров.

Следует также указать, что в тех случаях, когда вдоль полотна дороги проложен кабель дальней связи, часть жил этого кабеля, как правило, используется для устройств автоматики и теле­механики.

Жилы кабеля связи используют для цепей электрожезловой системы и путевой полуавтоматической блокировки, сигнальных цепей автоблокировки, цепей телеуправления тяговыми подстан­циями на электрифицированных участках дорог, а также для це­пей диспетчерской централизации и контроля.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ И СЕТЕЙ**

**Общие сведения**

Проектирование кабельных линий и сетей, как правило, со­стоит из разработки технического проекта строительства и рабо­чих чертежей.

Работа над техническим проектом начинается с ознаком­ления с техническим заданием на проектирование и последующего проведения изысканий и обследования местности, где предпола­гается строительство кабельных линий и сетей. В процессе изы­сканий производят выбор вариантов трассы линий или сетей, измеряют удельное электрическое сопротивление грунтов, наме­чают пункты размещения усилительных станций, определяют условия сближения намечаемой трассы кабеля с электрифициро­ванными железными дорогами и линиями электропередач, изы­скивают способы пересечения железных и шоссейных дорог, а также водных преград и т. п.

При проектировании кабельных линий дальней связи в тех­ническом проекте намечают наивыгоднейший с экономической и технической сторон вариант трассы кабеля. В проекте выбирают тип (марку) кабеля, его емкость с учетом перспективы развития связи на магистрали, систему и аппаратуру высокочастотного уплотнения кабельных цепей. На основе электрических расчетов размещают усилительные и переприемные пункты на кабельной магистрали, разрабатывают мероприятия по защите кабеля от влияния электрических железных дорог, линии электропередач, от почвенной коррозии и коррозии блуждающими токами и т. п.

В техническом проекте местной телефонной связи намечается наиболее выгодное местоположение местной телефонной станции и распределительных шкафов, емкость телефонной станции, ем­кость и диаметр жил магистральных и распределительных кабелей с учетом перспективного развития местной телефонной сети. Кроме этого, указывается, на каких участках кабельной сети нужно стрдить кабельную канализацию, где должны прокладываться подземные бронированные кабели или подвешиваться воздушные, намечаются мероприятия по защите кабелей от коррозии.

При проектировании кабельных сетей автоматики и телеме­ханики, например кабельной сети электрической централизации, намечается наивыгоднейшая трасса прокладки кабеля по терри­тории станции, выбор участков, где лучше проложить групповые и индивидуальные кабели.

В зависимости от количества централизуемых стрелок и сиг­налов рассчитывают емкость кабелей для включения стрелок, питания светофоров и рельсовых цепей, а также емкость между­постовых сигнальных и силовых кабелей. Наряду с выбором типа и емкости кабелей производят электрические расчеты, определя­ющие сечение жил силовых и количество дублируемых жил сиг­нальных кабелей и т. п.

Каждый технический проект кабельных линий или сетей дол­жен содержать сметы на оборудование, материалы и рабочую силу, план организации работ и полную стоимость строительства. Особое внимание уделяется вопросам механизации работ при прокладке кабеля.

На основе утвержденного технического проекта разрабаты­ваются рабочие чертежи. В состав рабочих чертежей входят детальные чертежи трассы прокладываемых кабелей. Для прокладки кабелей вне населенных -пунктов и железнодорожных станций чертежи обычно составляют по длине в масштабе 1 : 5000, а по ширине - 1 : 2000. При прокладке кабелей на территории станций и населенных пунктов чертежи составляют в масштабе 1 : 1000 или 1 : 500, а на переходах кабеля по искусственным сооружениям - в масштабе от 1 : 100 до 1 : 500. На чертежи на­носят трассу прокладываемого кабеля, указывая расстояние его от железнодорожных путей, фасадов и других сооружений пасса­жирских и путевых зданий, контуры лесов и зеленых насаждений, трассу линий связи, автоблокировки и высоковольтных линий.

**Выбор трассы для прокладки кабеля**

Выбор трассы кабельных линий является одним из основных элементов проектирования, так как от правильного выбора трассы зависит стоимость сооружения кабельных линий и сетей, их долговечность, а также надежность и бесперебойность действия. Трассу подземных кабельных линий выбирают исходя из того, чтобы длина кабеля, прокладываемого между заданными пунктами, была наименьшей и обеспечивались удобства производства работ по прокладке кабеля и дальнейшему его техническому обслужи­ванию и эксплуатации. На перегонах железных дорог трасса кабеля, как правило, проходит в полосе отвода.

Трассу кабеля по возможности выбирают на той стороне желез­нодорожных путей, где расположено большинство линейных и других пунктов, в которые устраиваются ответвления. Наме­чают трассу с таким расчетом, чтобы количество переходов кабеля через различного рода препятствия (пересечение железнодорожных и трамвайных путей, оврагов, шоссе и т. п.) было минимальным. При необходимости пересечения полотна железной дороги для перехода следует выбирать место с наименьшим количеством пу­тей; прокладка кабелей под стрелочными пересечениями и сты­ками не допускается.

При выборе трассы следует избегать прокладывать кабель в почве с большим содержанием извести, в сильно заболоченных и топких местах, в местах скопления щелочей и кислот (вблизи химических и металлургических заводов, боен и сточных канав), а также в местах со шлаковыми отвалами и засоренных строи­тельным мусором с наличием извести и цемента, так как в этих условиях кабель в сильной степени подвергается почвенной кор­розии.

В населенных пунктах трасса кабеля должна по возможности проходить по улицам, имеющим наименьшую загрузку другими подземными сооружениями (водопровод, канализация, газопро­вод, силовые кабели и т. п.), а также иметь наибольшее удаление от трамвайных путей. Кроме этого, стремятся прокладывать трас­су вдали от крупных заводов, фабрик, электростанций, де­по и т. д.

Прокладку подземного бронированного кабеля, а также ус­тройство кабельной канализации в населенных пунктах целесооб­разно производить под пешеходной частью улиц, чтобы меньше нарушать уличное движение во время работ по прокладке кабель­ной линии и ее эксплуатации, при этом расстояние от красной линии домов в городах и поселках должно быть не менее 1,5 м, а от фундаментов домов на загородных трассах - не менее 5 м.

Минимальное расстояние кабеля связи от полотна электриче­ских железных дорог переменного тока и высоковольтных линий электропередачи определяют на основании электрического рас­чета опасных и мешающих влияний, создаваемых этими устрой­ствами в кабельных цепях связи. Обычные кабели связи про­кладывают не ближе 5 м от края подошвы насыпи железнодорож­ного полотна. В некоторых случаях (в пределах станции, на сильно заболоченных и стесненных участках и т. п.) кабели связи допускается прокладывать в непосредственной близости от желез­нодорожного полотна, однако расстояние между кабелем и осью крайнего пути должно быть не менее 2,5 м.

Если кабель прокладывают едоль шоссейных дорог, то расстоя­ние от кабеля до края подошвы насыпи рекомендуется брать рав­ным 5 м. Расстояние от кабеля до лесных насаждений должно быть не менее 3 м, а от отдельных деревьев - 2 м. Кабели связи должны прокладываться от водопровода и канализации не ближе0,5 м, от нефте- и газопровода - 1 м, горячего трубопровода - 2 м. Эти расстояния могут быть уменьшены до 0,25 м при условии прокладки кабеля в асбестоцементной трубе.

Трасса сигнальных и силовых кабелей автоматики и телеме­ханики может проходить в пределах станции как сбоку железно­дорожного полотна, так и в междупутье. При этом расстояние между ближайшим рельсом и кабелем должно быть не менее 1,6 м. Если по местным условиям выдержать эти расстояния невозможно, то допускается прокладка кабеля на расстоянии 1 м от ближай­шего рельса при условии оборудования для кабеля изолирующей канализации. Сигнальные кабели могут прокладываться без огра­ничения в одной траншее с силовыми кабелями с рабочим напря­жением до 500 В.

Силовые кабели напряжением выше 500 В прокладываются в отдельной траншее или в общей траншее с сигнальными, но при этом силовой кабель укладывают на глубину 1,5 м и сверху за­крывают кирпичом или бетонными плитами, а сигнальный - над ним на расстоянии 0,45 м со сдвигом в сторону на 0,15 м. Расстоя­ние между силовыми кабелями и кабелями связи должно быть не менее 0,5 м.

При пересечении железнодорожных или трамвайных путей глубина прокладки кабелей связи, автоматики и телемеханики должна быть не менее 1 м от подошвы рельса, а с шоссе или авто­страдами не менее 1 м от дорожного полотна. При этом кабели в месте пересечения прокладывают в асбестоцементных трубах. В местах пересечения кабелей связи с силовыми кабелями расстоя­ние между ними в месте пересечения должно быть не менее 0,25 м, если кабель связи проложен в асбестоцементной трубе, и 0,5 м при ее отсутствии.

Сигнальные кабели при пересечении их с силовыми кабелями и другими подземными сооружениями также должны проклады­ваться на расстоянии 0,5 м от этих сооружений; если это расстоя­ние по местным условиям выдержать нельзя, то допускается уменьшить его до 0,3 м. При этом в месте пересечения сигнального кабеля с силовыми его нужно прокладывать в асбестоцементной трубе. Расстояние между пересекающими друг друга сигнальными кабелями должно быть не менее 0,1 м.

При выборе трассы подводного кабеля на пересечениях водных преград выбирают места, где водная преграда имеет наименьшую ширину, ровное дно и отлогие берега. Кабель нельзя проклады­вать в местах зимней стоянки судов на якорях, в районе стоянки плотов, в местах водопоя и купанья скота, а также там, где на­блюдаются заторы льда или река меняет свое русло.

У железнодорожных и шоссейных мостов через сплавные и судоходные реки и водоемы прокладка кабеля допускается на рас­стоянии не ближе чем 300 м ниже моста по течению реки, а от мостов через мелкие несудоходные реки и овраги - не ближе 30-50 м.

**Разбивка трассы, рытье и** **подготовка траншей для прокладки кабеля**

Разбивку трассы подземной кабельной линии производят в со­ответствии с рабочими чертежами при помощи вех и колышков так же, как и разбивку трассы воздушной линии. Колышки за­бивают по оси будущей кабельной траншеи на прямых участках трассы через 5-10 м и более, а также в местах поворота траншеи.

Как правило, прокладку кабеля осуществляют механизирован­ным способом при помощи кабелеукладчиков. В этом случае пред­варительного рытья траншеи не производят, так как кабелеукладчик выполняет эту работу одновременно с прокладкой кабеля.

В городах и населенных пунктах, на железнодорожных стан­циях для рытья траншей обычно применяют траншеекопатели, а там, где и их применение затруднено (при пересечении железно­дорожных путей, в междупутьях, на склонах насыпей и т. п.), траншею роют вручную. При рытье траншеи ручным способом ее роют так, чтобы боковые стенки траншеи имели некоторый откос. Это облегчает рытье траншеи и предохраняет стенки от осыпания. Траншеи глубиной до 1 м в неосыпающихся грунтах можно рыть без откосов.

Глубина прокладки кабелей связи в грунтах I-III категорий должна быть не менее 0,9 м, а в скальных грунтах - не менее 0,5 м при отсутствии наносного слоя грунта и 0,7 м при его нали­чии. В населенных пунктах и на территории больших станций глубину кабельной траншеи увеличивают до 1,0-1,2 м. Ширину траншеи при прокладке одного-двух кабелей берут равной от 0,3 до 0,4 м по дну и соответственно 0,4-0,5 м по верху траншеи. Глубина прокладки сигнальных кабелей в станционных между­путьях и сбоку путей вне населенных пунктов 0,8 м, в городах и населенных пунктах на пересечениях с железнодорожными пу­тями и шоссейными дорогами - не менее 1 м.

Траншеи для кабелей на поворотах трассы роют с таким расче­том, чтобы минимальный радиус изгиба прокладываемого кабеля со свинцовой оболочкой был не менее 15-кратного, а для кабелей с алюминиевой оболочкой - не менее 30-кратного наружного диаметра кабеля; при прокладке кабелей с пластмассовой обо­лочкой их радиус изгиба должен быть не менее 10-кратного на­ружного диаметра кабеля. На склонах оврагов (на подъемах и спусках) траншею роют зигзагообразно с величиной отклонения изгибов от прямой линии в одну и другую сторону на 1,5 м, а длину изгибов берут порядка 5 м.

В местах будущей установки соединительных и разветвительных муфт и пупиновских ящиков траншею расширяют, отрывая котлован для удобства проведения последующих монтажных ра­бот. Глубину котлована делают на 10 см глубже дна траншеи.

Дно траншеи выравнивают и очищают от камней и щебня, а перед раскаткой и прокладкой кабеля в каменистых и скалистых грунтах засыпают слоем песка или разрыхленного грунта тол­щиной до 10 см. Этот слой называют «нижней постелью». В мягких грунтах постели можно не делать.

**Транспортировка кабеля и подготовка его к прокладке**

Подготовку кабеля к прокладке начинают с развозки бараба­нов с кабелем по трассе на автомобилях или специальных тележ­ках. Если трасса проходит в непосредственной близости от желез­нодорожного полотна, кабель развозят на железнодорожных плат­формах. При погрузке барабанов, а также при перекатывании их по земле необходимо следить за тем, чтобы направление вращения барабана совпадало с направлением стрелки на щеке барабана.

Перед транспортировкой кабеля по трассе и перед прокладкой проверяют его состояние. Начинают проверку с внешнего осмотра кабельных барабанов, проверяя целость обшивки, болтов, скреп­ляющих барабан, и заделку концов кабеля. Кроме этого, кабель проверяют на герметичность .оболочки. Обычно все кабели дальней и местной связи в металлических (алюминие­вых, свинцовых) оболочках поступают с завода-изготовителя с на­каченным под оболочку воздухом под давлением, превосходящим атмосферное на 4,9-104-9,8-104 Па. (около 0,5-1,0 кг/см2), и впаянным в один из концов кабеля вентилем. Целость оболочки, кабелей проверяют по показаниям манометра, присоединяемого к вентилю. При наличии сохранившегося в кабеле избыточного давления испытание целости оболочки заканчивают.

Если окажется, что избыточное давление в кабеле отсутствует, то в кабель при Помощи насоса, компрессора или используя бал­лон со сжатым воздухом и редуктором накачивают воздух до дав­ления 9,8-104 Па. При накачке в кабель атмосферного воздуха его предварительно осушивают (удаляют влагу), пропуская через камеру с поглощающими влагу хлористым кальцием или сили-кагелем (двуокись кремния). Если после накачки установившееся в кабеле давление в течение 24 ч не снижается, то это свидетель­ствует о целости оболочки; в противном случае отыскивают и устраняют повреждение оболочки (трещину, прокол и т. п.). После устранения повреждения оболочки у кабелей дальней связи измеряют сопротивление изоляции жил и рабочую емкость кабельных цепей, а у кабелей местной связи измеряют сопротив­ление изоляции и производят проверку жил на об­рыв и сообщение их между собой и с металлической оболочкой.

Измерение сопротивления изоляции жил, рабочую емкость кабельных цепей и другие электрические измерения производят кабельными приборами и мостами разного рода. Методика этих измерений изложена в курсе «Электрических измерений».

Для проверки жил на обрыв и на сообщение их между собой и с металлической оболочкой оба конца кабеля на барабане осво­бождают на длине 80-300 мм от защитных покрытий и металличе­ской оболочки. Затем со всех жил одного конца кабеля снимают на длине 1,5-3 см изоляцию, зачищенные жилы соединяют друг с другом и со свинцовой оболочкой (рис. 157) при помощи медной проволоки. Жилы второго конца кабеля разделывают на так называемую пирамиду, которая получается в результате того, что жилы каждого последующего повива обрезают на 15-20 мм короче жил предыдущего.

При проверке жил на сообщение между собой и с оболочкой кабеля один полюс батареи напряжением 3,0-4,5 В соединяют с оболочкой кабеля (рис. 1, а), а с другой - через телефон *3* последовательно с каждой из жил кабеля, предварительно отсоеди­няя ее на время испытаний из общего пучка. Если испытываемая жила имеет сообщение с какой-либо другой жилой или с металли­ческой оболочкой, то в телефоне слышен щелчок под действием тока батареи по схеме: полюс батареи, оболочка *2* кабеля, испы­тываемая жила, телефон и другой полюс батареи.

Для испытания жил на обрыв все жилы присоединяют к обо­лочкеи испытание производят со стороны пирамиды. При прикосновении к испытываемой жиле свободного конца про­вода, идущего от телефона, в последнем опять должен быть слы­шен щелчок. Если щелчок в телефоне не появился, то значит испы­тываемая жила оборвана.

При испытании жил на обрыв и сообщение следует иметь в виду, что при большой длине кабеля щелчок в телефоне (более слабый) может получаться вследствие заметной электрической емкости между жилами и между жилами и оболочкой. Поэтому при боль­шой длине кабеля целесообразно заменять телефон каким-либо другим прибором (амперметром, вольтметром).

Сигнальные кабели со свинцовой оболочкой и все типы сигналь­ных кабелей и кабелей связи с неметаллическими оболочками не ставятся, под избыточное давление и проверку их состояния осу­ществляют только путем электрических измерений сопротивления изоляции, отсутствия сообщения жил между собой и их обрыва, а также наружным осмотром кабеля при раскатке его с барабана. При этом измерение сопротивления изоля­ции жил и испытание их на обрыв у сигнальных и контрольных кабелей производят при помощи мегомметра.

Разделку кабеля для измерений при помощи мегомметра про­изводят так же, как и при измерении сообщения жил между собой и обрыва жил. При измерении изоляции жилы один проводник, присоединенный к выводу *Л* мегомметра, соединяют с испытываемой жилой, а другим проводником соединяют вы­вод 3 с металлической оболочкой или с остальными жилами, со­единенными между собой (у кабелей с пластмассовой оболочкой). Вращая ручку мегомметра с частотой около 130 об/мин, по его шкале отсчитывают величину сопротивления изоляции жилы. В зависимости от типа мегомметра им можно измерять величину сопротивления изоляции до 500-1000 МОм. При испытании мегом­метром жил на обрыв, если проверяемая жила не *-* имеет обрыва, то при вращении ручки мегомметра стрелка его прибора будет оставаться на нуле. При обрыве стрелка откло­нится влево, указывая величину большого сопротивления, что будет свидетельствовать о наличии обрыва жилы.

По окончании электрических испытаний жилы кабеля обре­зают и металлическую оболочку обоих концов кабеля на барабане запаивают; концы кабелей с неметаллической оболочкой тщательно изолируют при помощи полихлорвиниловой ленты или другим способом для предотвращения попадания в кабель влаги. Кабели дальней связи и кабели местной связи с металличе­ской оболочкой емкостью 50 пар и более перед прокладкой ставят под избыточное давление.

**Укладка кабеля в траншею и защита его от механических повреждений**

Размотку кабеля с барабанов и его последующую укладку в траншею производят механизированным или ручным способом.

Если местные условия не позволяют применить механизирован­ный способ прокладки кабеля, то кабель разматывают и уклады­вают вручную. Для этого барабан с кабелем устанавливают около траншеи на металлические или деревянные козлы, чтобы барабан мог свободно вращаться на оси, вставляемой в его втулку. Устанавливают барабан так, чтобы вращение его на оси происходило по стрелке, изображенной на щеке барабана, а кабель при разма­тывании шел сверху барабана.

После установки барабана расшивают закрывающие кабель доски и начинают размотку кабеля, причем барабан вращают за щеки, а не силой тяги кабеля. Разматываемый кабель рабочие несут на руках и сначала укладывают по бровке траншеи, а затем опускают его на дно. Число рабочих, участвующих в размотке и укладке кабеля, берут из такого расчета, чтобы масса кабеля, приходящаяся на одного рабочего, не превышала 35 кг. Опущенный в траншею кабель укладывают с некоторой слабиной по слегка волнистой линии без натяжки для предотвращения чрезмерного натяжения кабеля в дальнейшем при усадке и возможных сме­щениях грунта.

При наличии большого количества пересечений трассы кабеля с различными подземными сооружениями, когда кабель опустить в траншею нельзя, производят его протаскивание по дну тран­шеи по роликам при помощи стального троса и ручной лебедки, тягача или трактора.

'Прокладку строительных длин кабеля производят с таким расчетом, чтобы в котлованах, где в последующем производится установка на кабеле соединительных или разветвительных муфт, концы кабеля перекрывали друг друга примерно на 2 м. При двухкабельной системе укладку обоих кабелей в траншею произ­водят одновременно.

После прокладки строительных длин кабеля производят по­вторную проверку их состояния (испытание герметичности обо­лочки, электрические измерения) для того, чтобы выяснить, не повредился ли кабель при прокладке, а затем приступают к за­сыпке траншеи.

В мягких грунтах засыпку производят вынутым из траншеи грунтом, а в каменистых и скальных грунтах кабель предвари­тельно засыпают слоем песка или мягкого грунта толщиной 10 см, образуя «верхнюю постель». Засыпку и утрамбовку грунта в траншее производят в несколько приемов. Сначала насыпают слой грунта толщиной 0,2-0,3 м и плотно его утрамбовывают. Затем насыпают следующий слой грунта такой же толщины и тоже утрамбовывают и т. д. В населенных пунктах и на террито­рии станций засыпку и утрамбовку траншеи производят с одно­временной поливкой слоев грунта водой, что снижает его дальней­шую осадку.

Котлованы, в которых при монтаже кабеля будут устанавли­ваться соединительные, разветвительные муфты и пупиновские ящики при засыпке траншеи оставляют открытыми и засыпают только после окончания монтажных работ.

Защиту прокладываемого кабеля от механических поврежде­ний производят при его прокладке под железнодорожными и трам­вайными путями на пересечении с шоссейными и грунтовыми дорогами, под проезжими частями улиц, в местах пересечений с подземными сооружениями и другими кабелями, заключая ка­бель на участке пересечения в асбоцементные трубы с таким рас­четом, чтобы они выходили на 1 м за пределы пересечения.

Кабели защищают при их прокладке в скалистых грунтах на глубине 0,5 м, в садах и огородах, при прокладке в одной траншее десяти и более сигнальных и других кабелей, а также при прокладке в траншее на глубине менее 1 м силовых кабелей с ра­бочим напряжением выше 1 кВ. В этих случаях кабель для защиты покрывают бетонными плитами или слоем красного, кирпича.

После прокладки кабеля составляют исполнительный план трассы его прокладки. При этом точно замеряют расстояние кабеля от каких-либо ориентиров (например, от оси железнодорожных путей, пикетных и километровых столбиков, построек в населен­ных пунктах и т. п.). Трассу кабелей дальней связи отмечают также при помощи установки замерных столбиков (пикетов), отмечая ими места установки соединительных и разветвительных муфт, поворотов кабеля и т. п. Железобетонные замерные столбики устанавливают на расстоянии 1,5 м от кабеля или муфты в сторону поля, зарывая их в землю на глубину 0,7 м. Каждый столбик снабжается табличкой, на которой условно обозначают назначение столбика, например соединительная муфта, пупиновский ящик, поворот кабеля вправо и т. п.

На план, кроме трассы проложенного кабеля, наносят другие подземные и надземные сооружения, например пересекающие кабель и идущие параллельно трубы водопровода и газопровода, другие кабели, дороги, кюветы и т. п., расположенные в полосе 20-30 м от кабеля.

Составление исполнительного плана облегчает в дальней­шем эксплуатацию кабеля и позволяет более точно и быстро определять места его повреждений.

**Способы и особенности прокладки кабелей связи**

Прокладка в канализации

Глубину траншеи для прокладки трубопроводов кабельной канализации выбирают такой, чтобы расстояние между верхней частью трубопровода и поверхностью грунта под тротуаром было не менее 0,5 м, под мостовой - не менее 0,7 м. Ширина траншеи зависит от общей емкости трубо­провода канализации.

Перед укладкой труб дно траншеи выравнивают и хорошо утрамбовывают, а в каменистом грунте устраивают постель из песка или просеянной, земли. Укладку труб в траншее производят с некоторым уклоном (3-4 мм на 1 пог. м трубопровода) в сторону кабельных колодцев для стока воды, которая может попасть в трубопровод.

Укладываемые в траншею асбестоцементные трубы соединяют встык при помощи асбестоцементных муфт с внутрен­ним диаметром, несколько большим наружного диаметра трубы. Между трубойи муфтой для создания герметичности устанав­ливают резиновые кольца или заделывают зазоры смоляной пак­лей , после чего место стыка заделывают цементным раствором или заливают битумной мастикой*.*

Более широкое распространение получил способ соединения труб при помощи манжетиз кровельной стали, затягиваемых на. стыкахс последующей заделкой цементным раствором. Под манжету перед ее затяжкой прокладывают бандажиз гидроизола или ткани (мешковины, миткаля), пропитанной битумной мастикой.

Находит также применение соединение асбестоцементных труб при помощи полиэтиленовых манжет в виде цилиндрической трубы длиной 90 мм. Внутренний диаметр манжеты на 5 мм меньше наружного диаметра соединяемых труб и манжеты надевают на стык, предварительно их подогрев в воде до 80-90°, вследствие чего их диаметр увеличивается и они размягчаются. Разогретую манжету сначала надевают на один конец трубы до выступа, имеющегося в середине манжеты, а затем с другой стороны на конец второй трубы до выступа. После остывания манжеты она суживается и плотно облегает место соединения труб. Полиэтиле­новые трубы соединяют между собой встык при помощи сварки. При прокладке многоотверстной канализации устраивают блок из нескольких труб, заделывая стыки в общий бетонный пояс. В местах установки колодцев отрывают котлован, в который опускают при помощи крана, или лебедки детали сборного железо­бетонного колодца, соединяя их затем цементным раствором. Трубопроводы заводят в отверстия, предусмотренные в боковых стенках колодца, и также заделывают цементным раствором. Сверху на входное отверстие колодца ставят круглый чугунный люк с двумя крышками, а внутри колодца на его сте­нах - стальные кронштейны с консолями для укладки кабелей.

Перед протягиванием кабеля в канализации предварительно проверяют состояние ее каналов. Для этого от одного колодца до другого при помощи свинчивающихся дюралюминиевых палокпротягивают стальной трос, а затем при помощи троса пробный цилиндр и стальную щетку*,* чтобы выровнять и сгладить стенки каналов в местах стыка труб и очистить полость труб от сора.

Кабель протягивают в канализации по участкам между смеж­ными колодцами, для чего над одним из колодцев устанавливают на козлах барабан с кабелем, а у соседнего колодца - ручную или моторную лебедку, затем трос *,* протянув через канал трубопровода и пропустив его через блок, скрепляют с концом кабеля при помощи стального кабельного чулка и, вращая ручку лебедки, протягивают кабель по каналу. Для того чтобы кабель не повредился о края трубопровода, на входе и выходе трубопровода устанавливают кабельное коленоили втулку. Для уменьшения тяговых усилий поверхность свинцовой оболочки кабеля при его протягивании смазывают техническим вазелином. Кабели в пластмассовой оболочке смазывать вазелином нельзя и оболочку таких кабелей при протягивании смачивают водой. До и после протяжки кабеля его испытывают. В колодцах оставляют запас кабеля, необходимый для монтажа соединитель­ных и разветвительных муфт и укладки кабеля по стенам колодца.

**МОНТАЖ КАБЕЛЕЙ**

**Разделка концов кабелей связи с металлическими оболочками**

Состав работ при монтаже кабелей зависит от типа кабеля, способа его прокладки и назначения кабельной линии.

К основным видам монтажных работ относятся сращивание отдельных кусков (строительных длин) кабеля в соединительных и разветвительных муфтах, монтаж оконечных кабельных уст­ройств (оконечных муфт, боксов и т. п.),. а на кабелях, содержа­щихся под избыточным воздушным давлением, -монтаж газо­непроницаемых муфт. Высокое качество и тщательность выполне­ния монтажных работ, точное соблюдение правил и инструкций по монтажу, а также соблюдение чистоты и аккуратности при прове­дении монтажа кабеля в значительной степени предопределяют надежность и бесперебойность действия кабельной линии в экс­плуатации.

Разделку концов и сращивание кабеля, проложенного непосред­ственно в земле, производят в котлованах, а кабеля, проложенного вканализации, -в кабельных колодцах. При этом работам по сращиванию концов кабелей должно предшествовать проведение испытаний и электрических измерений сращиваемых кабелей.

Затем концы кабелей размечают с таким расчетом, чтобы кабель после установки на него муфты можно было уложить на консоли вкабельном колодце или выложить запас кабеля в котловане на случай перезаделки муфты в процессе эксплуатации кабеля. Колодец или котлован очищают от осыпавшейся земли и мусора, а над котлованом независимо от погоды устанавливают палатку. Концы сращиваемых кабелей укладывают на козлы и прочно к ним привязывают.

Разделку концов голых освинцованных кабелей марок ТГ, ТЗГ и др. производят следующим образом. Концы кабелей обре­зают ножовкой с таким расчетом, чтобы они перекрывали друг друга на длину, равную или несколько большую длины устанавли­ваемой свинцовой муфты, и на свинцовой оболочке Делают отметки будущего положения краев муфты при ее последую­щей запайке. Если при соединении концов кабелей применяется цилиндрическая свинцовая муфта без разреза, то ее надевают конусом вперед на один из концов кабеля и временно продвигают по кабелю в сторону, чтобы она не мешала дальнейшей разделке; при использовании муфты с поперечным разрезом одну из ее поло­вин надевают на один, а другую на другой конец кабеля. Отступив от отметок на кабеле на 30-40 мм, на оболочке кабелей делают круговые надрезы и от них к концам кабелей по два продольных надрезас расстоянием между ними 6-8 мм. Эти надрезы надо делать достаточно аккуратно, чтобы не повредить расположенную под свинцовой оболочкой поясную изоляцию кабеля. Образовавшуюся в результате надрезов узкую полоску свинца захватывают плоскогубцами и отрывают. После этого захватывают оставшуюся часть свинцовой оболочки*,* разгибают и также удаляют.

Свинцовую оболочку у обреза слегка отгибают наружу, удаляют заусенцы и перевязывают оголенную кабельную скрутку хомутом из проваренной в парафине миткалевой ленты так, чтобы часть ее попала под свинцовую оболочку, что предохраняет поясную изоляцию кабельной скрутки от повреждений об острый край свинцовой оболочки и от разрыва поясной изоляции при последующем отгибании в стороны кабельных пар или четверок. Далее\_ с кабельной скрутки сматывают бумажные ленты поясной изоляции и, свернув их в ролики, временно подвязывают к кабелю *.*

У кабелей местной связи марки ТГ или ТБ с воздушно-бумаж­ной изоляцией жил освобожденную от поясной изоляции кабель­ную скрутку, как правило, прошпаривают кабельной массой МКП-1. Для этого концы кабелей помещают над противнем и поли­вают нагретой до 120-130° С кабельной массой до прекращения выделения из кабельной скрутки пены и пузырьков воздуха. Кабели с кордельно-бумажной и пластмассовой изоляцией жил не прошпаривают.

Концы подземных бронированных кабелей ТБ, ТЗБ и др. при установке соединительных и разветвительных муфт обычно разде­лывают в котлованах. Закрепленные в котловане на козлах концы

бронированных кабелей обрезают с таким расчетом, чтобы они перекрывали друг друга на длину, равную или несколько большую длины чугунной муфты*.*

Против цилиндрических частей муфты на наружный покров из кабельной пряжи устанавли­вают бандажи из трех-четырех витков спаечной проволоки; такие же проволочные бандажиставят на ленточную броню у обреза кабелей, чтобы при снятии наружного покрова броневые ленты не раскручивались. У бандажей кабельную пряжу обрезают и удаляют. На длине 40-50 мм от обреза кабельной пряжи поверхность броневых лент тщательно зачищают напильником и залуживают. На облуженном месте на расстоянии 15 мм от обреза кабельной пряжи устанавливают бандажииз двух кусков медной проволоки диаметром 1,2 мм и длиной около 750 мм и припаивают их к броне, а оставшиеся концы проволоки скручи­вают и временно отгибают в сторону. Эти концы проволоки в даль­нейшем служат для электрического соединения брони и свинцовой оболочки сращиваемых концов кабелей.

На расстоянии 10 мм от края бандажаброневые ленты пооче­редно надпиливают до половины толщины трехгранным напиль­ником, затем, сняв бандажии раскрутив бронеленты, их отламы­вают по надпилу. После удаления брони разматывают и осто­рожно отрезают нижний слой кабельной пряжи и кабельной бу­маги, а оголенную свинцовую оболочку протирают до блеска тряпкой, смоченной бензином. Дальнейшая разделка концов бронированного кабеля со свинцовой оболочкой выполняется так же, как и разделка голых освинцованных кабелей.

Разделка кабелей с алюминиевой оболочкой имеет некоторые особенности по сравнению с разделкой кабелей, имеющих свинцо­вую оболочку. После разметки на алюминиевой оболочке мест будущей установки конусов свинцовой соединительной муфты в местах будущего обреза оболочки на ней трехгранным напильни­ком делают кольцевые надпилы и от этих надпилов в сторону от концов кабеля алюминиевую оболочку залуживают цинково-оловянистым припоем.

Перед залуживанием оболочку в месте нанесения припоя про­тирают тряпкой, смоченной в бензине, и тщательно зачищают стальной кардной щеткой *.* Залуживание производят при помощи лудильных клещей , основной деталью которых является паяльная разъемная муфта, изготовленная из меди. Внутренний диаметр муфты должен быть равен наружному диаметру залуживаемой оболочки. Внутри одной половины муфты вырезано корытообразное углубление, в котором закреплена стальная пластинка (резец)*.*

Муфту лудильных клещей нагревают пламенем паяльной лампы до температуры плавления цинково-оловянистого припоя и на внутреннюю поверхность муфты наплавляют припой, который скапливается в корытообразном вырезе муфты; затем быстро раздвинув клещи, обхватывают муфтой алюминиевую оболочку и, сжав рукоятки клещей, два-три раза поворачивают их вокруг оси кабеля и снимают; при поворачивании клещей резец снимает с поверхности оболочки пленку окисла и поэтому облуживание поверхности проходит достаточно хорошо. При отсутствии лудиль­ных клещей облуживание выполняют, нагревая место залуживания пламенем паяльной лампы и растирая расплавленный припой по поверхности оболочки стальной кардной щеткой, снимающей пленку окисла.

На облуженный поясок оболочки наносят слой обычного свинцово-оловянистого припоя ПОС-30 и разглаживают его тряпкой, пропитанной прошпарочной кабельной массой. После такого залуживания алюминиевой оболочки разделываемых концов ка­белей оболочку надламывают по сделанному ранее кольцевому надпилу и, вращая по направлению намотки лент поясной изоля­ции, снимают. Дальнейшая разделка выполняется аналогично разделке концов у кабелей со свинцовой оболочкой.

**Сращивание жил кабелей в соединительных муфтах**

Перед тем как приступить к сращиванию (соединению) жил, из котлована или колодца удаляют все посторонние предметы (об­резки кабельной пряжи, брони и пр.), а на дно котлована или колодца расстилают брезент. Затем подготовляют и протирают бензином инструмент для соединения жил, и монтер, производящий сращивание, тщательно протирает бензином руки. Монтажные материалы непосредственно перед сращиванием жил просушивают, а используемые при сращивании бумажные гильзы, групповые кольца и нитки прошпаривают.

Сращивание начинают с разборки повивов кабеля. Для этого верхний, а затем и последующие повивы кабеля разделяют на два пучка, которые затем отгибают и временно привязывают к обо­лочке. Начиная сращивание жил в кабелях с парной скруткой, обычно сращивают пары жил нижней половины наружного повива, а затем пары жил нижней половины следующего повива и т. д. Затем сращивают все жилы центрального повива и далее все жилы верхних полуповивов в порядке их следования от центрального повива к наружному. При соединении концов кордельных кабелей с четверочной скруткой жил вначале сращивают жилы четверок центрального повива, а затем последующих повивов. Во всех случаях первоначально в каждом повиве сращивают сначала жилы счетной пары или счетной (контрольной) четверки, а затем после­дующие пары или четверки.

Рассмотрим технологию сращивания жил в четверке. Эту операцию начинают с того, что две четверки одинакового порядко­вого номера в сращиваемых концах кабеля выравнивают и уклады­вают рядом. Навитые на эти четверки нитки сдвигают к свинцовой оболочке и затягивают, затем на обе четверки надевают групповые кольцаи пишут на них номер четверки, а на каждую из жил четверки одного из концов кабеля надевают изолирующие гильзы*.*

При монтаже муфт без симметрирования кабельных цепей в каждой из четверок сращивают друг с другом жилы, имеющие одинаковую расцветку. В тех муфтах, где предусмотрено симметриро­вание цепей, соединение жил между собой производят по особому правилу. Выбрав в четверках две жилы, кото­рые должны быть соединены друг с другом, если изоляция трубча­тая или кордельно-бумажная, спайщик скручивает их на два обо­рота вместе с изоляцией, а затем, сняв с жил изо­ляцию ниже скрутки и сложив голые жилы, также скручивает их и на расстоянии около 30 мм от начала скрутки обре­зает. Остальные жилы четверки скручивают таким же образом. У кабелей с пластмассовой изоляцией жил скрутку жил вместе с изоляцией не производят, а скручивают жилы после удаления с них изоляции.

Подготовленные скрутки жил смачивают на длине 15-20 мм раствором канифоли и запаивают припоем ПОС-40. При запайке удобно пользоваться паяльником в виде стаканчикас расплавленным припоем. Запаянную скрутку жилы в четвертке отгибают в сторону, противоположную надетой гиль*,* а затем надевают гильзу на скрутку. Изолированные таким образом жилы складывают вместе с обеих сторон и придви­гают групповые кольца*.*

Скрутки жил разных четверок располагают по длине муфты так, чтобы они оказались распределенными равномерно по всей длине муфты, что делает ее более компактной. По окончании сращивания всех жил кабеля производят тщательную просушку места сращивания для удаления из него влаги, что особенно важно у кабелей с бумажной изоляцией жил. Для кабелей, которые прошпаривались при разделке концов, просушка производится вторичной прошпаркой. Другие кабели с бумажной или кордельно-бумажной изоляцией просушивают пламенем паяльной лампы. Для этого лампу устанавливают так, чтобы пламя ее проходило под сростком и горячий воздух охватывал всю скрутку.

По окончании сушки сросток упаковывают несколькими слоями ленты кабельной бумаги; у кабелей с пластмассовой изоляцией сросток сначала обматывают полиэтиленовой лентой, а затем несколькими слоями ленты из кабельной бумаги.

При прокладке и монтаже кабелей дальней связи в некоторых соединительных муфтах; называемых конденсаторными, производят симметри­рование кабельных цепей при помощи включения между жи­лами, а также между жилами и землей симметрирующих конден­саторов. Если конденсатор должен быть вклю­чен между жилами в четвертке, то его проводники припаивают к соответствующим жилам. При включении конденсатора между какой-либо жилой и землей (оболочкой кабеля) один его про­водник припаивают к жиле, а второй - к проводнику , соединяющему металлические оболочки обоих концов кабеля. После того как присоединение всех конденсаторов закончено кабельная скрутка просушена и обвернута кабельной бумагой, конденсаторы укладывают по окружности сростка и плотно за­крепляют суровой ниткой.

**Установка и запайка свинцовых муфт**

Перед установкой на кабель соединительную муфту тщательно протирают и просушивают, а в тех местах, где муфту спаивают со свинцовой оболочкой, а также в местах разрезов ее зачищают до металлического блеска и для облегчения запайки иногда залуживают.

Если запайке подлежит цилиндрическая муфта без разреза, то после зачистки до блеска кабельной оболочки в местах ее спайки с конусами муфты муфту сдвигают с кабеля на место сростка, имеющийся на муфте конус тщательно оправляют деревянным молотком до плотного прилегания края конуса к кабельной оболочке; на другом конце муфты, где конус отсутствует, его делают деревянным молотком с использованием оправок. Если устанавливают муфту с одним поперечным разрезом, то ее перед установкой раздвигают, а затем, установив на сросток, сжимают так, чтобы края продольного шва находили друг на друга, а также оправляют деревянным молотком. Муфты с одним или с двумя продольными разрезами перед запайкой временно скрепляют проволочным хомутом.

После этого в пламени паяльной лампы нагревают палочку припоя марки ПОС-30 и при достижении ею температуры плавле­ния слой припоя накладывают на место спайки*.* Затем пламя паяльной лампы переносят на место запайки, и, разогревая наложенный слой припоя, его разминают и разглажи­вают тряпкой, пропитанной стеарином, до тех пор, пока спайка не примет требуемую форму. Запаянную муфту охлаждают стеарином и детально осматривают, проверяя, чтобы спайка имела гладкую поверхность без трещин и выплавленных мест (раковин).

Качество запайки муфты проверяют также сжатым воздухом. Для этой цели в корпус муфты впаивают вентиль, к которому присоединяют насос или баллон со сжатым воздухом, создают **в** муфте давление впределах до 9,8-104 Па, при этом муфту и все места смачивают мыль­ной водой и по отсутствию пузырьков воздуха, выходящих из муфты, судят о доброка­чественности ее запайки. После проверки герметичности муфты вентиль выпаивают, а образо­вавшееся в муфте отверстие запаивают.

Технология запайки свин­цовых муфт на кабелях с алю­миниевой оболочкой (например, МКБАБ, МКПАБ и др.) имеет ряд особенностей. Так, при за­пайке конусов муфты в качест­ве флюса вместо стеарина сле­дует применять прошпарочную массу МКС-1. Для того чтобы не повредить пластмассовые ленты или шланги, защищающие алюминиевую оболочку и броню, запайку муфты необходимо производить возможно быстрее, не давая ей сильно перегре­ваться; с этой же целью алюминиевую оболочку вблизи от места запайки муфты охлаждают мокрой ветошью или устанавливают на оболочке охладители - массивные разъемные медные диски.

Для увеличения герметичности и надежности запайки свинцо­вой муфты на магистральных железнодорожных кабелях оголен­ную часть алюминиевой оболочки кабеля и свинцовую муфту покрывают битумно-резиновой мастикой МБР слоем 0,5-0,8 мм, поверх которого с перекрытием наматывают слой полиэтиленовой ленты. Поочередное покрытие мастикой и обмотку лентой повто­ряют три-четыре раза. При этом вторым и последующими слоями ленты и мастикой покрывают и оголенную броню кабелей. На верхний слой мастики после ее загустевания наматывают с пере­крытием стеклоленту, предварительно пропитанную мастикой.

Такое многослойное покрытие не только повышает герметич­ность муфты, но и имеет целью защитить алюминиевую оболочку и броню от почвенной коррозии и коррозии блуждающими токами в местах установки соединительных муфт.

**Понятие о соединении концов кабелей**

**с алюминиевой оболочкой методами опрессования и взрыва**

Соединение концов кабелей с алюминиевой оболочкой методами холодного опрессования (холодной свар­ки) и взрыва применяют при широком фронте работ по прокладкекабеля, как правило, выполняемых специа­лизированными организа­циями. Это методы рассчи­таны на специально обучен­ные бригады, оснащенные специальным оборудованием и инструментами. Поэтому ниже даны только общие понятия о технологии выполнения этих работ.

При соединении концов кабеля методом холодного опрессования после разделки концов кабеля (без облуживания алюминиевой оболочки) специальным приспособлением на длине 35-40 мм развальцовывают (расширяют) алюминиевую оболочку обоих концов кабеля и между сердечником кабеля и оболочкой вставляют стальные опорные втулки. Эти втулки защи­щают сердечник кабеля от смятия в процессе дальнейшего опрес­сования.

Затем на один из концов кабеля надевают алюминие­вую трубку-муфту*,* а на другой (если он имеет наружный поли­этиленовый шланг- полиэтиленовую трубку, предназначен­ную для последующей защиты алюминиевой трубки-муфты. После соединения и запайки жил четверки и изолирования места сростка концов кабеля предварительно зачищенные кардной щеткой внутреннюю поверхность трубки-муфты и развальцованные уча­сткиконцов кабеля смазывают клеем БФ или кварцево-вазелиновой пастой (смесь вазелина с мелким песком). Затем трубку-муфту надвигают на сросток и гидравлическим прессом опрессовывают концы муфты при помощи специальных матриц..

У кабелей с наружным полиэтиленовым шлангом на концы опрессованной муфты делают подмотку из полиэтиленовой ленты, надвигают полиэтиленовую муфту на сросток кабеля и стыки полиэтиленовой оболочки со шлангом кабеля обматывают тремя слоями полиэтиленовой ленты, поверх которой накладывают стеклоленту и участки стыка полиэтиленовой муфты со шлангом кабеля, нагревают пламенем паяльной лампы до потемнения стеклоленты. После остывания стеклоленту удаляют и на этом уста­новку муфты заканчивают.

Если кабель не имеет наружного полиэтиленового шланга, то для защиты алюминиевой оболочки кабеля и трубки-муфты покры­вают битумно-резиновой мастикой и обматывают полиэтиленовой лентой так же, как и при запайке на кабеле свинцовой муфты. Соединение концов алюминиевой оболочки методом холод­ной сварки отличается от метода холодного опрессования только несколько измененной конструкцией опорных втулок и матриц.

Если в дальнейшем предполагается соединение алюминиевой трубки-муфты с броней кабеля для заземления муфты, до опрессования, то под трубку-муфту с обеих ее концов закладывают луженые медные пластины 0,3X10 мм длиной 100 мм.

Соединение концов кабелей с алюминиевой оболочкой мето­дом взрыва отличается от метода холодного опрессования в основном тем, что вместо пресса используются заряды взрывча­того вещества, устанавливаемые на концы алюминиевой трубки-муфты. При их взрыве взрывная волна плотно соединяет трубку-муфту. с развальцованными концами алюминиевой оболочки кабеля.

Кроме описанных методов соединения концов кабелей с алюми­ниевой оболочкой, получил распространение метод склеива­ния с применением клея ВК-9. При этом методе используются две, входящие одна в другую, алюминиевые полумуфты с горло­винами, соответствующими наружному диаметру алюминиевой оболочки кабелей.

После разделки концов кабелей одну полумуфту надвигают на один конец кабеля, а другую - на оболочку другого его конца. Когда сращивание жил кабеля закончено, полумуфты сдвигают на сросток, предварительно наложив слой клея ВК-9 на поверх­ность полумуфты меньшего диаметра, входящей в другую полу­муфту и на концы кабельной оболочки в месте расположения гор­ловин полумуфт. При этом в случае необходимости для плотной подгонки полумуфт друг к другу и горловин к оболочке в месте их стыков подматывают пропитанный клеем бинт из марли.

Затем на смонтированную муфту и выходящие из нее концы кабельной оболочки на длине 30-40 мм наносят слой клея ВК-9и обматывают их марлевым бинтом. Всего таким образом наматывают 5-6 слоев бинта с промазкой клеем. После этого на смонти­рованную муфту временно устанавливают железный кожух и нагревают его пламенем паяльной лампы с таким расчетом, чтобы температура внутри кожуха не превышала 60-80° С. Прогрев продолжают в течение 1 ч, что достаточно для отвердевания клея. Затем кожух снимают и, как и при других методах соедине­ния концов кабелей, восстанавливают наружные покровы кабеля.

**Установка и заливка чугунных предохранительных муфт**

Для защиты от повреждения свинцовых муфт, устанавливаемых на бронированных подземных кабелях, их заключают в чугунные предохранительные муфты.

Перед укладкой смонтированной свинцовой муфты в чугунную последнюю, отвернув все болты, разбирают, очищают от пыли и грязи все ее детали и просушивают пламенем паяльной лампы. Затем производят электрическое соединение брони и металли­ческих оболочек обоих концов кабелей между собой. Для этого оставленные ранее концы проволок скручивают друг с другом и припаивают к свинцовой муфте в ее середине. Остав­шийся конец провода обычно выводят через горловину чугунной муфты к заземлению, если таковое предусмотрено, или для соеди­нения с таким же проводом от муфты соседнего кабеля (при двухкабельной системе).

После этих подготовительных работ нижнюю половинучугунной муфты кладут на дно котлована и в нее укла­дывают смонтированную свинцовую муфту, предварительно плотно обернув кабель в местах зажима его фланцами лентой из про­смоленной кабельной бумаги для более надежного закрепления кабеля при сборке чугунной муфты. В пазы на бортах нижней половины чугунной муфты закладывают жгуты из кабельной пряжи для того, чтобы воспрепятствовать вытеканию кабельной массы при заливке муфты. После этого на нижнюю половину чугунной муфты накладывают ее верхнюю половини фланцы*,* а затем скреп­ляют все детали муфты болтами так, чтобы кабель прочно держался в муфте. После сборки чугунную муфту заливают битумной ка­бельной массой марки МБ-90, нагретой до температуры 130- 140° С. Перед заливкой муфту прогревают пламенем паяльной лампы, чтобы кабельная масса при заливке медленнее охлаждалась и проникала во всю полость муфты.

Заливку кабельной массы производят через отверстиев верх­ней половине чугунной муфты равномерными порциями через каждые 5-10 мин по мере осадки остывающей в муфте массы. После заливки отверстие закрывают крышкой и плотно закрепляют болтами. Все болтовые соединения муфты обливают кабельной массой, что снижает интенсивность коррозии и облегчает в даль­нейшем вскрытие муфты при повреждении кабеля.

**МЕХАНИЗАЦИЯ КАБЕЛЬНЫХ РАБОТ**

**Инструменты и механизмы, применяемые при строительстве и**

**ремонте кабельных линий**

При строительстве кабельных линий связи, как правило, все тяжелые и трудоемкие работы максимально механизируют. Ручной труд применяется в тех случаях, когда механизация работ невоз­можна или нецелесообразна.

При определении количества и наименования механизмов, необходимых для производства работ, стремятся к комплексной механизации работ, учитывая экономически целесообразное использование всех машин с максимально возможной производи­тельностью. Эксплуатация при строительстве и ремонте кабель­ной линии связи машин, механизмов и приспособлений дает боль­шую эффективность в поднятии производительности и облегчения условий труда рабочих.

При строительстве, эксплуатационно-техническом обслужива­нии кабельного хозяйства и ремонтно-восстановительных работах на кабельных линиях применяют разнообразные инструменты и механизмы.

При прокладке просек в мелком лесу и кустарнике применяется кусторез, предназначенный для обрезки сучьев и расчистки пло­щадей, покрытых кустарником, мелколесьем.

Для разработки траншей и котлованов в скальных и мерзлых грунтах, а также для вскрытия уличных покровов и пробивки проемов и отверстий в стенах используются пневматические ин­струменты. В качестве источников сжатого воздуха получили распространение передвижные воздушно-компрессорные станции ЗИФ-55 и ЗИФ-ВКС-6 (прицепные на пневмоколесном ходу). В процессе монтажа кабеля для накачки его воздухом применяются компрессорные установки КИ-79, КМ-77 и КМ-135.

При разработке траншей в тяжелых грунтах, а также для вскрытия асфальта и булыжных мостовых пользуются пневмоотбойным молотком ОМСП-5 и бетоноломом И-37А. Для пробивки отверстий в стенах применяют строительные пистолеты. Рубку металла, чеканку швов в металлоконструкциях, зачистку сварных швов и другие работы на строительстве устройств связи выполняют с помощью пневматических рубильных молотков.

Для забивки в грунт электродов заземления используют вибромолоты ВМ-2 и ВМ-3.. Сверление отверстий в различного рода конструкциях осуществляют электросверлилками различных типов, основные из которых Э-1004, С-451 и С-478. Для водоот­лива используются насосы ГНОМ-ЮА, ВНМ-18, а также пере­движные и переносные мотопомпы.

Кабельные барабаны к месту прокладки кабелей перевозят на автомобилях, трейлерах, тракторах с прицепами, обладающих высокой проходимостью, железнодорожных платформах или на кабельных тележках и кабельных транспортерах. Последние содержат две ручные лебедки для накатки барабанов и автомати­ческий привод для вращения кабельного барабана, используемого при раскатке кабеля. Для разгрузки и погрузки барабанов с ка­белем, пустых барабанов используются самоходные краны, авто­мобильные и тракторные марок ЛАЗ-690А, К-61, АК-75, К-Ю4.

Для протягивания кабеля в канализации применяются ручные и механические лебедки. Лебедки ручные выпускаются типов Т-68А, Л-0,125, Л-0,32, Л-0,5; электрические - типов ЭЛФ-0,5, ЭЛ-1,5, Л-3, УЛ-3. Скорость протягивания кабеля от 3,6 до 10 м/мин.

Если лебедка устанавливается на автомобиле, то приводится она в движение двигателем автомашины. Кроме лебедки, на авто­мобиле монтируют агрегаты для вентилирования колодцев, на­качки кабеля воздухом и откачки воды из колодцев, а также элек­трогенератор для освещения места работ и питания электроин­струментов.

Для планировки трассы, расчистки ее от мелких насаждений, засыпки траншей и котлованов рекомендуется применять буль­дозеры марок Д-535, Д-492 и Д-493. Для корчевания пней диаме­тром до 0,45 м, валки деревьев, очистки трассы от крупных камней и транспортировки их на небольшие расстояния используется корчеватель Д-496 на тракторе Т-100.

**Механизация работ по рытью траншей и на бестраншейных проходках**

При строительстве кабельных линий связи, для рытья траншей получили распространение роторные многоковшовые экскаваторы ЭР-6, ЭТР-131 и ЭТР-132. Экскаваторы этих марок работают в комплекте машин, которые отрывают траншеи и одно­временно прокладывают в них кабели. В практике строительства кабельных магистралей находят также применение траншейные скребковые экскаваторы ЭТН-124 и ЭТЦ-161. Для рытья котлова­нов, траншей и выполнения других работ по рытью, перевалке и отсыпке грунта используются одноковшовые экскаваторы Э-153, Э-302, Э-304. Если траншеи роют экскаваторами, то засыпку после укладки кабеля производят бульдозерами Д-492 или траншеезасыпщиками ТЗ-2.

Для рытья траншей при прокладке кабелей в междупутьях на станциях и перегонах используют самоходную машину, пере­двигающуюся по рельсам и состоящую из многоковшового ротор­ного цепного бара, установленного на выдвижной раме. Такая конструкция машины позволяет рыть траншеи на расстоянии 1,85-2,85 м от оси пути. Ширина отрываемой траншеи 0,3 м, а глубина, считая от головки рельса, до 1,6 м.

Для устройства контуров заземлений предназначена машина МСКЗ-2, сконструированная на базе экскаватора типа ЭТЦ-161 с использованием вибромолота ВМ-3. Для пропорки грунта, а также для прокладки проводов или тросов грозозащиты при­меняется двухколесный прицепной агрегат ПГЗ-2, оборудо­ванный как пропорочным, так и проводо- или тросоукладочным ножами.

Кабельные переходы под железными и шоссейными дорогами, а также под другими препятствиями, как правило, осуществляются бестраншейной проходкой. Подземные каналы для кабельных переходов создаются двумя способами: продавливанием (проко­лом) грунта и горизонтальным бурением.

Бестраншейная проходка методом прокола осуществляется гидравлическими установками БГ-1 и БГ-3, а также пневмопробойником П-4601

Для бестраншейных прокладок методом прокола (продавливания) применяется также специально оборудованная машина КМ-143М на базе автомобиля ГАЗ-63. Машина КМ-143М оснащена двумя насосами для подачи масла в гидропресс гидробуром, гидрокраном, насосом для откачки воды из котлована и лебедкой для самовытаскивания машины и протяжки кабеля в канализации. Все перечисленное оборудование приводится в действие от двигателя автомобиля через коробку отбора мощности и трансмиссию, предусматривающую независимое" включение каждого агрегата из кабины водителя. Кроме того, машина оснащена комплектом штанг, расширителей, опорных плит для гидробура, вспомога­тельного инструмента, инвентаря и приспособлений. Бестраншейная проходка методом прокола может также осу­ществляться пневмопробойником П-4601, приводимым в действие воздушным давлением от передвижной компрессорной станции. Этим механизмом можно осуществлять подземные проходки с каналами диаметром от 150 до 250 мм на длине до 50 м. Для осуществления бестраншейных подземных проходок с диаметром скважин 210 мм в песчаных грунтах применяется шнековая машина ДМ-1. В этом случае грунт разрабатывается вращаемой буровой головкой со шнеками. Шнеки удаляют разработанный грунт через обсадные трубы.

**Комплексная механизация работ при укладке кабелей**

Для прокладки кабеля способом расклинивания грунта приме­няются прицепные ножевые кабелеукладчики. Они выпускаются на колесном ходу (КУ-150, КУ-К-3, КУ-120), на гусеничном ходу (КУ-Г-1, КУ-Г-3) и болотоходные (КУ-Б-2, КУ-Б-3). Основным рабочим органом кабелеукладчика являются кабелеукладочные ножи. Сзади ножа укрепляется полая кассета с направляющими лотками, через которые проходят прокладываемые кабели.

На рис. 21 показан кабелеукладочный агрегат КУ-150., кото­рый состоит из кабелеукладчика КУ-150*,* трех ка­бельных транспортеров КУ-22 и трактора Т-ЮОМБГП с лебедкой. Кабелеукладочный агрегат предназначен для про­кладки одной и двух ниток кабеля в грунте до IV категории вклю­чительно с возможностью преодоления водных преград и болот. Кабелеукладчик выполнен на раме с обтекаемым днищем с балансирной подвеской, сцепляется он с кабельными тележками-транспортерами при помощи троса от тракторной лебедки. Входя­щий в состав агрегата трактор, кроме тяги кабелеукладчика с те­лежками-транспортерами, обеспечивает подтягивание при помощи своей лебедки кабельного транспортера для сцепки с кабелеукладчиком, а также подачи жидкости в гидроцилиндры кабеле­укладчика для подъема и заглубления ножа.

Принцип работы кабелеукладчика заключается в следующем. На передней части рамы кабелеукладчика укреплен вспомога­тельный нож, который при его поступательном движении раз­рыхляет верхний слой почвы на глубину 0,5 м и устраняет мелкие препятствия (оставшиеся корни деревьев, камни и т. п.). За вспо­могательным ножом на раме закреплен основной нож*,* который при движении образует в грунте узкую щель глубиной до 1,3 м.

К основному ножу при помощи шарниров прикреплена кассета *3,* через которую пропущены кабели сустановленных накабельном транспортере барабанов*.* Агрегат предназначен для работы с кабельными транспортерами цикличным методом, исключающим необходимость перегрузки барабанов на трассе.

При прокладке кабеля кабелеукладчиком в месте начала ук­ладки отрывают котлован и устанавливают над котлованом кабелеукладчик, нож которого опускают в котлован и заправляют кассету кабелем так, чтобы его конец выходил из кассеты, конец кабеля закрепляют в котловане. Вспомогательный нож также приводят в рабочее положение. Передвигается кабелеукладчик с помощью трактора. Во время движения сматываемый с барабана кабель проходит через кассету и укладывается на дно образуемой в грунте щели. После того как с барабанов одного транспортера кабель размотан, его конец складывают с кабелем следующего барабана другого транспортера, плотно обматывают их просмо­ленной лентой и, пропустив через кассету, продолжают прокладку кабеля. Скорость прокладки кабеля кабелепрокладочным агрега­том КУ-150 2,2 км/ч.

Для засыпки щели и образования валика над ней после про­кладки кабеля применяются прицепные засыпщики типа ТЗ-2, буксируемые автомобилем. Ширина образуемого валика до 1000 мм, высота до 500 мм.

Для прокладки всех типов кабелей связи по любому рельефу местности, болотам, лесным просекам, по дну рек, по уклонам до 45° предназначен кабелеукладчик КУ-К-3. Корпус кабелеукладчика понтонного типа на пневмоколесном ходу с балансирной подвеской. Загружается кабелеукладчик четырьмя бараба­нами с кабелем.

Прокладка в грунт малогабаритных кабелей всех типов по сложному рельефу местности, болотам, лесам и по дну рек осуще­ствляется кабелеукладчиком КУ-120, который также имеет кор­пус понтонного типа на пневматическом ходу. Два барабана ка­беля грузятся непосредственно на кабелеукладчик с грунта или с автомобиля при помощи лебедок, установленных на кабелеукладчике.

Кабелеукладочный агрегат ножевого типа на активном гусе­ничном ходу КУА (КУ-Г-1) отличается тем, что он обладает воз­можностью не только пассивного движения на тяге сцепа тракто­ров, но и одновременного активного движения. Своим ходом гусениц, приводимых в движение от ведущего трактора посредст­вом специальной трансмиссии.

На заболоченных участках трасс, где сцеп тяговых тракторов не обеспечивает тягу болотоходного кабелеукладчика (КУ-Б-2, КУ-Б-3) или при пересечении небольших водных преград, когда кабель прокладывается в дно реки непосредственно ножевым кабелеукладчиком, последний перемещается при помощи троса тяговой лебедки Т-140-ЛТ, установленной на тракторе.

**Почвенная, или электрохимическая, коррозия**

Почвенная, или электрохимическая, коррозия металлических покровов (оболочки и брони) кабелей происходит в результате воздействия на них находящихся в почве органических и неорга­нических кислот, щелочей и солей.

Электрохимические процессы, обусловливающие явление поч­венной коррозии, аналогичны процессам, происходящим в обычном гальваническом элементе. Как известно, при замыкании внешней цепи гальванического элемента ток в ней потечет от положитель­ного угольного электрода к отрицательному цинковому. Внутри элемента ток через электролит будет протекать от цинкового элек­трода к угольному и цинковый электрод будет разрушаться (кор­родировать).

Присутствующие в почве кислоты, щелочи и соли, растворен­ные в почвенной влаге, являются электролитом. При соприкосно­вении с электролитом металла (оболочки или брони кабеля) на его поверхности образуется множество микроскопически малых галь­ванических элементов. Электродами в этих элементах являются разнородные по структуре зерна металла или металл и находя­щиеся в нем примеси. Протекающие в этих гальванических эле­ментах токи и вызывают коррозию металла, аналогичную корро­зии цинка в обычном гальваническом элементе. Такие гальваниче­ские элементы могут образоваться в результате контакта в элек­трической среде двух разнородных металлов, например свинцо­вой оболочки и брони кабеля.

Причиной почвенной коррозии может также явиться неодно­родный состав почвы вдоль оболочки кабеля или различная по длине кабеля концентрация агрессивных веществ. В этом случае вдоль оболочки кабеля также создается некоторая разность по­тенциалов, вызывающая ток в оболочке и ее разрушение в месте выхода тока в почву.

Для свинцовой оболочки кабелей наиболее опасным является присутствие в почве уксусной кислоты, извести, нитратов (азотно­кислых солей) и перегноя от органических веществ. Грунт с боль­шим содержанием известняка (мергельный), а также насыпные грунты с содержанием в них каменноугольной смолы и доменных шлаков, представляющих собой сильные щелочи, также вредно действуют на свинцовую оболочку кабелей. Для стальной брони кабелей наиболее опасными являются хлористые, серные и серно­кислые соединения, находящиеся в почве. Для алюминиевой обо­лочки кабелей коррозионно опасной считается влажная почва любого состава.

Электрическая коррозия металлических покровов кабеля, воз­никающая под воздействием блуждающих в земле токов, по сравнению с почвенной является более опасным видом корро­зии. Рассмотрим причины возникновения в земле блуждающих токов.

Как известно, питание электровозов и электросекций на ряде наших электрифицированных железных дорог, а также питание электродвигателей трамвая осуществляется постоянным током, подаваемым от тяговых подстанций по контактной сети; обратным про­водом, по которому ток воз­вращается на тяговую под­станцию, являются рельсы. Вследствие того что рельсы . представляют для тока из­вестное сопротивление, боль­шая часть возвращающегося на подстанцию тока ответвляется в землю и протекает по земле; протекающий по земле ток и принято называть блужда­ющим.

Если параллельно рельсам проложен подземный кабель, то блуждающий ток будет стремиться пройти по металлической обо­лочке и броне кабеля. При принятой полярности ток у места нахождения электровоза будет входить в оболочку и броню кабеля, а в районе тяговой подстанции выходить из них. Те участки кабеля, на которых блуждающие в земле токи входят в оболочку и броню кабеля, принято называть катодными зонами, так как оболочка и броня кабеля на этих участках имеют отрица­тельный потенциал по отношению к окружающей их среде. Участки кабеля, на которых блуждающие токи выходят из оболочки и брони кабеля в землю, называют анодными зонами, так как на этих участках оболочка и броня имеют положительный потен­циал по отношению к земле. В месте выхода тока из оболочки и брони, т. е. в анодной зоне, будет происходить электролиз ме­талла оболочки и стальной брони, вызывающих их коррозию.

Насколько большой вред могут причинить защитным покровам кабеля блуждающие токи, можно видеть из того, что постоянный ток 1 А, выходящий из оболочки и брони кабеля в землю, может разрушить в течение года около 35 кг свинца, 9 кг стали или 3 кг . алюминия. При этом следует учесть, что блуждающие токи, про­текающие по оболочке кабеля, в особо неблагоприятных случаях могут достигать десятков ампер. Проложенный в земле кабель со свинцовой оболочкой в том случае считается защищенным от коррозии, если во всех точках потенциал оболочки кабеля по отношению к земле является отри­цательным. Коррозия алюминиевых оболочек кабелей, вызывае­мая постоянным блуждающим током, может происходить как на анодных, так и на катодных участках. Блуждающие токи на участках железных дорог, электрифи­цированных по системе однофазного переменного тока, также протекают по оболочке и броне, проложенных вблизи кабелей. Однако эти токи имеют переменный по знаку потенциал (по отно­шению к земле), изменяющийся с периодичностью 100 раз в секунду, и вследствие этого практически не оказывают коррозион­ного воздействия на свинцовую оболочку и стальную броню кабе­лей. Исследования показали, что алюминиевые оболочки кабелей могут коррозировать под воздействием блуждающих переменных токов. Однако в конструкции кабелей с алюминиевой оболочкой предусмотрена ее защита в виде пластмассового шланга или не­скольких слоев поливинилхлоридной ленты. Эти покрытия надеж­но защищают алюминиевую оболочку от почвенной коррозии и коррозии блуждающими постоянными или переменными токами. Однако эффективность покрытия имеет место только в том случае, если в стыках строительных длин проложенного кабеля надежно изолированы от земли его концы и соединительная или разветвительная муфта.

**Межкристаллитная коррозия**

Межкристаллитная коррозиясвинцовых оболочек кабеля воз­никает вследствие его длительной вибрации, вызываемой дви­жущимся транспортом, если кабель проложен на железнодорож­ных или автодорожных мостах или вблизи от железнодорожных или трамвайных путей, и при длительной транспортировке ка­беля, если барабаны с кабелем недостаточно амортизированы. Возникающие при вибрации кабеля знакопеременные нагрузки в оболочке приводят к усталости материала оболочки и ее растре­скиванию, происходящему преимущественно по границам кристал­литов (зерен) свинца. В появившихся мелких трещинах происхо­дит образование окиси свинца, что ускоряет процесс коррозии. Алюминиевые оболочки кабелей практически не подвержены межкристаллитной коррозии.

**Мероприятия по защите кабелей от коррозии**

Защитакабелей от почвенной коррозии. Чтобы предохранить кабель от почвенной коррозии, трассу кабелей следует выбирать так, чтобы она не проходила в грунтах с большим содержанием извести, в болотистых и топких местах. Необходимо обходить места скопления кислот и участки с насыпными грунтами, содержащими каменноугольные смолы и шлаки, места свалок мусора и промыш­ленных отходов, а также районы стока загрязненных промышлен­ных вод. В тех случаях, когда не представляется возможным избежать прокладки кабеля в таких грунтах, для защиты металличе­ских оболочек кабелей применяют кабели с пластмассовыми изолирующими покрытиями оболочки. Хорошую защиту от почвен­ной коррозии дает прокладка кабелей на участках с агрессивными грунтами в асбестоцементных трубах. Для защиты кабелей от почвенной коррозии используют также электрические методы защиты (катодные установки, протекторы), описание которых дано ниже.

**Защита кабелей от коррозии блуждающими токами**

Одним из основных мероприятий по защите кабелей от коррозии блуждающими токами на электрических железных дорогах постоянного тока является ограничение величины токов утечки из рельсовых нитей в землю. Для этого повышают электропроводимость рельсовых нитей и переходное сопротивление между рельсами и землей. Повышение электропроводимости рельсовых нитей достигается установкой в месте стыков отдельных звеньев рельсов приварных рельсовых соединителей, которые делают из скрученных в жгут медных проволок общим сечением не менее 70 мм2. При этом со­противление стыка не должно превышать сопротивления 3 м сплошного рельса. Увеличение переходного сопротивления между рельсами и зем­лей достигается применением шпал, пропитанных креозотом или другими не проводящими тока масляными антисептиками, при­менением щебеночного или гравийного балласта и отводом воды с поверхности пути.

Сопротивление изоляции рельсовых нитей, уложенных на же­лезобетонных шпалах, должно быть не ниже, чем при применении деревянных шпал. Для этой цели между подошвой рельса и желе­зобетонной шпалой устанавливают резиновые прокладки, а болты, крепящие рельс к шпале, изолируют от тела шпалы изоляцион­ными втулками и шайбами. На станциях и перегонах между подошвой рельса и балластом должен быть зазор не менее 30 мм. Правилами техники безопасности предусмотрено электриче­ское соединение металлических и железобетонных опор контактной сети с ходовыми рельсами. Если сопротивление заземления этих опор меньше 20 Ом, то для уменьшения утечки токов из рельсов в землю опоры на перегонах и станциях присоединяют к рельсам не непосредственно, а через искровые промежутки (искровые раз­рядники). Кроме того, рельсовые нити изолируют от ферм мостов и железобетонной арматуры.

Другим мероприятием по защите кабелей от коррозии блуждающими токами является повышение переходного сопротивления между кабелем и окружающим его грунтом, а также между ка­белем и рельсами электрической железной дороги или трамвая. Для этого кабели стараются по возможности прокладывать вдали от рельсов. В местах пересечения кабелей с рельсами устраивают кабельную канализацию из асбестоцементных труб. Наряду с при­менением дополнительных изолирующих покрытий аналогично защите от почвенной коррозии осуществляют прокладку кабелей в деревянных или железобетонных желобах.

При прокладке кабелей по металлическим или железобетонным мостам эти кабели тщательно изолируют, не допуская электриче­ского соединения металлических оболочек кабеля или стальных труб, в которых он проложен, с металлическими деталями мостов. Повышение переходного сопротивления между кабелем и рель­сами достигается также выполнением рекомендаций по прокладке и монтажу кабелей. К их числу относятся рекомендации об изоля­ции кабеля от корпусов релейных шкафов, изоляция от муфты светофорного станка и металлического основания светофорной мачты и т. п.

Электрические методы защиты. Наряду с перечисленными методами защиты широко применяются электрические методы защиты кабелей от коррозии блуждающими токами. К электрическим методам защиты относятся электрический дренаж, катодная защита, анодные электроды и электрическое секционирование. Электрический дренаж представляет собой устройство для отвода блуждающих токов со свинцовой оболочки и брони проложенного в земле кабеля в ту электрическую систему, которая создает эти токи.

Присоединение электрического дренажа к кабелю производится в точке, где потенциал кабеля выше потенциала той части сети, куда отводятся блуждающие токи, т. е. в анодной зоне. Если такое состояние потенциалов остается постоянным, то применяется так называемый простой электрический дренаж. Простой дренаж представляет собой изолированный от земли провод, соединяющий оболочку и броню защищаемого кабеля с тяговым рельсом или другой частью обратной сети. Так как при наличии дренажа ток из оболочки и брони кабеля отводится через дренажный провод, то электролиз (коррозия) в месте выхода тока из оболочки кабеля отсутствует. Резистор *R* в цепь дренажа включается для ограничения тока в этой цепи. Для этой же цели служит плавкий предохранитель *П*р. Включенное параллельно предохранителю реле *Р* при перегорании предохранителя замыкает свои контакты и по сигнальной цепи передается сигнал о выключении дренажной установки. Подключив к зажимам амперметр и выключив рубильник, можно измерить величину отводимого через дренаж тока.

Электрический дренаж весьма прост по конструкции, но обладает существенным недостатком, так как применим только в устойчивых анодных зонах. Если в месте подключения дренажа, имеющего двустороннюю проводимость, потенциал рельсов изменится и станет выше потенциала оболочки кабеля, то в дренаже появится обратный ток, т. е. ток из рельсов в оболочку кабеля. Протекающий по оболочке кабеля обратный ток будет уходить с оболочки кабеля в землю в другом месте, т. е. образовывать анодную зону там, где дренажа может не оказаться, и, следовательно, в этом месте будет наблюдаться коррозия оболочки кабеля. Поэтому более широкое распро­странение для защиты кабелей от коррозии получили так на­зываемые поляризован­ные дренажи, облада­ющие односторонней проводи­мостью. Известен целый ряд конструкций поляризованных дренажных установок с приме­нением в схеме поляризованных реле и вентилей.

Рассмотрим в качестве при­мера наиболее простую схему поляризованного дренажа с селеновым выпрямителем или герма­ниевым диодом, называемого вентильным дре­нажем. Ток из оболочки кабеля может свободно идти к рельсам, а в том случае, когда потенциал рельсов станет выше потенциала оболочки кабеля, тока в цепи дренажа практически не будет, так как включенный в цепь вентиль пред­ставляет для токов обратного напряжения большое сопроти­вление. Катодная защита применяется главным образом в ме­стах с явно выраженными анодными зонами на кабельных оболоч­ках. Принцип действия этой защиты заключается в том, что на участках, где наблюдается выход блуждающих токов из оболочки кабеля, к последней подключают отрицательный полюс какого-либо источника постоянного тока. Обычно постоянный ток полу­чают от выпрямителя (селенового или собранного на германиевых диодах), получающего питание от сети переменного тока.

Принципиальная схема катодной уста­новки состоит из выпрямителя *В,* получающего питание от сети переменного тока, напряжением 127/220 В через трансформа­тор *Тр.* Отрицательный полюс выпрямителя на стороне выпрямлен­ного напряжения подключают в анодной зоне к металлической оболочке и броне кабеля, а положительный полюс - к специаль­ному заземлителю (аноду), имеющему сопротивление растеканию порядка 1-5 Ом и устанавливаемому на расстоянии не менее 50 м от защищаемого кабеля. В приведенной схеме ток от положитель­ного полюса выпрямителя течет по изолированному от земли проводу к заземлителю и далее, растекаясь по земле, входит в обо­лочку кабеля и возвращается по другому проводу к отрицатель ному полюсу выпрямителя.

Использованная литература:

1. Марков М.В., Михайлов А.Ф. Линейные сооружения железнодорожной автоматики, телемеханики и связи М; 1980.
2. ПУЭ. М;2000
3. Мучкин А.Я., Парфёнов К.А. Общая электротехника М; 1965