



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики**

Андреев В. А., Бурдин В. А., Воронков А. А., Инякин В. В.

Аварийно-восстановительные работы на ВОЛП

Учебное пособие

Самара - 2017

В.А. Андреев, В.А. Бурдин, А.А. Воронков, В.В. Инякин

Аварийно-восстановительные работы на ВОЛП



Федеральное агентство связи

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования



ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ

САМАРСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЙ
ТРЕЙНИНГ ЦЕНТР

Андреев В. А., Бурдин В. А., Воронков А. А., Инякин В.В.

Аварийно-восстановительные работы на ВОЛП

Рекомендовано УМО по образованию в области связи в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению 210700 «Инфокоммуникационные технологии и системы», а также для слушателей учебных центров повышения квалификации и переподготовки специалистов предприятий связи.

САМАРА
2016

ББК
УДК 621.372.8

А в т о р ы: Андреев В.А., Бурдин В.А., Воронков А.А., Инякин В.В.

Р е ц е н з е н т: профессор Н.И. Горлов

Аварийно-восстановительные работы на ВОЛП
Учебное пособие для вузов/ В.А. Андреев, В.А. Бурдин,
А.А. Воронков, Инякин В.В.– Самара, СРТТЦ ПГУТИ, 2016.
– 55 с.: ил.

Представлена технология проведения аварийно-восстановительных работ на ВОЛП, даны сведения по объему и последовательности проведения работ, составу и комплектации аварийно-восстановительных бригад, методам проведения измерений при АВР на ВОЛП, особенностям монтажа оптических кабельных вставок.

Учебное пособие предназначено для слушателей Самарского регионального телекоммуникационного трейнинг центра ПГУТИ, а также для студентов, обучающихся по направлению 654400 «Телекоммуникации».

Учебное издание
Андреев Владимир Александрович, Бурдин Владимир
Александрович, Воронков Андрей Андреевич, Инякин В.В.

Учебное пособие

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебное пособие предназначено для специалистов в области телекоммуникаций, занимающихся вопросами организации и проведения аварийно-восстановительных работ (АВР) на линейно-кабельных сооружениях (ЛКС) волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП), слушателей курсов повышения квалификации телекоммуникационных предприятий, студентов и преподавателей вузов связи.

В учебном пособии рассмотрен круг вопросов, относящихся к методам организации и проведения АВР на ЛКС ВОЛП, отражены особенности аварийно-восстановительных и ремонтно-восстановительных работ на оптических линиях связи, даны сведения по объему и последовательности проведения АВР на ВОЛП, составу аварийно-восстановительных бригад (АВБ) и их комплектации. Даны алгоритмы взаимодействия обслуживающего персонала в аварийных ситуациях. Рассмотрены организация и методы выполнения аварийных измерений на ЛКС ВОЛП, меры по обеспечению безопасности при проведении АВР на ВОЛП. Особое внимание уделено методам монтажа оптических кабельных вставок (ОКВ).

Необходимо отметить, что в целом настоящее пособие базируется на разработанном ЦНИИС-РТК «Руководстве по проведению планово-профилактических и аварийно-восстановительных работ на ЛКС ВОЛП» и в нем приведена технология АВР только для подземных волоконно-оптических линий передачи. Вопросы восстановления подвесных оптических кабелей не затрагиваются.

В конце каждой главы учебного пособия даны контрольные вопросы, позволяющие оценивать уровень подготовки и осуществлять самоконтроль знаний.

Данное учебное пособие может быть полезно широкому кругу специалистов, занимающихся вопросами технической эксплуатации волоконно-оптических сетей связи.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АВБ - аварийно-восстановительная бригада
АВР - аварийно-восстановительные работы
ВОКВ - временная оптическая кабельная вставка
ВОКВО - ВОКВ одноэлементная
ВОКВМ - ВОКВ многоэлементная
ВОЛП - волоконно-оптическая линия передачи
КИП - контрольно-измерительный пункт
КУ – кабельный участок
ЛКС - линейно-кабельные сооружения
ЛТЦ - линейно-технический цех
ЛИОК - лаборатория (кабельная) измерений и монтажа оптического кабеля
МЗВ - муфта защитная временная
НРП - необслуживаемый регенерационный пункт
НТД – нормативная техническая документация
ОВ - оптическое волокно
ОК - оптический кабель
ОП - оконечный пункт
ОРП – оконечный регенерационный пункт
ПОКВ - постоянная оптическая кабельная вставка
РВБ - ремонтно-восстановительная бригада
СМ - соединитель механический
СОР - соединитель оптический разъемный
СОУ - служба оперативного управления
УПУ - узловой пункт управления
ЦЛКС - цех линейно-кабельных сооружений
ЦСП – цифровые системы передачи
ЦТЭ – центр технической эксплуатации
ЭКУ - элементарный кабельный участок
ЭТУС - эксплуатационное территориальное управление связи
САМ-ОК - система автоматического мониторинга волоконно-оптических кабелей

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ АВАРИЙНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ЛИНЕЙНО-КАБЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ВОЛП

1.1. Классификация состояний ЛКС ВОЛП

Согласно [1] различают следующие состояния ЛКС ВОЛП. Нормальное состояние ЛКС («Норма»). Состояние, при котором параметры передачи ОВ, сопротивление изоляции наружной полиэтиленовой оболочки (при наличии бронепокровов) находятся в пределах установленных допусков, отсутствует нарушение целостности бронепокровов по всей длине ОК.

Предупредительное состояние ЛКС («Предупреждение»). Состояние ЛКС, при котором параметры передачи ОВ находятся в пределах установленных допусков, а сопротивление изоляции наружной полиэтиленовой оболочки вышло за пределы установленных допусков. Либо нарушилась целостность внешних защитных металлических элементов ОК.

Поврежденное состояние ЛКС - («Повреждение»). Состояние, при котором параметры передачи ОВ (всех или их части) ОК вышли за пределы установленных допусков, но при этом не наступил перерыв в действии связи.

Аварийное состояние ЛКС («Авария»). Состояние, при котором параметры передачи всех ОВ вышли за установленные пределы, и наступил перерыв действия связей.

1.2. Классификация видов повреждений оптического кабеля

Виды повреждений ОК классифицируют как:

- одиночный обрыв ОК;
- обрыв ОК в нескольких местах;
- повреждение ОК с обрывом всех или части ОВ и с сохранением целостности защитных покровов;
- повышенное затухание ОВ;
- повреждение наружной полиэтиленовой оболочки ОК с сохранением работоспособности ОВ при сохранении целостности металлических бронепокровов;
- повреждение наружной полиэтиленовой оболочки ОК с сохранением работоспособности ОВ при нарушении целостности бронепокровов.

1.3. Классификация причин повреждений ОК

Основными причинами повреждений подземных ОК являются:

- механические повреждения ОК при выполнении строительно-монтажных работ сторонними организациями в пределах охранных зон кабельной линии, а также в результате актов вандализма (как правило, это локальные, визуально наблюдаемые повреждения);
 - механические повреждения ОК от перемещения грунтов (обвалы, пучения, оползни, селевые потоки и т.д.). Как правило, это в пределах одной-двух строительных длин оптического кабеля;
 - повреждения ОК за счет старения или попадания в сердечник кабеля влаги;
 - повреждения кабелей от грозовых воздействий (при наличии металлических элементов в конструкции оптического кабеля);
 - повреждения ОК от воздействия грызунов, пожаров и т.д.
- Перечисленные виды повреждений ОК требуют организации коротких (от 50 м) и протяженных (до 7 км) оптических кабельных вставок.

1.4 Способы восстановления ЛКС ВОЛП при аварийных повреждениях

Восстановление ЛКС ВОЛП при аварийных повреждениях ОК обеспечивается:

- организацией временной схемы восстановления линии передачи ВОЛП с последующим переходом на постоянную схему, в том числе с использованием схемы резервных обходов;
- организацией постоянной схемы восстановления линии передачи ВОЛП на участке повреждения.

Временная схема восстановления линии передачи ВОЛП организуется во всех случаях, когда по результатам обследования района или места повреждения ОК ожидаемое время организации постоянного варианта восстановления превышает установленный норматив. Постоянная схема восстановления линии передачи ВОЛП организуется:

- после реализации временной схемы;
- в случаях видимого, локального, одиночного повреждения ОК, когда норматив времени восстановления линии передачи ВОЛП может быть обеспечен без предварительной организации временной схемы восстановления ВОЛП.

1.5. Классификация оптических кабельных вставок

По назначению оптические кабельные вставки подразделяются на постоянные (ПОКВ) и временные (ВОКВ).

ПОКВ предназначены для организации постоянной схемы восстановления линии передачи ВОЛП. Для ПОКВ, как правило, используется ОК той же марки и емкости, что и поврежденный линейный кабель. Длина ПОКВ должна составлять не менее 50 м.

ВОКВ используются для организации временной схемы восстановления ВОЛП. В зависимости от вида повреждения оптического кабеля восстановление его по временной схеме осуществляется с помощью одно- или многоэлементных ВОКВ (классифицируемых по числу отрезков ОК, составляющих ВОКВ). Одноэлементная ВОКВ (ВОКВО) организуется в случае локального механического повреждения ОК, когда место повреждения можно определить визуальным путем, но монтаж постоянной вставки не может быть выполнен в нормативные сроки. Многоэлементная ВОКВ (ВОКВМ) организуется, когда:

- повреждение носит локальный и скрытый характер, т.е. его нельзя определить визуально, и время на определение места повреждения и устранение аварии превышает норму на восстановление ОК по постоянной схеме;

- повреждение ОК имеет значительную протяженность (от 200 м до 7 км) или имеется несколько повреждений одной или нескольких соседних строительных длин.

1.6. Выбор типа и протяженности оптической кабельной вставки

Проблема выбора типа и протяженности оптической кабельной вставки связана с явлением усталостного разрушения оптических волокон. На поверхности оболочки оптического волокна есть микротрещины, которые возникают уже на стадии его изготовления. Это условно представлено на рис.1. В процессе «жизни» волокна под действием внешних температурных, механических и прочих воздействий микротрещины растут. Причем скорость роста дефекта зависит от его размера. Известно соотношение

$$V = Const \cdot l_T^{n/2}$$

где V - скорость роста микротрещины;

l_T - глубина микротрещины;

n - коэффициент коррозии оптического волокна под нагрузкой.

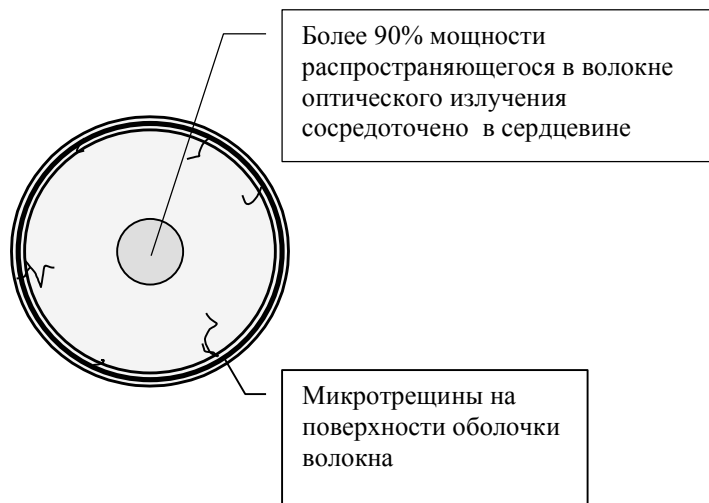


Рис.1

Типичные значения коэффициента коррозии оптического волокна лежат в пределах 15..80 [2]. Соответственно, увеличение глубины дефекта на 10% ведет к увеличению скорости его роста в 2..45 раз. То есть, имеет место лавинообразный процесс. Относительно небольшое увеличение глубины микротрещины за счет внешнего фактора может существенно сократить срок службы волокна. Очевидно, что наибольший рост дефектов при продольной механической нагрузке на кабель будет не в месте максимальной нагрузки, а там, где будет наихудшее сочетание размера зародыша дефекта и механического напряжения. Это процесс случайный.

Выявить подобные дефекты, а значит однозначно определить состояние ОК и необходимую длину вставки, можно с помощью оптического рефлектометра обратного Бриллюэновского рассеяния. Однако из-за высокой стоимости эти приборы не нашли пока широкого применения. Традиционные же методы, основанные на применении оптических рефлектометров обратного Релеевского рассеяния, измеряют изменения мощности распространяющегося по волокну оптического излучения, которое практически полностью сосредоточено в сердцевине. Как следствие, они не позволяют выявлять дефекты оболочки волокна. Имеет место неопределенность оценки состояния оптических волокон в целом и, соответственно, выбора необходимой длины вставки.

При выборе длины постоянной вставки следуют рекомендациям МСЭ и Т [3]. Согласно указанным рекомендациям все повреждения ОК разделяют на два вида: те, при которых имела место внешняя продольная механическая нагрузка на кабель, и те, при которых ее не было. В первом случае предпочтительной считается замена полностью строительных длин оптического кабеля. В принципе никаких ограничений на максимальную длину вставки не накладывается. Конкретно в каждом отдельном случае длина постоянной вставки определяется характером и условиями повреждения, условиями прокладки кабеля и условиями местности, а также рядом прочих внешних факторов. Очевидно, что муфты кабельной вставки будут монтироваться в колодцах при прокладке кабеля в канализации, не должны размещаться в низинах, затапливаемых местах при прокладке ка-

беля в грунте и т.п.. В случае повреждения кабеля вблизи муфты, длина кабельной вставки как правило увеличивается так, чтобы монтаж был выполнен в существующей муфте.

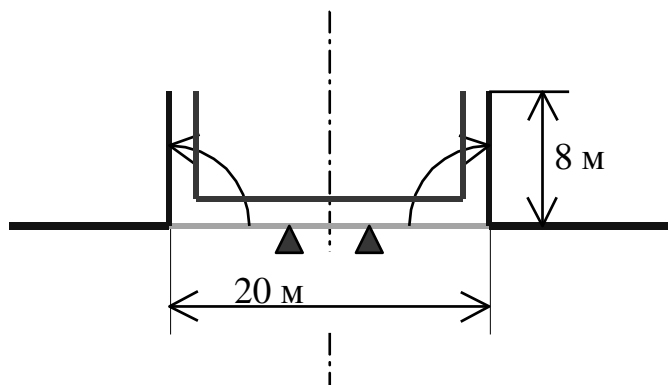


Рис. 1

Если повреждение носит локальный характер, и при этом к оптическому кабелю не были приложены продольные механические нагрузки, то минимальная длина постоянной кабельной вставки определяется условиями монтажа кабельной муфты.

По условиям монтажа, запас кабеля для ввода в специализированную передвижную лабораторию (ЛИОК) или палатку составляет 8..12 м [3..8]. При локальном повреждении кабеля для монтажа кабеля необходимо откопать в обе стороны от места повреждения не менее 10..12 м кабеля. Около 2 м кабеля с каждого конца в обе стороны от места повреждения следует отрубить в целях профилактики, а оставшиеся концы проложенного кабеля, примерно по 8 м длиной каждый, ввести в ЛИОК для монтажа муфт. Длина кабельной вставки при этом составит $(10+8) \times 2 = 36$ м (рис.1). Соответственно, с учетом запаса на укладку и профилактику, минимальная длина постоянной кабельной вставки составит 50 м.

Фактор усталостного разрушения необходимо учитывать и при выборе типа вставки, хотя в первую очередь его определяет время монтажа ПОКВ.

1.7. Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте состояния ЛКС ВОЛП в процессе технической эксплуатации линии.
2. Дайте классификацию видов повреждений ВОК.
3. Каковы основные причины повреждений ВОК?
4. Как обеспечивается восстановление ЛКС ВОЛП при аварийных повреждениях?
5. В каких случаях используют временную схему организации связи по ВОЛП?
6. В каких случаях используют постоянную схему организации связи по ВОЛП?
7. Дайте классификацию оптических кабельных вставок.

8. Назовите основные критерии выбора типа и протяженности оптической кабельной вставки.

9. В чем причина усталостного разрушения оптических волокон?

10. От каких факторов зависит скорость роста дефектов в оптическом волокне?

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ АВАРИЙНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

2.1. Организация работ по восстановлению работоспособности поврежденной кабельной линии

АВР являются составной частью технического обслуживания ЛКС ВОЛП, проводимого на ЭКУ в соответствии с положениями [1]. Это особый вид ремонтных работ на линиях передачи, основным требованием к которым является их немедленная организация в объемах, обеспечивающих восстановление передачи информации в кратчайшие сроки и их проведение вплоть до установления постоянного или временного варианта восстановления даже при неблагоприятных внешних условиях. В процессе АВР выполняется широкий спектр работ - измерительные, монтажно-кабельные, земляные, охранные (надзор) и т.п.

К общим требованиям, предъявляемым к организации АВР на линиях передачи, относятся:

- максимальное использование средств механизации и максимально возможное совмещение во времени разнородных работ и операций;
- одновременная (по возможности) доставка ремонтных бригад и средств механизации к месту производства работ;
- обеспечение быстрой концентрации технических средств и персонала в местах возникновения аварий линейных сооружений.

Аварии на ЛКС ВОЛП устраняются специально обученными бригадами с численностью, определяемой действующими нормативами производственного штата. Непосредственное руководство АВР осуществляет начальник ЦЛКС (ЛТЦ), а при больших объемах разрушений или стихийных бедствиях - главный инженер эксплуатационного предприятия. При необходимости оказания помощи при проведении восстановительных работ на место аварии службой оперативного управления (СОУ) или руководством эксплуатационного предприятия направляются специалисты по ЛКС ВОЛП ближайшего отделения эксплуатационного предприятия (данного или соседнего).

При устранении аварий должны использоваться специально оборудованные мобильные лаборатории (ЛИОК), укомплектованные необходимым инвентарем, инструментом, измерительными приборами, оптическими кабельными вставками и средствами механизации (Приложение №2).

Для выполнения аварийно-восстановительных работ на ЛКС ВОЛП на эксплуатационном предприятии должен создаваться соответствующий запас ОК, оптических муфт, ВОКВ и т.д. Величина эксплуатационного за-

паса по каждой ВОЛП определяется проектом на линию и распределяется между эксплуатационными предприятиями пропорционально объему соответствующего оборудования.

Эксплуатационный запас строительных длин ОК должен комплектоваться с учетом реальных строительных длин ОК на участке обслуживания с целью обеспечения возможности полноценной замены любой из поврежденных строительных длин ОК. Хранение эксплуатационного запаса производится в соответствии с НТД на каждый вид изделий.

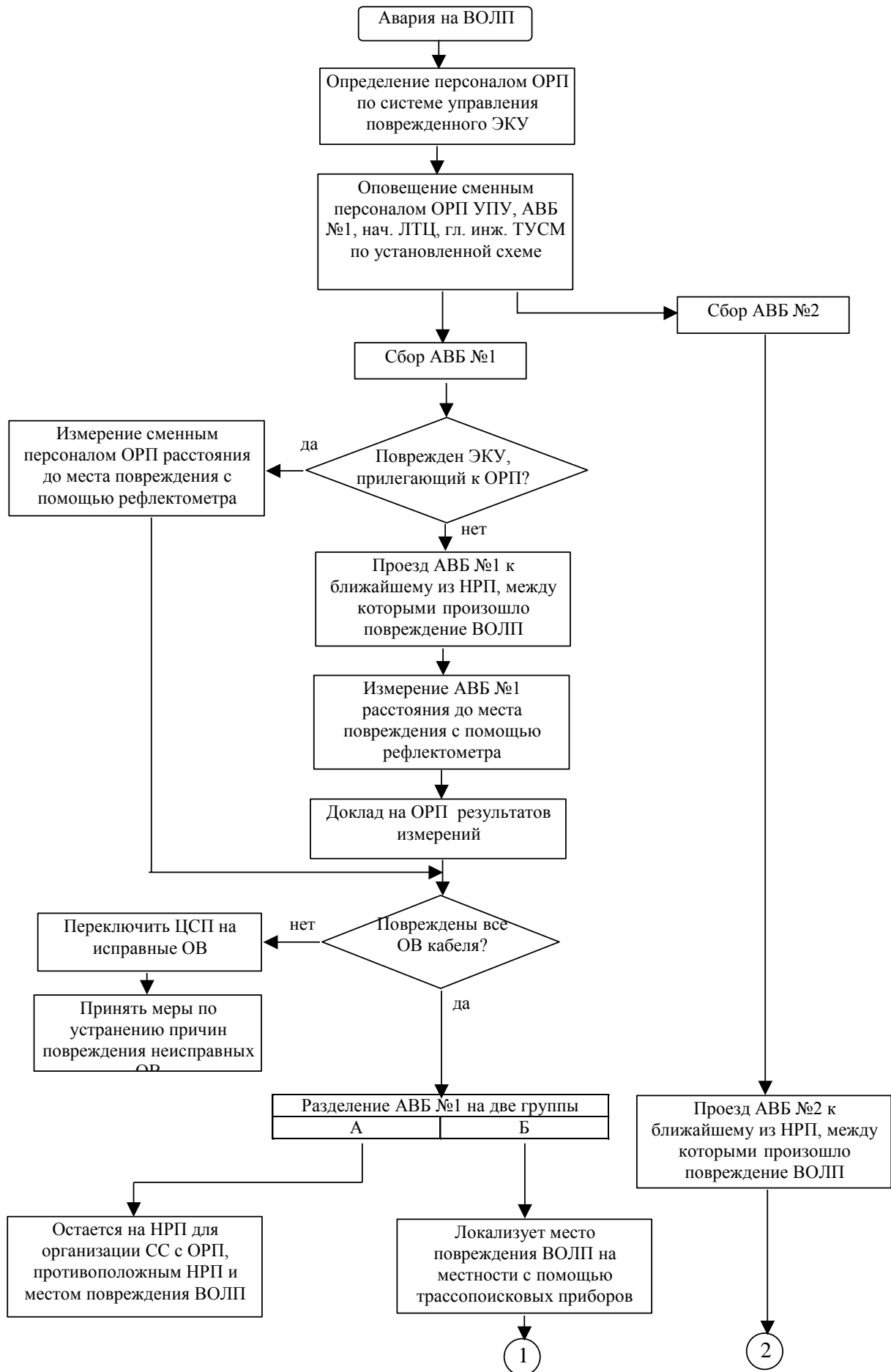
Работы по восстановлению сопротивления изоляции ОК и целостности броневых покровов проводятся силами ЛТЦ с привлечением специалистов АБЭ эксплуатационного предприятия. Работы по восстановлению линий передачи ВОЛП проводятся ЛТЦ совместно с АБЭ эксплуатационного предприятия (при необходимости).

2.2. Алгоритм выполнения АВР

Последовательность и расчетные сроки различных операций и этапов восстановительных работ регламентируются технологической картой, которая разрабатывается в соответствии с алгоритмом устранения аварий и нормативов на виды работ для каждой ВОЛП с учетом типа ОК, условий прохождения трассы и времени года, и утверждается руководством эксплуатационного предприятия. При разработке и утверждении технологических карт необходимо исходить из того, что время на восстановление линии передачи ВОЛП должно быть минимальным и не превышать 10 часов.

Восстановление линий передачи ВОЛП в чрезвычайных ситуациях производится в соответствии с утвержденными нормативными документами [16]. При длительном проведении АВР необходимо организовать сменную работу членов бригад с обеспечением питания и отдыха работников соответствующих смен. Технологическая карта на АВР состоит из разделов, регламентирующих область применения, организацию и технологию работ, технико-экономические показатели (время восстановления связи, время окончательного устранения аварии и трудоемкость устранения аварии), и оговаривает применение материально-технических ресурсов. Структура типовой технологической карты приведена на рис.2.

При устранении аварий могут быть использованы технологии, основанные на централизованном, децентрализованном и комбинированном методах обслуживания ВОЛП.



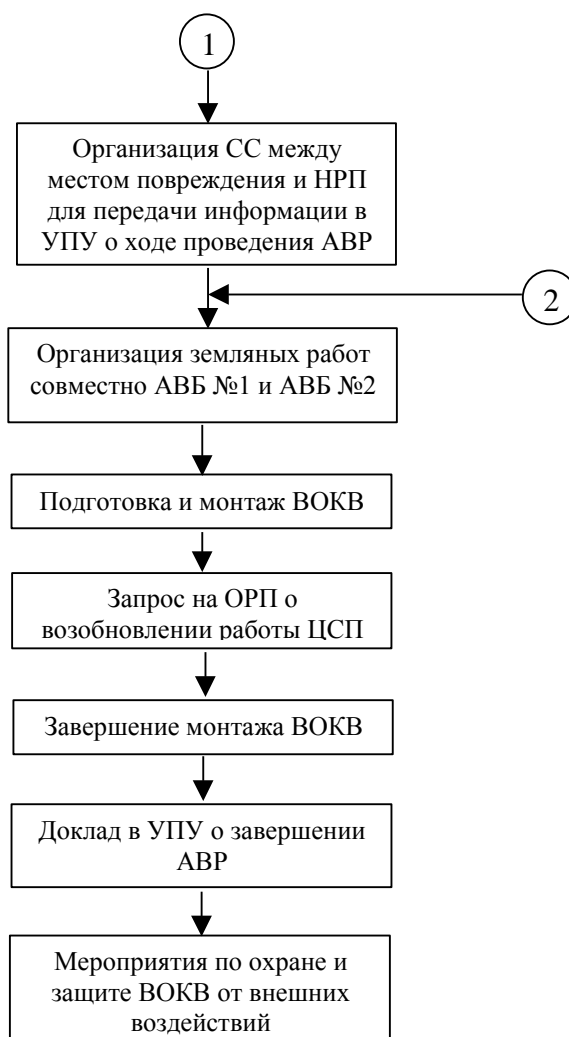


Рис. 2 Структура типовой технологической карты по АВР.

2.3. Технология АВР при децентрализованном методе обслуживания

При децентрализованном методе обслуживания аварии на ЛКС ВОЛП устраняются бригадами кабельных участков эксплуатационного предприятия. Как правило, организация временной связи с использованием ВОКВ выполняется силами того ЛТЦ, в зоне обслуживания которого произошла авария. В помощь бригаде одновременно направляется бригада ближайшего соседнего ЛТЦ независимо от границ эксплуатационного предприятия, а также АББ эксплуатационного предприятия.

Непосредственное руководство работами при авариях осуществляет начальник ЛТЦ. При задержке устранения аварии сверх установленного срока, а также при больших объемах разрушения или стихийных бедствиях на место аварии выезжает начальник или главный инженер эксплуатационного предприятия, а также представители эксплуатационного предприятия.

Порядок проведения АВР следующий. ЭКУ, на котором имеет место повреждение, определяется дежурным техперсоналом ОРП на основании

данных системы управления ВОЛП. О результатах определения поврежденного ЭКУ технический персонал ОРП по установленной схеме оповещения ставит в известность УПУ, оповещает АВБ №1, сообщает начальнику АВБ ЛТЦ, начальнику или главному инженеру эксплуатационного предприятия, записывает в журнал сведения о начале аварии, когда и кому сообщено об этом. Если повреждение произошло на ЭКУ, прилегающем к ОРП, то измерение расстояния до места повреждения проводит дежурный техперсонал ОРП. Получив сведения от дежурного персонала о поврежденном ЭКУ, АВБ №1 (Приложение № 3) немедленно выезжает к ближайшему из НРП, между которыми произошло повреждение, и с помощью оптического рефлектометра определяет расстояние до места повреждения ОК. Результаты измерений АВБ №1 сообщает на ОРП. Если в линейном кабеле имеются исправные свободные ОВ, то необходимо переключить на них ЦСП. Для этого на обоих НРП, прилегающих к поврежденному участку, произвести перекоммутацию оптических шнуров на оптическом оконечном устройстве и убедиться в восстановлении нормальной работы ВОЛП, связавшись со сменным персоналом ОРП. После этого необходимо выяснить причины повреждения ОВ линейного кабеля и принять меры по их устранению.

После доклада на ОРП измеритель АВБ №1 остается на НРП для поддержания связи с ОРП и организации связи при помощи оптического телефона по свободному ОВ (номер ОВ определяется технологической картой по АВР) с местом повреждения. Остальная часть бригады продолжает локализацию места повреждения с использованием трассопоисковых приборов. Начальник ЛТЦ, получив сообщение об аварии, не ожидая результатов измерений расстояния до места повреждения ОК, немедленно приступает к сбору и подготовке АВБ №2 (Приложение 4) к выезду на трассу. Сбор АВБ №2 производится по заранее разработанной схеме. АВБ №2, не дожидаясь результатов локализации места повреждения, выезжает на НРП, где находится измеритель АВБ №1 и, получив от него информацию о расстоянии до места повреждения, выезжает на помощь АВБ №1.

После локализации места повреждения организуется служебная связь с места повреждения до ближайшего НРП, где находится измеритель АВБ №1, и передается информация для УПУ о ходе АВР. АВБ №2 проводит земляные работы на месте повреждения согласно разделу «Земляные работы». По окончании земляных работ бригада АВБ эксплуатационного предприятия проводит подготовку и монтаж ОКВ, при этом в случае ВОКВ количество восстановленных ОВ должно быть не меньше числа занятых ОВ до повреждения кабеля плюс два резервных ОВ. В случае ПОКВ в процессе монтажа вставки выполняется контроль качества сварки ОВ. После соединения необходимого числа ОВ с места повреждения передается запрос на ОРП о возобновлении работы системы передачи. Если все системы передачи работают нормально, то муфты ОКВ паспортизируются, герметизируются, и передается сообщение в УПУ об устранении аварии на ВОЛП.

По окончании работ по организации временной схемы восстановления ВОЛП с использованием ВОКВ проводят мероприятия по ее защите и охране от внешних воздействий.

2.4. Технология АВР при централизованном и комбинированном методах обслуживания

Отличие технологии АВР при централизованном методе обслуживания ВОЛП заключается в следующем:

во время АВР на ВОЛП все функции АВБ №1 ЛТЦ (КУ) выполняет АВБ эксплуатационного предприятия;

количество АВБ эксплуатационного предприятия при этом зависит от их мест базирования и топологии обслуживаемой сети;

оснащенность АВБ эксплуатационного предприятия включает в себя состав оборудования АВБ №1 и всю комплектацию ремонтно-восстановительной машины (ЛИОК);

при АВР АВБ эксплуатационного предприятия использует две автомашины, одна из которых, как правило, на базе автомашины КАМАЗ (ЗИЛ), вторая на базе автомашины УАЗ;

функции ЛТЦ при АВР в этом случае ограничиваются земляными работами.

Отличие технологии АВР при комбинированном методе обслуживания ВОЛП заключается в том, что создаются так называемые опорные пункты ВОЛП на базе существующих ЛТЦ, количество которых определяется особенностями трасс ВОЛП. Задачей опорных пунктов является обеспечение восстановления ОК по временной схеме в случае задержки прибытия АВБ эксплуатационного предприятия. Рекомендуемое оснащение опорных пунктов приведено в Приложении 2.

2.5. Организация служебной связи

Служебная связь является необходимым элементом технологического процесса АВР и организуется немедленно по прибытии АВБ на поврежденный ЭКУ. В процессе АВР организуются временные каналы служебной связи:

- между ОРП, где произошла авария;
- между НРП по границам поврежденного регенерационного участка;
- между НРП и котлованами, на которых ведутся АВР;
- между котлованами, на которых ведется монтаж ОКВ.

В зависимости от технических возможностей служебная связь может быть телефонной оптической, телефонной электрической, радиотелефонной и комбинированной. Она обеспечивается при помощи средств служебной связи, входящих в комплект оснащения ЛИОК, а также радиостанций, установленных стационарно на автомашинах КУ (ЛТЦ). Каналы служебной радиотелефонной связи организуются при помощи радиостанций, либо при помощи альтернативных видов связи (сотовая, транкинговая,

спутниковая и т.д.). При наличии на КУ (ОРП) стационарной УКВ радиостанции, работающей на высокоподнятую антенну, организуется радиоканал «АВБ – КУ» с помощью мобильной УКВ радиостанции. Если протяженность канала превышает радиус действия имеющихся радиостанций, может быть применена ретрансляция через оператора промежуточной радиостанции, временно разворачиваемой в определенном месте на трассе кабельной линии, либо через стационарный автоматический ретранслятор. Применение ретрансляции дает возможность осуществлять непрерывную радиосвязь КУ (ОРП) с движущейся вдоль трассы кабеля бригадой.

При наличии оптических телефонов связь между АВБ и НРП осуществляется по ОВ, номер которого определен технологической картой на АВР, путем подключения «пигтейла» со стороны повреждения через механический соединитель и через переходную розетку и «патчкорд» со стороны НРП (ОРП).

2.6. Техническая документация, используемая при восстановлении ЛКС ВОЛП

Для оперативного устранения аварии на ЛКС ВОЛП АВБ ЛТЦ (эксплуатационного предприятия) должна иметь следующую техническую документацию:

- монтажные схемы на ЭКУ (схема расположения строительных длин ОК с указанием расстояний между муфтами, расстояний до муфт от НРП (ОРП), меток на кабеле на входе в муфты, запаса кабеля в котлованах, схема расположения КИП, причем все расстояния в монтажных схемах приводятся по меткам расстояния, нанесенным изготовителем кабеля на его оболочке.);
- таблицу с «оптическими расстояниями» от НРП (ОРП) до муфт, которая составляется по результатам измерений оптическим рефлектометром (таблица нарастающих длин);
- таблицу коэффициентов укорочения длины ОК по отношению к длине волокна по участкам;
- планшетные схемы ЭКУ;
- настоящую инструкцию;
- таблицу расцветок ОВ для различных марок ОК;
- инструкции на русском языке по эксплуатации для используемых приборов и оборудования;
- инструкции на русском языке по монтажу муфт, используемых для устройства временной связи;
- схемы подключения линейных шнуров («пигтейлов») к стационарным («патчкордам») на оптических кроссах;
- список телефонов НРП (ОРП) по каналам служебной связи;
- технологическую карту на проведение АВР;
- рефлектограммы всех ЭКУ (по возможности);
- паспорта на ЭКУ и каждую муфту;

- распределение ОВ на ЭКУ (с разветвительными муфтами);
- данные о фирме-изготовителе ОВ;
- схема задействия ОВ на ЭКУ.

2.7. Организация земляных работ

После обнаружения места повреждения ОК необходимо откопать две траншеи длиной не менее 5 м, начала которых находятся в 10 м от места повреждения (рис. 3). Профиль траншеи при земляных работах может иметь вид, приведенный на рис. 4. Длина определяется условиями местности, сезоном, составом грунта, размещением рабочего места (палатка, ЛИОК) и пр.

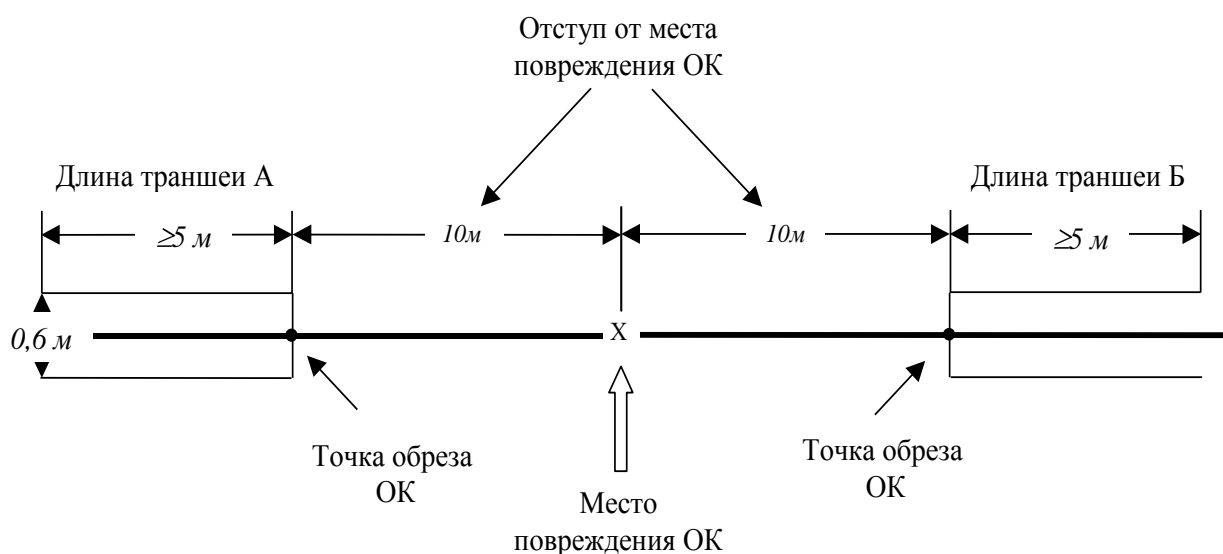


Рис. 7. Схема траншей при восстановлении ВОЛП с помощью ВОКВ

В начале траншеи «А» со стороны повреждения ОК обрезается (борезами или отрезной машиной) и подается на поверхность земли. С учетом того, что на преодоление глубины траншеи и на изгибы ОК используется около 2 м длины ОК, на поверхности грунта будет находиться длина ОК, обеспечивающая подключение к ней оптической кабельной вставки. Вблизи траншеи устанавливается палатка с монтажным столом или размещается ЛИОК. Аналогичные работы проводят со стороны траншеи «Б».

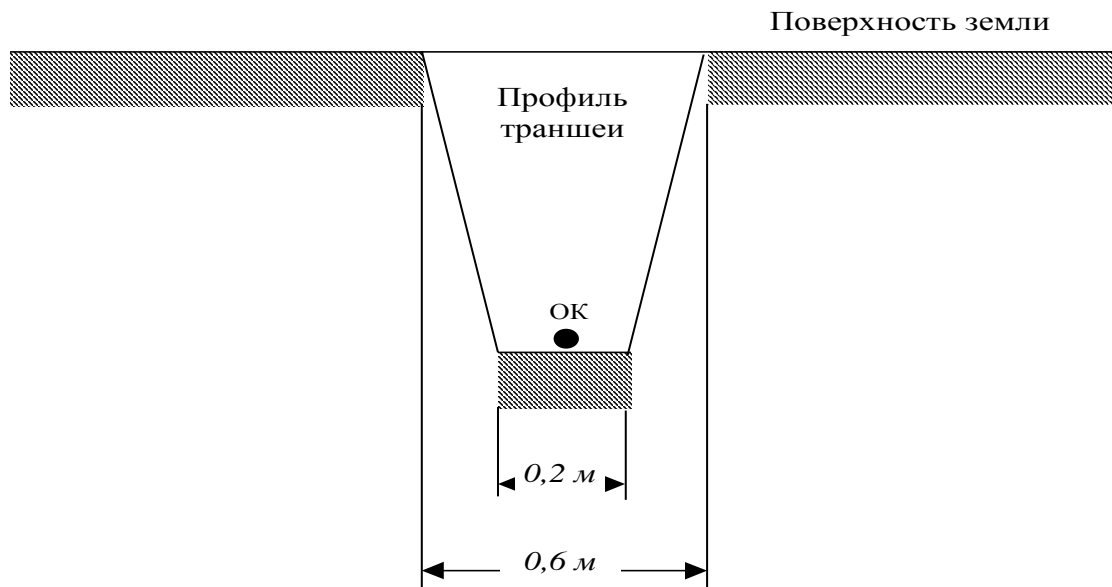


Рис. 8. Профиль траншеи.

Способы и средства выполнения земляных работ определяются в зависимости от плотности, связности, влажности и состава грунта, а также в зависимости от его состояния (талый или мерзлый). Рытье котлованов (траншей) в талых грунтах выполняется в основном вручную, штыковыми и совковыми лопатами. В непесчаных грунтах естественной влажности рытье котлованов на глубину заложения ОК (0,9 – 1,2 м) обычно производится без крепления стенок. В песчаных грунтах естественной влажности котлованы (траншеи) глубиной до 1 м могут разрабатываться с небольшими откосами стен (с крутизной откосов 1:0,25) без крепления стен. Крутизна откосов определяется как отношение глубины разработки к проекции откоса на горизонтальную плоскость

При глубине свыше 1 м котлованы (траншеи) в песчаных грунтах естественной влажности должны разрабатываться с крутизна откосов 1:0,5 без крепления, либо с вертикальными стенками, укрепленными распорками по всей высоте. Крепление стен котлована (траншеи) в грунтах естественной влажности выполняется досками толщиной 40 – 50 мм, устанавливаемыми горизонтальными рядами вплотную к стенке. Доски прижимаются к вертикальным стенкам котлована (траншеи) с помощью стоек и горизонтальных распорок. Для крепления котлованов могут быть использованы также заранее заготовленные инвентарные щиты. В малопрочных водонасыщенных грунтах при интенсивном притоке грунтовых вод применяется шпунтовое крепление (ограждение) стен котлованов или траншей.

Рытье котлованов и траншей для вскрытия кабеля и кабельных муфт в твердых породах и мерзлых грунтах производится лопатами с предварительным рыхлением грунта мотобетоноломами или электромолотками, получающими питание от передвижных бензоэлектрических агрегатов. Рыхление грунта и выемка его из котлована (траншеи) производится послойно. В непосредственной близости от кабеля разработка грунта производится лопатами. Применение в непосредственной близости от ОК отбойных молотков и бетоноломов может быть оправдано только необходимостью срочного вскрытия ОК для подключения ОКВ.

Для откачки воды из колодцев, котлованов и траншей используются переносные (или перевозимые на специальных прицепах) насосы.

2.8. Указания по технике безопасности

При организации и осуществлении восстановления линии передачи ВОЛП по временной схеме с помощью ВОКВ следует руководствоваться [3], с учетом особенностей производства работ с ОК. Ответственным за охрану труда и технику безопасности при проведении работ техническим персоналом являются начальник ЦЛКС (ЛТЦ) и руководитель работ. К работам по оборудованию ОКВ допускаются лица, прошедшие производственное обучение, проверку знаний в квалификационной комиссии предприятия связи и прошедшие инструктаж по особенностям работы с ВОКВ в линейных условиях. К работам по оборудованию ВОКВ допускаются лица, имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже третьей. Не допускается проводить работы в регенерационных пунктах и в местах расположения соединительных муфт одному работнику. Работы в НРП должны проводиться с учетом требований ОСТ45.119-99 «Система стандартов безопасности труда. Пункты регенерационные волоконно-оптических линий передачи. Общие требования безопасности»

2.9. Организация работ по восстановлению поврежденной ВОЛП по временной схеме

2.9.1. Общие положения

При устройстве временных вставок кабель следует прокладывать по земле, по опорам существующих воздушных линий связи, радиофикации, деревьям и кустам, по дну небольших рек и других водных преград. При затоплении местности кабель может быть проложен в обход водной преграды. При пересечении железной или шоссейной дорог ВОКВ следует прокладывать в резервных каналах. При отсутствии резервного канала следует:

- на пересечении шоссейной дороги оборудовать воздушный переход ВОКВ, с расстоянием от нижней точки ОК до полотна шоссейной дороги не менее 5,5 м;
- на пересечении железной дороги ВОКВ прокладывать под рельсами вдоль шпалы;
- на пересечении грунтовой дороги кабель ВОКВ прокладывать в канале, прорытом через дорогу на глубину 150-200 мм и присыпать грунтом.

Прокладка ВОКВ через небольшие реки (шириной до 100 м) и другие водные преграды может быть осуществлена в соответствии с [12]. Подвеска кабеля ВОКВ на опорах существующих линий предварительно должна быть согласована с владельцами этих линий.

При прокладке ВОКВ при температуре ниже минус 10°C во избежание повреждения ОК следует применять меры к его прогреву перед прокладкой (например, в кузове отапливаемой автомашины, в котловане, на-

крытом брезентом и т.д.). После организации временной схемы восстановления линии передачи ВОЛП с помощью ВОКВ организуются мероприятия по охране ВОКВ с использованием людских резервов и необходимых транспортных средств на период проведения АВР. В целях обеспечения большей надежности работы ВОКВ рекомендуется при наличии возможности заглублять ВОКВ и ВЗМ в грунт не менее, чем на 0,25 м.

После каждого использования ВОКВ она должна быть очищена от загрязнений, намотана на барабан или смотана в бухты, доставлена к месту штатного хранения и проверена.

2.9.2. Прокладка и монтаж одноэлементной ВОКВ

После визуального обнаружения локального места повреждения линейного ОК для организации временной связи с помощью ВОКВО выполняются следующие основные мероприятия:

- откапываются две траншеи длиной не менее 5 м, начало которых находится на расстоянии около 10 м от места повреждения ОК (рис.7);
- открытый ОК разрезается на расстоянии около 10 м в каждую сторону от места повреждения, очищается от загрязнений и заводится в ЛИ-ОК или палатку;
- концы линейного ОК вводятся в разветвительные муфты и монтируются согласно инструкции на соответствующую муфту.
- одновременно с выполнением вышеуказанных работ разматывается одноэлементной ВОКВ длиной 50 м (или конечные отрезки многоэлементной ВОКВ длиной по 30 м каждый);
- концы ОК вставки освобождаются от защитных кожухов и вводятся в разветвительные муфты (третьи вводы муфт используются для ввода ОК постоянной вставки);
- посредством вводного устройства, штатно установленного на ОК ВОКВО, выполняется крепление и герметизация кабеля в линейной муфте;
- производится монтаж линейного ОК и кабеля ВОКВО, а также их волокон с помощью сварки или механических соединителей;
- после восстановления необходимого числа волокон линейного ОК с помощью ВОКВО измеряются общие потери в линейном тракте с комплектов оптических тестеров;
- при обеспечении необходимых параметров в соединениях и установлении соответствия измеренного затухания энергетическому потенциалу системы, производится включение оборудования линейного тракта.

2.9.3. Прокладка и монтаж многоэлементных ВОКВ

Необходимость использования многоэлементных ВОКВ определяется обстоятельствами, изложенными выше. Отсутствие возможности определить места повреждения линейного ОК визуальным путем предусматривает две схемы организации временной связи.

Согласно первой схеме необходимо с концов регенерационного участка с помощью рефлектометра определить места повреждения линейного ОК. Для средней длины регенерационного участка (порядка 100 км) ошибка в определении расстояния рефлектометром среднего класса в середине - самом “слабом” месте участка ($L \approx 50$ км) будет составлять:

$$\delta_s = \pm (2 \text{ м} + 2,0 \times 10^{-5} L) = \pm 3 \text{ м}$$

Данная величина погрешности должна учитываться при определении мест установки разветвительных муфт. В установленных местах выполняется откопка ОК и котлованов для разветвительных муфт. Откопанный ОК разрезается, его концы очищаются от загрязнений и вводятся в линейные разветвительные муфты. Дальнейший порядок монтажа линейного ОК и ОК ВОКВМ аналогичен рассмотренному ранее.

Одновременно выполняются работы по прокладке и монтажу промежуточных отрезков ВОКВМ. Путем последовательного наращивания строительных длин ВОКВМ обеспечивается перекрытие поврежденного участка ОК значительной протяженности. Детально вопросы прокладки и монтажа ВОКВМ-1 и ВОКВМ-2 изложены в соответствующих инструкциях, входящих в состав комплектации этих изделий.

Применение данной схемы организации временной связи целесообразно по времени и трудозатратам лишь при проведении работ в летнее время и при легком составе грунта.

Вторая схема предусматривает развертывание ВОКВМ между линейными муфтами, ограничивающими участок повреждения ОК. Линейные муфты откапываются, вскрываются, сростки “рабочих” волокон демонтируются. С двух сторон поврежденного участка оптическим рефлектометром выполняются измерения с целью уточнения мест повреждений ОК. Одновременно выполняется прокладка и стыковка отрезков ВОКВМ. Целесообразно вести размотку и стыковку отрезков ВОКВМ двумя бригадами с двух сторон участка. Оптические кабели ВОКВМ вводятся в линейную муфту и фиксируются с помощью вводных устройств. Далее волокна линейного ОК соединяются с ОВ вставки посредством СМ или же сваркой.

Согласно данным хронометража, время стыковки отдельных отрезков составной ВОКВ одним работником составляет для механического соединителя 3-5 минут; для соединения двух вилок СОР - 1,5 минуты. Время монтажа двух отрезков 8-ми волоконного ОК с помощью СОР (с учетом ввода, закрепления ОК в МЗВ и укладки волоконных модулей) 15 мин. Общее время прокладки, монтажа и измерений смонтированной ВОКВС длиной 4,5 км (5 барабанов с ОК по 900м в каждом) - 2,5 часа.

При организации временной связи по второй схеме к преимуществам этой схемы следует отнести:

- отсутствие необходимости в монтаже линейных разветвительных муфт;
- повышение точности определения мест повреждения ОК за счет подключения рефлектометра к ОВ в демонтируемых муфтах.

Эффективность применения данной схемы существенно повышается при проведении АВР на линиях передачи, оптический кабель которых про-

ложен в защитных пластмассовых трубах. Линейные муфты таких линий размещаются в специальных смотровых устройствах (пунктах оперативного доступа). Это существенно уменьшает объем земляных работ, выполняемых для подключения к ОК.

Недостатком данной схемы является проводимый демонтаж линейных муфт, ограничивающих участок повреждения ОК, и необходимость восстановления нарушенных рабочих волокон линейного ОК, а также самих муфт.

После монтажа ВОКВ производятся контрольные измерения и последующее подключение оборудования линейного тракта.

2.10. Организация работ по восстановлению поврежденной ВОЛП по постоянной схеме

2.10.1. Общие положения

Восстановление поврежденной ВОЛП по постоянной схеме производится с использованием постоянной оптической кабельной вставки (ПОКВ). Непосредственное, без применения ВОКВ, время включения ПОКВ не должно превышать времени устранения линейного повреждения на ВОЛП, а именно 10 часов.

Для обеспечения надежной работы ВОЛП необходимо, чтобы тип и количество волокон кабеля ПОКВ были такими же, как и у восстанавливаемой ВОЛП. Исключения составляют случаи, когда применение другого типа ОК для постоянной вставки позволит снизить вероятность нового повреждения ВОЛП на восстанавливаемом участке трассы ОК. При этом во всех случаях необходимо стремиться к тому, чтобы тип ОВ и их изготовитель на восстанавливаемой ВОЛП и в ПОКВ был один и тот же.

Строительная длина ОК, используемая для ПОКВ, должна пройти входной контроль (с использованием нормализующей длины ОВ не менее 1 км). Тип и марка муфт, используемых при установке ПОКВ, должны соответствовать требованиям по Приложению 1.

Выбор мест включения ПОКВ осуществляется в зависимости от характера и условий повреждения ОК, состояния местности (наличие пересечений рядом с местом повреждения, рельеф местности, наличие болот, грунтовых вод и т.д.) и определяется надежностью работы и удобством эксплуатации ВОЛП.

Во всех случаях для монтажа постоянной вставки необходимо иметь в наличии две АББ, укомплектованные соответствующим оборудованием согласно Приложениям 2 и 3. Монтаж ПОКВ с линейным ОК осуществляется путем сварки ОВ на муфтах двумя бригадами параллельно.

Перед монтажом ПОКВ необходимо выполнить подготовительные работы, которые позволят сократить время простоя кабельной магистрали:

прокладка ПОКВ в отрытую траншею или кабелеукладчиком (при большой длине ПОКВ),

прокладка ПОКВ в канализации (если повреждение произошло в городской черте),

подготовка котлованов для муфт ПОКВ,

откопка кабеля с каждой стороны от повреждения,

разделка и ввод концов кабеля ПОКВ в оптические муфты и т.д.

Прокладка ПОКВ осуществляется в соответствии с принятыми правилами строительства ВОЛП силами или при участии ЛТЦ, в зоне которого произошло повреждение.

Перед началом работ по включению ПОКВ необходимо обеспечить служебную связь:

между ЛИОК, в которых будет производиться монтаж ОК;

между ЛИОК и прилегающими НРП или ОРП;

между регенерационными пунктами, на участке между которыми произошло повреждение ОК.

Монтаж муфт ПОКВ должен проводиться в соответствии с инструкцией по монтажу используемой муфты и при температуре, допустимой для работы с ОК. При этом климатические условия в ЛИОК должны соответствовать требованиям руководства по эксплуатации сварочного аппарата. После сварки ОК производятся контрольные измерения рефлектотометром. После измерений муфты паспортизируются, герметизируются, и восстановленная ВОЛП сдается в эксплуатацию. После завершения работ по прокладке ОК постоянной вставки и по монтажу муфт проводится рекультивация земель на участке проведения земляных работ.

2.10.2. Определение длины ПОКВ

Длина ПОКВ в каждом конкретном случае определяется индивидуально, в зависимости от характера повреждения ОК, и может находиться в пределах от 50 метров до строительной длины. При определении длины ПОКВ необходимо учитывать следующие факторы: характер и протяженность повреждения, наличие или отсутствие продольных нагрузок на кабель, условия местности, где произошло повреждение.

Если повреждение ОК стало результатом вандализма (локальный обрыв кабеля), то в этом случае, как правило, на ОК при повреждении не воздействуют продольные нагрузки. В этом случае длина ПОКВ может быть минимальной (около 50 метров).

При повреждении ОК в результате воздействия землеройных машин либо при повреждении ОК в результате смещения грунта, разрушения кабельной канализации и т.д., возможно появление продольных нагрузок на ОК, которые могут привести к ускоренному усталостному разрушению ОК. В этом случае длина ПОКВ определяется на основании анализа условий повреждения.

2.10.3. Способы включения ПОКВ

При организации ПОКВ следует руководствоваться положениями, изложенными в разделе 1.4. В зависимости от условий повреждения ВОЛП возможны следующие варианты включения ПОКВ:

- путем врезки ПОКВ в строительную длину ОК (в этом случае общее количество муфт на кабельной линии увеличивается на две, т.е. появляются две новые муфты);
- путем врезки ПОКВ на стыке строительных длин ОК (в этом случае общее количество муфт оптической линии увеличивается на одну муфту, т.е. одна муфта перемонтируется, а вторая является новой);
- путем замены всей строительной длины ОК (в этом случае количество муфт на оптической линии не изменяется, а происходит ремонт уже существующих муфт).

2.10.4. Переход от ВОКВ к ПОКВ без перерыва действия связей

Во всех случаях перед началом работ по переходу от ВОКВ к ПОКВ необходимо подать заявку в СОУ для оповещения потребителей о возможном пропадании связи. Переход от ВОКВ к ПОКВ без перерыва связи возможно в следующих случаях:

наличие возможности резервирования трафика поврежденной ВОЛП с помощью других линий передачи;

наличие достаточного количества свободных волокон в восстанавливаемом ОК (при резервировании систем передачи по схеме «1+1»).

Далее рассматривается организация работ для второго случая, технология работ для первого случая аналогична описанной в разделе 2.9.1

Для осуществления перехода от ВОКВ к ПОКВ без перерыва действия связи в последнем случае необходимо выполнение следующих условий:

в ходе АВР при включении ВОКВ разделка и подготовка концов поврежденного ОК должна выполняться в соответствии с инструкцией на муфту, которая будет использована при монтаже ПОКВ. Это решение принимает руководитель АВБ в зависимости от характера и условий повреждения и хода АВР;

конструкция муфт и кабеля восстанавливаемой ВОЛП должны позволять осуществить такой переход без перерыва действия связей.

При переходе от ВОКВ к ПОКВ во втором случае проводятся все необходимые подготовительные работы, вскрываются муфты ВОКВ, затем во вскрытые муфты вводится кабель ПОКВ. Свободные волокна поврежденного ОК свариваются с соответствующими волокнами ПОКВ и производится проверка качества сварки с помощью рефлектометра. После этого осуществляют перевод систем передачи, работающих по ВОКВ, на смонтированные волокна ПОКВ. Далее освобожденные волокна ВОКВ отключаются от линейного кабеля, ВОКВ удаляется из муфт, и проводится свар-

ка и проверка рефлектометром оставшихся волокон ПОКВ и линейного кабеля. Когда все волокна ПОКВ и линейного кабеля сварены и проверены, системы передачи переключаются на исходные (до аварии) номера оптических волокон.

2.11. Контрольные вопросы

1. Каковы основные требования к АВР на ВОЛП?
2. Какие виды работ входят в состав АВР на ВОЛП?
3. Кто и под чьим руководством осуществляет устранение аварий на ВОЛП?
4. Чем оснащаются ЛТЦ для оперативного устранения аварий на ВОЛП?
5. Что регламентирует последовательность и расчетные сроки проведения АВР на ВОЛП?
6. Из каких основных разделов состоит технологическая карта АВР на ВОЛП?
7. Какие технологии могут использоваться при устранении аварий на ВОЛП?
8. Охарактеризуйте структуру типовой технологической карты по АВР на ВОЛП.
9. Какова технология АВР при децентрализованном методе обслуживания ВОЛП.
- 10.

1. Как классифицируют оптические кабельные вставки?
2. Каково назначение ВОКВ и ПОКВ?
3. Назовите условия применения одноэлементных и многоэлементных ВОКВ.
4. Как осуществляется соединение оптических волокон поврежденного ОК и ВОКВ?
5. Назовите разновидности ВОКВМ и их конструктивные особенности.
6. Как осуществляется соединение между собой отдельных отрезков кабеля ВОКВМ?
7. Назовите технические требования к элементам ВОКВ.
8. Охарактеризуйте условия хранения ВОКВ.
9. Что включает в себя техническая эксплуатация ВОКВ?
10. Кто и в каком объеме выполняет техническое обслуживание ВОКВ?
11. Что относится к производственной документации ВОКВ?
12. Что включает в себя входной контроль ВОКВ?
13. Что относится к вспомогательным элементам и устройствам ВОКВ, каковы основные требования к ним ?
14. Каковы требования к прокладке ВОКВ?
15. Перечислите обязанности технического персонала по работе с ВОКВ после окончания АВР на ВОЛП.
16. Что регламентирует последовательность и расчетные сроки проведения АВР на ВОЛП?
17. Из каких основных разделов состоит технологическая карта АВР на ВОЛП ?

18. Перечислите основные операции при устранении аварии на ВОЛП и ориентированные расчетные сроки.
19. Каков порядок проведения АВР на ВОЛП?
20. В чем отличие порядка проведения АВР на ВОЛП при централизованном методе обслуживания?
21. Как осуществляется локализация места повреждения оптического кабеля?
22. Какую техническую документацию необходимо иметь АББ для сокращения сроков локализации места повреждения ОК.
23. Как организуется служебная связь при АВР на ВОЛП?
24. Каков порядок выполнения земляных работ при АВР на ВОЛП?
25. Какова последовательность прокладки и монтажа ВОКВ?
26. Охарактеризуйте схемы организации временной связи по ВОКВМ
27. Какова последовательность восстановления постоянной связи на поврежденной ВОЛП?
28. От каких факторов зависит длина задействованной ПОКВ?
29. Охарактеризуйте возможные варианты включения ПОКВ.
30. Какова последовательность перехода от ВОКВ к ПОКВ при АВР на ВОЛП?

3. ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВР НА ЛКС ВОЛП

3.1. Локализация места повреждения ОК

Для эффективной локализации места повреждения ОК работы выполняются в несколько этапов:

- определение поврежденного ЭКУ с использованием системы контроля ВОЛП;
- определение с НРП (ОРП) зоны повреждения ЭКУ при помощи оптического рефлектометра или САМ-ОК (при измерениях оптическим рефлектометром необходимо строго соблюдать правила техники безопасности и инструкцию по эксплуатации на используемый прибор!);
- поиск места повреждения на местности при помощи трассопоисковых приборов;
- визуальное наблюдение места повреждения ОК.

При аварии на ВОЛП сменный персонал ОРП на основании данных системы управления ВОЛП определяет поврежденный ЭКУ и передает эту информацию в УПУ. Если повреждение произошло на прилегающем к ОРП участке регенерации, то сменный персонал ОРП проводит измерения с помощью оптического рефлектометра по всем свободным оптическим волокнам для определения расстояния от точки измерения до места повреждения ОК и выявления исправных ОВ на данном участке. При определении расстояния до места повреждения результаты измерений по разным

ОВ могут отличаться, поэтому в качестве измеренного необходимо брать среднее значение по всем свободным ОВ. Если свободные ОВ на поврежденном ЭКУ отсутствуют, то измерения следует проводить по ОВ, используемым для передачи информации. Подключать оптический рефлектометр к ОВ, используемым для приема, не допускается, т.к. это может привести к выходу из строя оптического рефлектометра.

Если поврежден ЭКУ между НРП, то измерения проводит АБВ №1 ЛТЦ (эксплуатационного предприятия) с НРП, ближайшего по отношению к месту нахождения измерителя,

При использовании систем автоматического мониторинга волоконно-оптических кабелей (САМ-ОК) измерения на поврежденном участке по проводит оператор центра технического обслуживания.

Используя полученные результаты, измеритель АБВ ЛТЦ (эксплуатационного предприятия) определяет расстояние по волокну до места повреждения ОК от ближайшей к повреждению муфты. При этом необходимо учитывать данные «оптических расстояний» до муфт, содержащиеся в технической документации на поврежденный участок.

Найденное расстояние до места повреждения ОК специалист АБВ приводит в соответствие с физической длиной кабеля по формуле:

$$L_{\text{физ.}} = L_{\text{опт.}} / k,$$

где $L_{\text{физ.}}$ – физическая длина ОК от ближайшей муфты до места повреждения;

$L_{\text{опт.}}$ – результат измерения оптической длины ОК от ближайшей муфты до места повреждения;

k – коэффициент укорочения физической длины ОК по отношению к оптической ОК (берется из технической документации на поврежденный участок).

После определения физической длины ОК от ближайшей муфты до места повреждения специалист АБВ ЛТЦ (эксплуатационного предприятия) по планшетным схемам определяет место повреждения на карте. В том случае, если точность определения места повреждения на карте по какой-либо причине (большое расстояние до места повреждения, отсутствие в технической документации оптических расстояний до муфт со стороны проведения измерений и т.п.) вызывает сомнения, то измерения повторяют с другого НРП.

После привязки точки повреждения ОК к трассе по карте представители АБВ ЛТЦ (эксплуатационного предприятия) выезжают к ближайшей муфте с КИП от места, где произошло повреждение. Подключив генератор трассопоискового прибора на КИП к бронепокрову ОК, проверяют наличие сигнала генератора в 40 – 50 метрах от КИП. Затем АБВ выезжает в район повреждения, где по уровню генератора определяют с поверхности земли место повреждения ОК. Одного члена АБВ с переносной радиостанцией оставляют у КИП для контроля работы и охраны генератора, а также поддержки связи с остальной частью АБВ №1. Если место повреждения кабелеискателем не определяется (например, когда внешние покрытия ОК не повреждены), то участок предполагаемого повреждения перекрывается ОКВ:

- а) между соседними муфтами,
- б) на расстоянии примерно 30 м в каждую сторону от предполагаемого места повреждения.

3.2. Контроль качества соединения оптических волокон при монтаже кабельной вставки

При измерениях затухания (контроля качества) сростков оптических волокон короткой вставки на больших длинах ЭКУ до 100 км и более из-за невозможности достижения компромисса между динамическим диапазоном и разрешающей способностью возникают ограничения минимальной длины вставки. Эти ограничения связаны как с соотношением длин вставки и ЭКУ, так и характеристиками оптического рефлектометра.

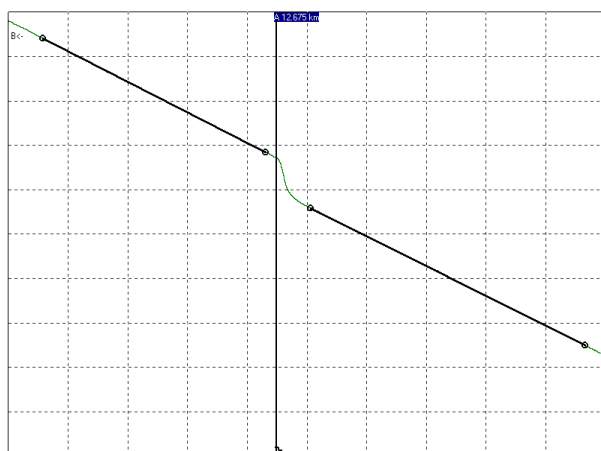


Рис.5

Разрешающая способность при измерении затухания сростков оптического волокна должна быть такой, чтобы обеспечивалась корректная аппроксимация рефлектограмм прилегающих к сростку регулярных участков волокна прямыми. Для этого, перекрываемая длительностью зондирующего импульса длина участка рефлектограммы должна быть в несколько раз меньше длины аппроксимируемого регулярного участка (рис.5) [17..20].

Таблица 1

Длительность импульса	10 нс	100 нс	1 мкс	10мкс
«мертвая» зона по отражению	5 м	10..20 м	100..200 м	1..2 км
Минимальная длина вставки	20..25 м	60..90 м	600..900 м	Строительная длина ≥ 3 км

Как следствие, минимально допустимая длина прилегающего к сростку участка рефлектограммы регулярного волокна в конечном счете оп-

ределяется длительностью зондирующего импульса. Очевидно, что длина вставки должна быть не менее этого значения. При этом расстояния от концов вставки до ближайших к ним муфт также не должны превышать указанного значения. В таблице 1 приведены значения длины участка, перекрываемого длительностью зондирующего импульса, и приближенные оценки минимально допустимых значений длины кабельной вставки для типичных значений длительности зондирующего импульса оптических рефлектометров [20..21].

Динамический диапазон при измерении затухания сростка оптических волокон должен быть таким, чтобы в точке измерения была обеспечена требуемая помехозащищенность, которая задается условием [17,18].

$$SNR \geq -5 \cdot \lg(10^{\frac{a}{10}} - 1) \quad (1),$$

где SNR - отношение сигнал/помеха, дБ;

a - значение измеряемой величины –затухания сростка, дБ.

На рис.3 представлен график зависимости требуемого отношения сигнал/помеха в точке измерения от измеряемого значения затухания в соединении оптических волокон.

Соответственно, максимально допустимое затухание участка в пределах которого может быть произведено измерение a_{MAX} определяется формулой

$$a_{MAX} = D - SNR \quad (2),$$

где D - паспортное значение динамического диапазона оптического рефлектометра, дБ.

На рис.3 представлен график зависимости требуемого отношения сигнал/помеха в точке измерения от измеряемого значения затухания в соединении оптических волокон.

Протяженность этого участка приблизительно можно оценить из соотношения $L_{MAX} = a_{MAX} / \alpha$ (3), где α - среднее значение коэффициента затухания оптического волокна, дБ/км. Очевидно, что длина элементарного кабельного участка, в пределах которого производятся измерения, не должна превышать данного значения.

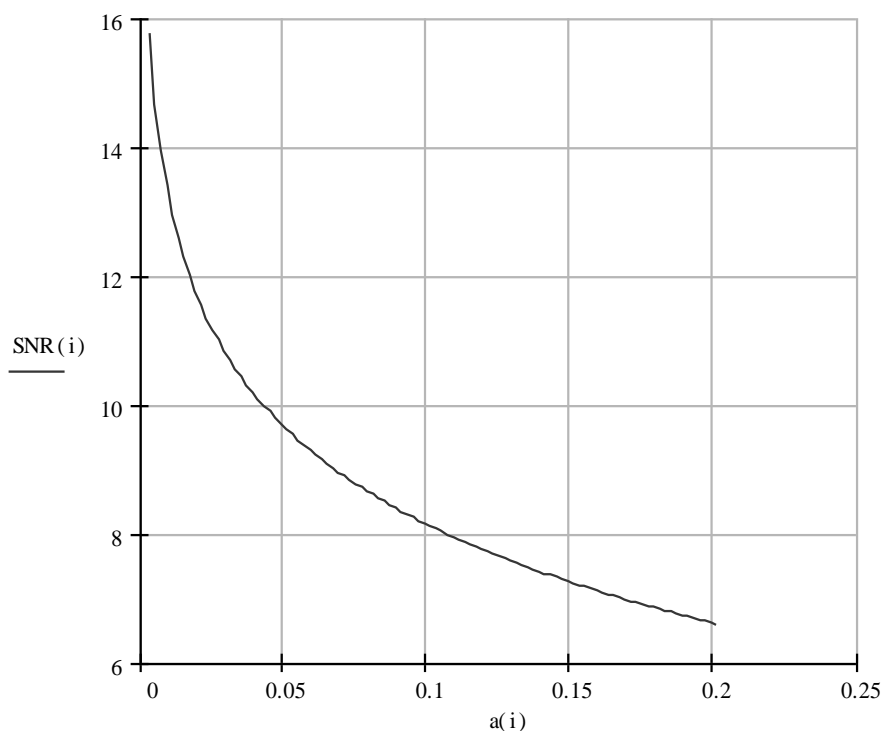


Рис.6

Оптические рефлектометры постоянно совершенствуются. Их параметры жестко связаны с их стоимостью. Будем ориентироваться на сменные блоки с наиболее типичными параметрами. К ним, в частности, относятся сменные блоки рефлектометров НР 6003А с динамическим диапазоном 36/34 дБ и 6008А с динамическим диапазоном 41/39 дБ. Для указанных сменных блоков по представленным выше формулам были рассчитаны значения максимальной длины элементарного кабельного участка, в пределах которой допустимо измерять затухание с ростом с нормируемыми потерями 0,05 дБ. Расчеты выполнялись для оптических волокон со средним значением коэффициента затухания 0,22 дБ/км на длине волны 1,55 мкм в зависимости от длительности зондирующего импульса. Результаты вычислений приведены в таблице 2.

Таблица 2

Длительность импульса	Тип блока	10 нс	100нс	1 мкс	10 мкс
D , дБ	6003А	17	22	29	34
a_{MAX} , дБ		7	12	19	24
$L_{ЭКУ}$, км		32	54	86	110
D , дБ	6008А	22	27	34	39
a_{MAX} , дБ		12	17	24	29
$L_{ЭКУ}$, км		54	77	110	131

В таблице 3 сведены допустимые значения длины кабельной вставки и длины элементарного кабельного участка для рассматриваемых сменных блоков в зависимости от длительности зондирующего импульса.

Таблица 3

Длительность импульса	Тип блока	10 нс	100нс	1 мкс	10 мкс
Минимальная длина вставки	6003А, 6008А	40 м	60 м	600 м	Строительная длина ≥ 3 км
Максимальная длина ЭКУ, км	6003А	31	54	86	110
	6008А	54	77	110	131

Анализ данных таблицы 3 показывает, что для применения традиционной методики измерения затухания сростков оптических волокон кабельной вставки, предусматривающей измерение потерь на каждом сростке отдельно с двух сторон, должны выполняться следующие условия.

Для средних значений длины ЭКУ около 80..100 км, длина вставки должна быть более 600 м.

Для удлиненных ЭКУ протяженностью 100..130 км, нужна замена полностью строительных длин до 3 км и более.

При этом на ЭКУ протяженностью свыше 130 км применение рассматриваемой методики для указанных сменных блоков рефлектометра некорректно. Вставка длиной 50 м для типичных длин ЭКУ практически применяться не может. В случае актов вандализма, которые к сожалению в наше время нередки, во многих случаях можно было бы ограничиться минимальной длиной кабельной вставки 50 м. Однако традиционная методика измерений для типичных длин ЭКУ требует увеличения длины вставки более чем на порядок. На ЭКУ большой протяженности 130..160 км необходимо использовать дорогостоящие сменные блоки с расширенным динамическим диапазоном до 45 дБ. Такое состояние дел, когда только из-за методики измерения существенно возрастают затраты, нельзя назвать нормальным. Требуются альтернативные методы контроля.

Следует отметить, что при выполнении ремонтно-восстановительных работ на линии интересуют качество монтажа кабельной вставки в целом. Учитывая это, было решено нормировать и измерять суммарное затухание обоих сростков постоянной кабельной вставки, требуя, чтобы оно не превышало значения $a_{вст} \leq 2 \cdot a_{доп}$, где $a_{доп} \leq 0,1$ дБ - норма для одного сростка. Измерение выполняется методом обратного рассеяния оптическим рефлектометром по методике измерения затухания соединения оптических волокон. При этом отображение на рефлектограмме вставки в целом рассматривается как один сросток (рис.7). В дальнейшем будет показано, что в этом случае измерения достаточно выполнить с одной стороны.

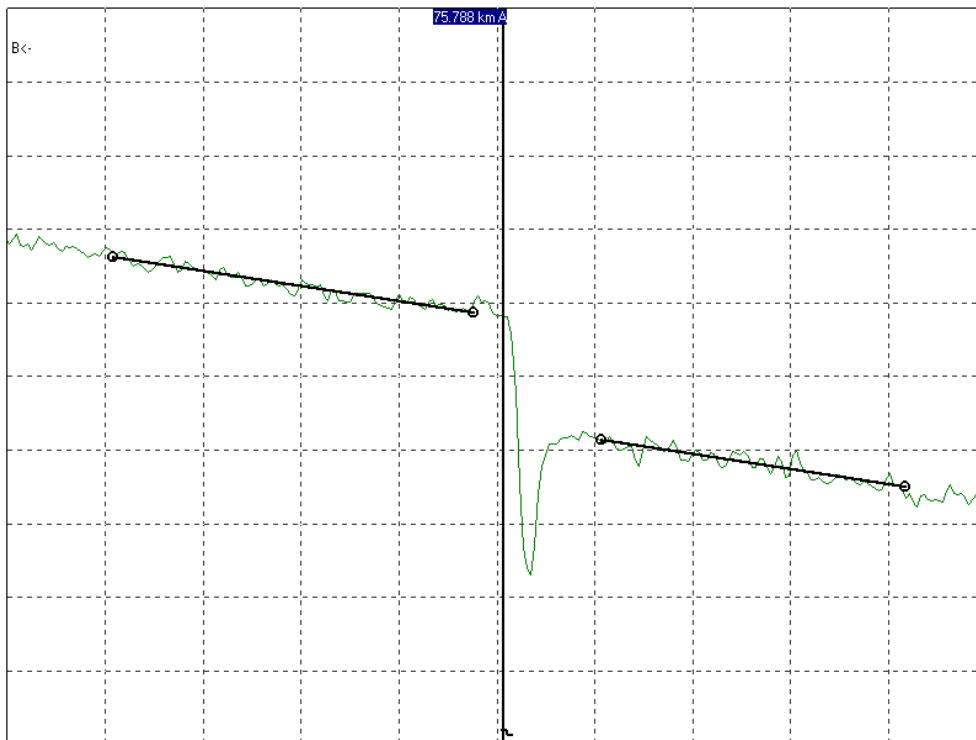


Рис.4

Рассмотрим условия применения предложенной методики.

Разрешающая способность не ограничивает минимальную длину вставки, которая во всех случаях может быть принята равной 50 м. Ограничения на минимальную длину прилегающих к вставке регулярных участков волокна определяются из таблицы 1.

Полагая, что максимально допустимое затухание одного сростка оптического волокна составляет 0,05 дБ, получаем, что суммарное затухание сростков оптического волокна кабельной вставки не должно превышать 0,1 дБ. В этом случае, как следует из графика рис.3 отношение сигнал/помеха в конце вставки должно быть не менее 8,5 дБ. Тогда из (2)..(3) получаем оценки максимально допустимых расстояний, в пределах которых предлагаемый способ можно применять. Поскольку измерения односторонние, максимальная длина элементарного кабельного участка превышает данные оценки в два раза. Для сменных блоков НР 6003А с динамическим диапазоном 36/34 дБ по представленным выше формулам были рассчитаны значения максимальной длины элементарного кабельного участка, в пределах которой допустимо измерять затухание сростка с нормируемыми потерями 0,05 дБ. Расчеты выполнялись для оптических волокон со средним значением коэффициента затухания 0,22 дБ/км на длине волны 1,55 мкм в зависимости от длительности зондирующего импульса. Результаты вычислений, а также оценки минимально допустимой длины прилегающих к вставке регулярных участков сведены в таблице 4.

Таблица 4

Длительность импульса	10 нс	100нс	1 мкс	10 мкс
Минимальная длина прилегающих к вставке регулярных участков, м	40	60	600	1500

Максимальная длина ЭКУ, км	77	122	186	231
----------------------------	----	-----	-----	-----

Анализ данных таблицы 4 показывает, что при средней строительной длине кабеля (4 км) для типичных ЭКУ протяженностью не более 160 км предлагаемый способ может быть применен при монтаже кабельных вставок длиной от 40 м и более. В случае необходимости монтажа протяженных вставок (2,5 км и более), при строительных длинах кабеля около 4 км целесообразно менять всю строительную длину. Вставки большей протяженности могут не позволить обеспечить длину прилегающих регулярных участков свыше 600 м.

Рассмотрим теоретические аспекты контроля качества соединения оптических волокон при монтаже постоянной кабельной вставки предлагаемым способом.

На рис.8 представлена рефлектограмма срезки оптических волокон.

В первом приближении мощности обратного рассеяния непосредственно перед и за срезкой описываются выражениями:

$$P_- = k_1 \cdot \Delta t \cdot \exp(-\sum a) \quad (4),$$

$$P_+ = k_2 \cdot \Delta t \cdot \exp(-\sum a) + a_c \quad (5),$$

где P_-, P_+ - мощности оптического потока обратного рассеяния непосредственно перед и за срезкой оптического волокна, соответственно;

k_1, k_2 - средние значения коэффициентов обратного рассеяния сращиваемых оптических волокон, рефлектограммы которых отображаются перед и за срезкой, соответственно;

$\sum a$ - суммарное затухание оптического излучения волоконно-оптической линии передачи до срезки;

a_c - затухание срезки.

Значение затухания срезки, отсчитываемое по показаниям прибора при измерении затухания срезки с одной стороны кабельного участка, определяется как разность уровней указанных выше мощностей и равно

$$a_A = a_c + 10 \cdot \lg(k_1/k_2) \quad (6).$$

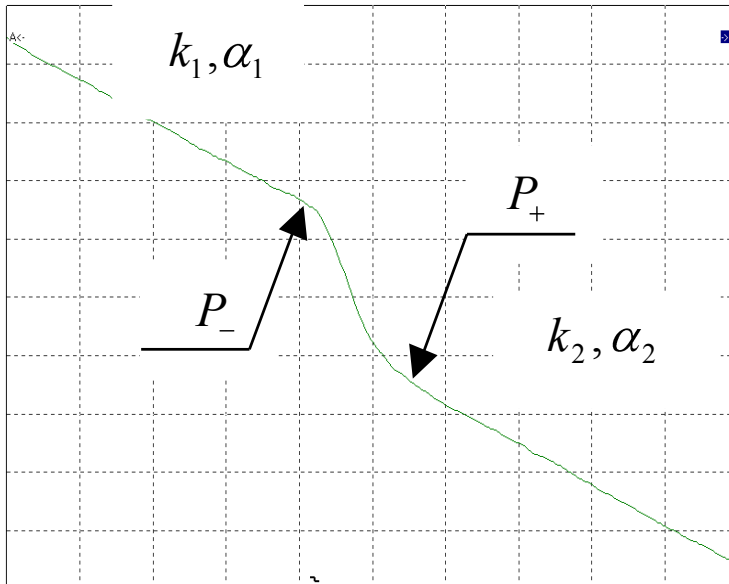


Рис.9

Систематическая погрешность, обусловленная разностью параметров оптических волокон исключается путем двухсторонних измерений и определении результата измерений как среднего алгебраического

$$a = \frac{a_A + a_B}{2} = \frac{2 \cdot a_c + 10 \cdot \lg(k_- / k_+) + 10 \cdot \lg(k_+ / k_-)}{2} = a_c$$

С учетом (6), показание прибора отсчитываемое при измерении суммарного затухания на сростках оптического волокна кабельной вставки по методике измерения затухания сростка равно

$$a_{BCT,A} = a_{c1} + 10 \cdot \lg(k_1 / k_{BCT}) + a_{c2} + 10 \cdot \lg(k_{BCT} / k_2) + (\alpha_{BCT} - \alpha_2) \cdot L_{BCT}$$

или

$$a_{BCT,A} = a_{c1} + a_{c2} + 10 \cdot \lg(k_1 / k_2) + (\alpha_{BCT} - \alpha_2) \cdot L_{BCT} \quad (7),$$

где a_{c1}, a_{c2} - затухания на сростках оптического волокна по концам кабельной вставки;

k_1, k_2 - средние значения коэффициентов обратного рассеяния сращиваемых оптических волокон, рефлектограммы которых отображаются перед и за сростком, соответственно;

α_{BCT} - коэффициент затухания волокна кабельной вставки;

α_2 - коэффициент затухания волокна прилегающей к вставке строительной длины кабеля, рефлектограмма которого отображается за вставкой;

L_{BCT} - длина кабельной вставки.

Отсюда, искомый результат определяется соотношением

$$a_{c1} + a_{c2} = a_{BCT,A} + \Delta_1 + \Delta_2 \quad (8),$$

где Δ_1, Δ_2 - поправки.

Поправка Δ_1 обусловлена разбросом коэффициента обратного рассеяния волокон и равна

$$\Delta_1 = 10 \cdot \lg(k_2 / k_1) \quad (9).$$

Если вставка монтируется внутри одной строительной длины $k_1 = k_2$ и $\Delta_1 = 0$.

Поправка Δ_2 обусловлена отличием коэффициентов затухания волокон вставки и прилегающей к ней строительной длины кабеля, рефлектограмма волокна которой отображается за вставкой. Эта поправка равна

$$\Delta_2 = (\alpha_2 - \alpha_{ВСТ}) \cdot L_{ВСТ} \quad (10).$$

Учитывая разброс коэффициента затухания волокон (в окне прозрачности 1,31 мкм от 0,29 до 0,34 дБ/км, в окне прозрачности 1,55 мкм от 0,18 до 0,24 дБ/км), при длине оптической вставки менее 400 м поправка не превышает $\Delta_2 \leq 0,05 \cdot 0,400 \leq 0,02$ дБ и лежит в пределах погрешности средства измерений. Очевидно, что в данном случае этой поправкой можно пренебречь.

Поправка Δ_1 может быть определена по контрольным рефлектограммам, измеренным с двух сторон ЭКУ до повреждения оптического кабеля, вызвавшего необходимость монтажа рассматриваемой вставки. Она определяется формулой

$$\Delta_1 = \frac{a_B - a_A}{2} \quad (11),$$

где a_A, a_B - показания прибора при измерении затухания сростка оптических волокон строительных длин, в пределах которых монтируется вставка, причем:

a_A - результат измерения со стороны ЭКУ, с которой производятся измерения затухания на сростках вставки.

a_B - результат измерения со стороны ЭКУ, противоположной той, с которой производятся измерения затухания на сростках вставки.

При монтаже короткой вставки до 400 м длиной внутри одной строительной длины показания прибора отсчитываемые при измерении с одной стороны дают сразу искомым результат

$$a = a_{c1} + a_{c2} \quad (12).$$

Представленный анализ справедлив, если параметр обратного рассеяния оптического волокна на строительной длине кабеля можно полагать величиной постоянной. Оценим допустимость данного предположения и связанные с ним погрешности измерений.

Положение о постоянстве параметра обратного рассеяния на регулярных участках оптических волокон лежит в основе краеугольного принципа обработки характеристики обратного рассеяния - описания изменений мощности оптического излучения на регулярных участках волокон экспоненциальной зависимостью и соответственно аппроксимации характеристик обратного рассеяния на этих участках прямыми. Погрешность данной аппроксимации и определяет погрешности измерений затухания соединений оптических волокон, обусловленные флуктуациями параметра обратного рассеяния. Очевидно, что указанные погрешности измерений не пре-

высят удвоенного значения максимального отклонения характеристики обратного рассеяния от аппроксимирующей ее прямой.

Результаты обработки более трех тысяч рефлектограмм одномодовых оптических волокон со ступенчатым профилем показателя преломления производства таких фирм, как Corning, Lucent Technology, Alcatel, Fujisura, Pirelli,- показали, что с надежностью более 99% погрешности аппроксимации регулярных участков характеристики обратного рассеяния волокна подчиняются нормальному закону распределения. Процесс является стационарным. При этом среднее значение отклонения рефлектограмм от аппроксимирующей прямой не превышало $5 \cdot 10^{-10}$ дБ, а среднеквадратическое отклонение 0,001дБ. Соответственно, вносимая за счет флюктуаций параметра обратного рассеяния погрешность измерений не превышает $\Delta = 2 \cdot 1,6 \cdot 0.001 = 0.0032$ дБ и лежит в пределах погрешности среднего измерения.

Следует также отметить, что предлагаемый способ измерений позволяет не только снять ограничения на минимальную длину постоянной оптической кабельной вставки, расширяя область применения, но и сократить объем измерений и соответствующие затраты времени более чем в два-четыре раза. Например, традиционный метод измерений на оптическом кабеле емкостью 20 волокон при усреднении в 3 минуты требует $(3 \times 20) \times 2 \times 2 = 240$ минут чистого времени, то есть четыре часа. Предлагаемый способ при тех же условиях требует $(3 \times 20) = 60$ минут чистого времени, то есть только один час. На самом деле экономия будет больше, поскольку при односторонних измерениях максимальное расстояние до точки измерения уменьшается до половины длины участка, а при работе на более коротких длинах, при прочих равных условиях, уменьшается необходимое время усреднения.

Вместе с тем, очевидно, что измеритель должен иметь возможность выбора методики измерения - либо суммарного затухания сростков вставки с одной стороны кабельного участка предлагаемым способом, либо, если позволяют условия, традиционным способом - путем двухстороннего отдельного измерения затухания сростков.

3.3. Порядок измерения затухания сростков оптического волокна при монтаже постоянной кабельной вставки

Затухание на соединениях ОВ при монтаже ПОКВ измеряется оптическим рефлектометром. В качестве основной рекомендуется методика однократного измерения суммарного затухания в двух соединениях ОВ по концам кабельной вставки. В качестве альтернативной - методика отдельного измерения затухания каждого из стыков кабельной вставки (традиционная методика). Суммарное затухание в двух соединениях ОВ по концам кабельной вставки не должно превышать: 0,2 дБ в 100 % сростков, 0,1 дБ в 50 % сростков.

Измерения на основе методики однократного измерения суммарного затухания в двух соединениях ОВ по концам кабельной вставки производятся в следующем порядке. Измерения выполняются с одной стороны, с

ближайшего от кабельной вставки конца регенерационного участка. В процессе измерений вставка рассматривается на рефлектограмме как один сросток, измерения выполняются в соответствии с техническим описанием оптического рефлектометра по методике измерения затухания соединения ОВ. Параметры оптического рефлектометра, в том числе длительность зондирующего импульса и время усреднения, должны выбираться так, чтобы отношение сигнал/помеха SNR в месте отображения вставки на рефлектограмме удовлетворяло условию

$$SNR \geq a_3, \text{ дБ.}$$

Значения a_3 могут быть рассчитаны по формуле

$$a_3 = -5 \cdot \lg(10^{a/10} - 1),$$

где a – значение измеряемой величины.

При этом длина прилегающих к вставке регулярных участков ОВ должна быть не менее значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5

Длительность зондирующего импульса	10 нс	100 нс	1 мкс
Минимальная длина участка волокна	40 м	80 м	600 м

Результат измерения суммарного затухания в двух соединениях ОВ по концам кабельной вставки a_c определяется формулой

$$a_c = a_p + \delta_1 + \delta_2, \text{ дБ}$$

где a_p - значение суммарного затухания в двух соединениях ОВ по концам кабельной вставки, определяемое по рефлектограмме,

δ_1 и δ_2 - поправки, дБ.

Значение поправки δ_1 определяется формулой

$$\delta_1 = (\alpha_B - \alpha_2) \cdot L_B, \text{ дБ}$$

где L_B - длина кабельной вставки, км;

α_B , α_2 - коэффициенты затухания оптических волокон кабельной вставки и уложенной за ней строительной длины, соответственно, дБ/км.

Если длина вставки $L_B \leq 400$ м, то можно полагать $\delta_1 = 0$. Если вставка выполняется внутри одной строительной длины, то поправка $\delta_2 = 0$ дБ. Если вставка выполняется на стыке строительных длин ОК, значение поправки δ_2 определяется формулой

$$\delta_2 = \frac{1}{2} (a_{p2} - a_{p1}), \text{ дБ}$$

где a_{p2} , a_{p1} - результаты измерения затухания стыка оптических волокон строительных длин до и после кабельной вставки соответственно. Они получены при измерениях, выполненных до повреждения ОК (ремонт которого осуществляется данной вставкой) с двух сторон ЭКУ: со стороны строительной длины, уложенной перед вставкой и за ней, соответственно, дБ.

Если длина вставки менее 400 м и она выполняется внутри одной строительной длины ОК, то $a_c = a_p$

Если допускается применение альтернативной методики двухстороннего отдельного измерения затухания соединений кабельной вставки, а именно: при двухсторонних измерениях отношение сигнал/помеха удовлетворяет условию (1), а длина вставки и прилегающих к ней регулярных участков волокна не менее значений по таблице 5, то измеритель вправе выбрать, по какой методике (основной или альтернативной) выполнять измерения.

3.4. Идентификация деградирующих соединений ОВ кабельной вставки

Деградирующее соединение ОВ – это соединение ОВ кабельной вставки и линейного ОК, затухание которого имеет тенденцию к увеличению. Идентификация деградирующих соединений ОВ кабельной вставки осуществляется оптическим рефлектометром. Для идентификации используются методы сравнения и наложения, при этом сравниваются исходная и текущая рефлектограммы ОВ.

Исходная рефлектограмма ОВ – характеристика обратного рассеяния ОВ, полученная в результате контрольных измерений после монтажа постоянной вставки. Текущая рефлектограмма ОВ – характеристика обратного рассеяния волокна, полученная в результате периодических измерений.

Рефлектограммы снимаются с одной стороны и с ближайшего от кабельной вставки конца ЭКУ.

Длительность зондирующего импульса выбирается таким образом, чтобы перекрываемое импульсом расстояние $L_{\text{И}}$ не превышало длины кабельной вставки $L_{\text{В}}$ (т.е. $L_{\text{И}} \leq L_{\text{В}}$). Для оценки расстояния $L_{\text{И}}$ можно пользоваться табл. 2.

Таблица №6

Длительность зондирующего импульса	10 нс	100 нс	1 мкс
Перекрываемое импульсом расстояние, м	5	30	200

Значения расстояний до начала и конца кабельной вставки берутся из протоколов контрольных измерений в процессе монтажа вставки.

В качестве основного метода оценки рекомендуется метод сравнения, в качестве альтернативного – метод наложения.

Способ сравнения реализуется следующим образом

Длительность зондирующего импульса и число усреднений выбираются таким образом, чтобы отношение сигнал/помеха в точке измерений (в месте отображения конца кабельной вставки на рефлектограмме) удовлетворяло условию (1). В соответствии с техническим описанием оптического рефлектометра на экран дисплея оптического рефлектометра вызываются исходная и текущая рефлектограммы. Затем на рефлектометре устанавливается режим сравнения рефлектограмм. Разность приведенных рефлектограмм на рис. 9 в области кабельной вставки отображается на экране дисплея перепадом - ступенькой вверх.

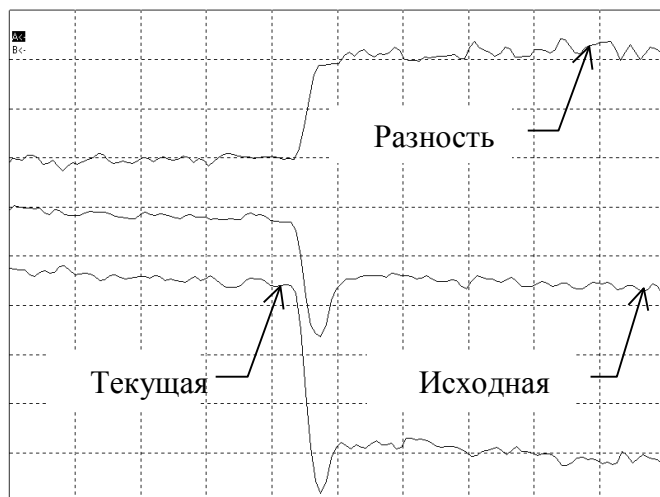
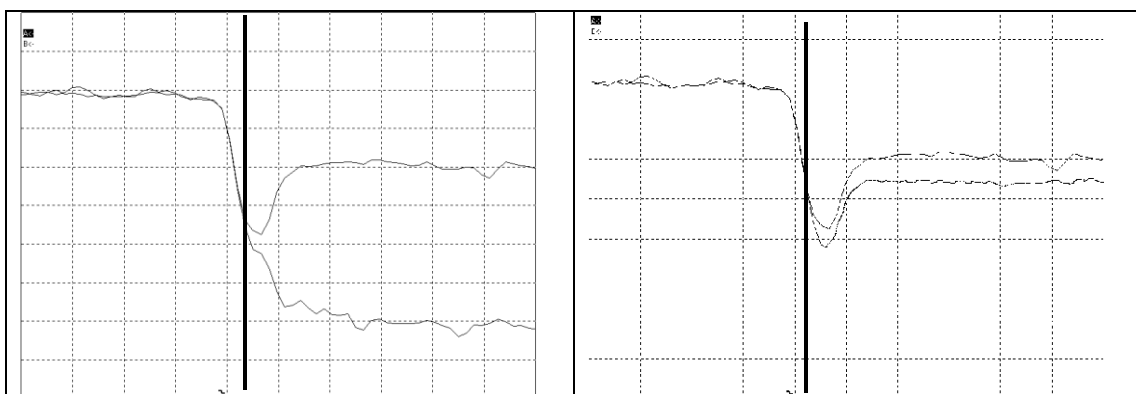


Рис. 9. Пример отображения разности исходной и текущей рефлектограмм

В соответствии с руководством по эксплуатации оптического рефлектометра измеряется расстояние до ступеньки на рефлектограмме, отображающей разность значений исходной и текущей рефлектограмм. Если это расстояние соответствует расстоянию до соединения линейного ОК со вставкой, то это соединение следует считать деградирующим.

Метод наложения реализуется следующим образом. Длительность зондирующего импульса и число усреднений рефлектометра выбираются таким образом, чтобы соотношение сигнал/помеха в точке измерений (в месте отображения конца кабельной вставки на рефлектограмме) удовлетворяло условию (1). В соответствии с руководством по эксплуатации рефлектометра на экран дисплея оптического рефлектометра вызывается исходная и текущая рефлектограммы. Рефлектограммы масштабируются так, чтобы кабельная вставка занимала около 1/5 экрана дисплея и располагалась посередине. Совмещают регулярные участки исходной и текущей рефлектограмм, расположенные перед вставкой (рис.10). Совмещают регулярные участки исходной и текущей рефлектограмм, расположенные за вставкой (рис.11). Если при совмещении регулярных участков рефлектограмм до вставки прилегающие к ним участки рефлектограмм расходятся сразу от конца регулярного участка (рис. 10а), а при совмещении регулярных участков рефлектограмм за вставкой прилегающие к ним участки рефлектограмм на вставке совпадают с погрешностью 10-20 % (рис. 11а), то как «деградирующее» идентифицируют соединение в начале кабельной вставки. Если при совмещении регулярных участков рефлектограмм до вставки прилегающие к ним участки рефлектограмм на вставке совпадают с погрешностью 10-20 % (рис. 10б), а при совмещении регулярных участков рефлектограмм за вставкой прилегающие к ним участки рефлектограмм на вставке расходятся сразу перед началом регулярного участка (рис. 11б), то как «деградирующее» идентифицируют соединение в конце кабельной вставки. Если при совмещении регулярных участков рефлектограмм до вставки прилегающие к ним участки рефлектограмм на вставке расходятся сразу от конца регулярного участка, а при совмещении регулярных участков рефлектограмм за вставкой прилегающие к ним участки рефлектограмм на вставке расходятся сразу перед началом регулярного

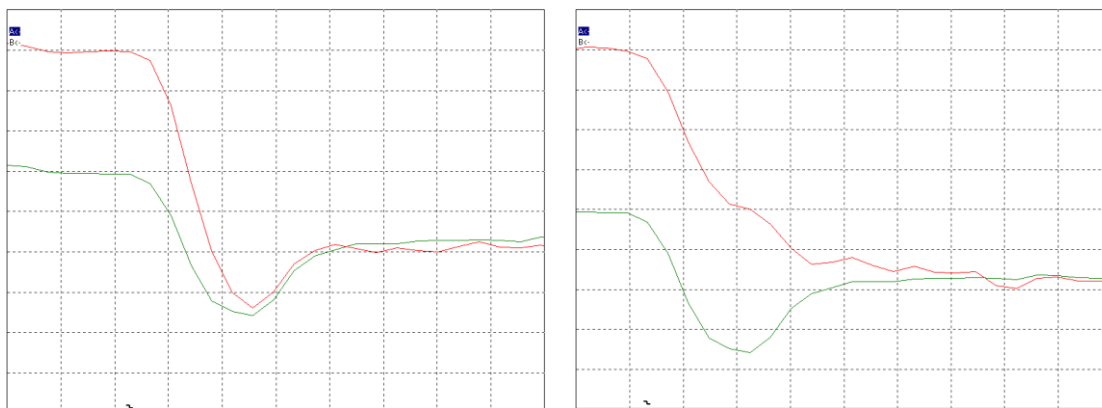
участка (рис. 11б), то как «деградирующее» идентифицируют оба соединения.



а

б

Рис. 10. К определению «деградирующего» соединения



а

б

Рис. 11. К определению «деградирующего» соединения

3.5. Контрольные вопросы

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Конструкции, характеристики и требования к ВОКВ

Одноэлементная ВОКВ (ВОКВО) представляет собой отрезок ОК из эксплуатационного запаса для данной линии, концы которого подготовлены для монтажа с поврежденным линейным кабелем. Это существенно упрощает переход от временной схемы организации связи к постоянной и сокращает время такого перехода. Для ВОКВО может быть также использован специальный малогабаритный ОК длиной около 50 м (что достаточно при устранении локальных повреждений линейного ОК). В случае протяженного участка повреждений линейного ОК может быть также использована одноэлементная ВОКВ протяженностью вплоть до строительной длины линейного ОК. Соединение ОВ поврежденного ОК и кабеля ВОКВО осуществляется с помощью механических соединителей (СМ) или же сваркой.

Для оперативного перекрытия протяженных участков повреждений линейного ОК наиболее целесообразно использовать многоэлементные ВОКВ, конструктивные особенности которых должны обеспечивать развертывание ОК ВОКВМ ручным способом, без необходимости применения специальных механизмов. В настоящем Руководстве рассматриваются два типа многоэлементной ВОКВ: ВОКВМ-1 и ВОКВМ-2, отличающиеся в основном методами соединения отрезков ОК.

ВОКВМ-1 представляет собой набор из двух-восьми отрезков ОК длиной 800-1000 м каждый. Подключение ВОКВМ-1 к поврежденному ОК и соединение отрезков кабеля между собой выполняется с помощью механических соединителей или сваркой ОВ. Для сокращения времени монтажа отрезков ОК ВОКВМ-1 концы ОВ предварительно подготавливаются для сращивания и защищаются специальными колпачками и внешними кожухами. При использовании многоразовых механических соединителей возможна их предварительная установка на ОВ, с защитой при транспортировке внешними кожухами. ВОКВМ-1 наиболее целесообразно использовать при малом энергетическом запасе на поврежденном регенерационном участке (менее 3 дБ), учитывая, что современные механические соединители обеспечивают потери в соединении около 0,1 - 0,2 дБ.

ВОКВМ-2 состоит из двух концевых отрезков ОК длиной по 30 м и двух-восьми одноэлементных промежуточных отрезков ОК длиной около 800-1000 м каждый.

ОВ отрезков ОК в производственных условиях с одной стороны армируются вилками соединителей оптических разъемных (СОР). Для этого на конец кабеля устанавливается «перчатка», с помощью которой выполняется распределение волокон на отдельные модули с последующей установкой на них вилок СОР. С противоположной стороны ОВ концевых отрезков ОК соединяются с волокнами поврежденного ОК с помощью механических соединителей. Наличие концевых отрезков в данной ВОКВМ создает существенное преимущество при осуществлении контроля затухания

в процессе монтажа СМ с помощью только оптического тестера (без необходимости применения рефлектометра). Кроме того, концевые отрезки многоэлементной ВОКВМ-2, соединенные между собой с помощью одного СОР, могут эффективно заменить одноэлементную ВОКВ. Промежуточные отрезки ВОКВМ-2 армируются вилками СОР с двух сторон. Взаимное соединение вилок всех отрезков составной ВОКВМ-2 выполняется посредством розеток СОР.

Конструкция ВОКВМ-2 позволяет более оперативно осуществлять восстановление ОК, чем при использовании ВОКВМ-1.

Рассмотрим общие технические требования к ВОКВ. Согласно [16], рекомендуемый диапазон энергетического запаса, выделяемый на эксплуатацию оптического кабеля ВОЛП, составляет от 2 до 6 дБ. Следовательно, суммарное затухание ЭКУ при применении любого типа ВОКВ, смонтированной на поврежденном ОК, должно удовлетворять вышеуказанным значениям. При локальном повреждении линейного ОК длина кабеля вставки должна составлять не менее 50 м. Данная величина определяется длиной вырезаемой части поврежденного ОК (по 10 м в обе стороны от места обрыва ОК с целью обеспечения гарантии целостности волокон ОК) и длиной откапываемых концов ОК по 15м, обеспечивающих их извлечение из траншеи и выполнение монтажа ВОКВ в палатках или ЛИОК.

При наличии нескольких повреждений в пределах строительной длины линейного ОК требуется значительная длина кабеля ВОКВ. Это вызывает существенное увеличение массы ОК и габаритов кабельного барабана и, тем самым, предопределяет только механизированную прокладку кабеля ВОКВ. В этом случае оперативное развертывание одноэлементной ВОКВ возможно лишь при расположении кабельной трассы вдоль автомобильных дорог.

Для оперативного перекрытия протяженных участков поврежденного линейного ОК наиболее целесообразно использовать многоэлементные ВОКВ, конструктивные особенности которых должны обеспечивать развертывание ОК ВОКВ ручным способом. При этом должны быть выполнены следующие требования:

- оптический кабель ВОКВМ должен иметь малые габаритные размеры и массу, удовлетворять необходимым оптическим, механическим климатическим требованиям, обеспечивать многократную перемотку и т.д.;
- длина отрезков ОК не должна превышать 1100м;
- масса барабана с кабелем должна быть не более 60 кг;
- должна быть обеспечена возможность перемещения барабанов и размоток ОК как со специальных тележек, так и вручную;
- должна быть обеспечена оперативность монтажа ВОКВМ;
- должна быть обеспечена необходимая временная защита от внешних механических повреждений, пыли и влаги мест соединений отдельных отрезков ОК ВОКВМ.

Соединение оптических волокон поврежденного ОК с ОВ любых типов ВОКВ должно выполняться с помощью механических соединителей или сваркой ОВ. Защита мест соединений линейного кабеля и кабелей

вставки (ПОКВ и ВОКВ) должна осуществляться посредством линейных разветвительных муфт с числом вводов не менее трех. ВОКВ должны комплектоваться необходимым специализированным монтажным инструментом, а также необходимой технической документацией.

Сформулируем технические требования к элементам ВОКВ.

Оптический кабель

Для ВОКВО и ВОКВМ должен использоваться оптический кабель наружным диаметром не более 7,5 мм, удовлетворяющий следующим требованиям:

- количество одномодовых ОВ: 4- 12;
- затухание ОВ: не более 0,35 дБ/км ($\lambda=1,31$ мкм) и не более 0,22 дБ/км ($\lambda=1,55$ мкм);
- масса ОК: не более 50 кг/км;
- усилие поперечного сжатия ОК: 1,0 кН/см;
- стойкость ОК к осевому закручиванию $\pm 360^\circ$ на длине 1 м: 20 циклов;
- допустимый радиус стационарного изгиба ОК при монтаже: 150 мм;
- диапазон рабочих температур ОК: от минус 40 до 50 °С;
- количество допустимых перемоток ОК: не менее 50 при температуре выше минус 10°С и не менее 20 при температуре ниже минус 10°С.

Барабаны

Многоэлементные ВОКВ должны поставляться и храниться на легких металлических барабанах, удовлетворяющих следующим требованиям:

- барабаны должны представлять собой сварную конструкцию из стальных труб диаметром около 20 мм;
- на один барабан должно помещаться не менее 1100м оптического кабеля;
- в состав кабельного барабана должна входить подставка-козлы, обеспечивающая намотку и размотку ОК, а также переноску барабана с ОК вручную.
- масса барабана с подставкой должна быть не более 10 кг.
- для транспортировки барабана с ОК вдоль трассы вручную должна быть предусмотрена тележка.
-

Соединительные устройства

При организации временного варианта восстановления ОК соединение неармированных оптических волокон между собой (при подключении ОК ВОКВ к линейному кабелю или взаимном соединении отрезков ОК ВОКВМ-1) наиболее целесообразно осуществлять с помощью механических соединителей.

Армирование оптических волокон ВОКВМ-2 следует выполнять вилками разъемных оптических соединителей типа FC/SPC или FC/APC, обеспечивающих: - затухание стыка не более 0,2-0,4 дБ,

- затухание отражения стыка не менее - 40 дБ (FC/SPC) и - 65 дБ (FC/APC).

Для сочленения вилок должны использоваться прецизионные розетки (адаптеры).

Муфты и временные защитные муфты.

В местах подключения временной вставки к линейному ОК должны устанавливаться разветвительные муфты, имеющие как минимум три ввода. Один из них используется для ввода линейного ОК; второй используется для ввода ОК постоянной вставки; третий - для ввода ОК временной вставки. Герметизация вводов линейного ОК и кабеля постоянной вставки обеспечивается, как правило, термоусаживаемыми трубками с подклеивающим слоем или же герметиками.

Защита мест соединений отрезков ОК ВОКВМ должна осуществляться с помощью временных защитных муфт многократного применения (МЗВ), конструкция которых должна обеспечивать оперативный монтаж и демонтаж вводимых и соединяемых в ней элементов и их защиту от пыли и влаги.

Корпус МЗВ должен быть выполнен из легкого ударопрочного материала, крепление оптического кабеля ВОКВ в корпусе МЗВ должно обеспечивать стойкость к растягивающему усилию не менее 400 Н.

Инструменты и принадлежности, комплектация ВОКВ

ВОКВ должны быть укомплектованы необходимыми элементами, инструментом и принадлежностями в соответствии с прилагаемой к ней инструкцией по монтажу.

Хранение и транспортировка

Хранение ВОКВ осуществляется в соответствии с требованиями, изложенными в [1]. Условия хранения ОК для ВОКВ должны обеспечивать их длительную сохранность без изменения оптических и механических характеристик, а также свойств защитных покровов. Хранение ОК длиной до 1100 м производится на соответствующих барабанах, а ВОКВО до 50 м - в бухтах. Кабели на барабанах и в бухтах должны храниться в закрытом помещении, с обеспечением защиты от прямого воздействия солнечных лучей. Барабаны с ОК при хранении должны размещаться таким образом, чтобы имелась возможность для проведения измерений и испытаний кабеля.

На каждом барабане указываются:

- тип ВОКВ;
- номер барабана;
- марка и длина ОК;
- тип ОВ и их количество.

ВОКВ небольшой длины (до 50 м), смотанные в бухты, должны храниться в специальных ящиках или на стеллажах. К бухте должна быть прикреплена бирка с указанием типа ВОКВ, длины ОК, типа и количества ОВ. Лакокрасочные покрытия металлических барабанов должны восстанавли-

ваться в местах их нарушения. Для доставки барабанов с кабелем к месту АВР должны использоваться транспортные средства, обеспечивающие в наиболее неблагоприятных условиях сезона проходимость в условиях данной местности.

Техническая эксплуатация ВОКВ включает:

- осуществление технического надзора за размещением, подготовкой к работе элементов ВОКВ;
- осуществление технического обслуживания элементов ВОКВ в установленные сроки;
- подготовка элементов ВОКВ к эксплуатации после каждого использования при АВР (пополнение элементов, выходящих из строя);
- ведение производственной документации и отчетности, отражающих объемы выполненных работ.

Техническое обслуживание элементов ВОКВ должно выполняться работниками ЦЛКС (ЛТЦ). Выполнение указанных выше работ организует начальник ЦЛКС (ЛТЦ). Техническое обслуживание элементов ВОКВ должен выполнять электромеханик (старший электромеханик). Начальник ЦЛКС (ЛТЦ) ежегодно должен составлять:

- план-график осмотра, ремонта, замены и проверок элементов ВОКВ;
- годовой план пополнения неисправных элементов ВОКВ.

План-график и годовой план должны утверждаться главным инженером эксплуатационного предприятия, который одновременно принимает решение о порядке их реализации.

Для учета выполненных работ по техническому обслуживанию элементов ВОКВ и учета работ по пополнению элементов ВОКВ должна вестись производственная документация.

Техническое обслуживание ВОКВ должно предусматривать:

- обеспечение постоянной технической исправности ВОКВ;
- устранение причин, вызывающих неисправности;
- своевременную замену вышедших из строя или пополнение элементов ВОКВ.

Выполнение работ по техническому обслуживанию ВОКВ в установленные сроки и в полном объеме обязательно и не зависит от технического состояния, времени года и места размещения ВОКВ.

Техническое обслуживание ВОКВ заключается в проверках полноты наличия и исправности элементов ВОКВ в процессе проведения периодических осмотров и проверок. Осмотру и проверкам подвергаются все элементы, входящие в комплектацию ВОКВ. После получения ВОКВ эксплуатационное предприятие осуществляет ее входной контроль, включающий в себя проверку комплектации ВОКВ и визуальный осмотр всех ее элементов, а также проверку оптических параметров ВОКВ в сборе.

Проверка оптических параметров предусматривает измерение общего затухания в каждом волокне смонтированной ВОКВ и измерение сигнала отражения от соединений отрезков вставки. Допускается осуществлять монтаж отрезков ВОКВ и дальнейший контроль параметров кабеля, находящегося на барабанах и в бухтах.

Периодические визуальные осмотры ВОКВ, проверку комплектации, измерения оптических параметров ее элементов следует производить один раз в полгода, а также после каждого использования ВОКВ при АВР.

В процессе проведения периодических измерений оптических параметров ВОКВ достаточным является определение затухания в отдельных строительных длинах во всех ОВ (концевых и средних отрезках ОК) вставки. Измерения выполняются с помощью рефлектометра или оптического тестера и с использованием нормализующей длины (катушка ОВ длиной около 1 км), армированной эталонными СОР.

При обнаружении повреждений или утере элементов ВОКВ должны быть приняты безотлагательные меры по устранению повреждений и доукомплектации ВОКВ. Характерные неисправности элементов ВОКВ и методы их устранения приведены в соответствующих инструкциях по эксплуатации.

Данные о работах, выполняемых при техническом обслуживании ВОКВ, должны регистрироваться в журнале учета работы ВОКВ (Приложение №5).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Оснащение ремонтно-восстановительной спецмашины (ЛИОК) на базе автомашины КАМАЗ (УРАЛ, ЗИЛ и др.)

Наименование изделия	Кол.	Примечание
Агрегат бензоэлектрический АБ-2	1 шт.	Мощность 2 кВА
Рефлектометр оптический	1 шт.	
Сварочный аппарат	1 шт.	
Оптический тестер (комплект)	1 компл.	
Комплект оптических телефонов	1 компл.	
Инструмент для монтажа ОК с очистителем ОК	1 компл.	Набор инструментов зависит от типа используемой ВОКВ
Муфты с ремонтным комплектом	3 шт.	Для использования при организации постоянной вставки
Шнуры "патчкорд"	2 шт.	Длина шнуров 20 м
Комплект для восстановления изоляции пластмассовой оболочки ОК	1 компл.	
Термоусаживаемые колпачки для ОК	10 шт.	
Фонарь электрический	1 шт.	
Электромолоток	2 шт.	
Стол для монтажа ОК	1 шт.	
Термос для воды на 10 л.	2 шт.	
Измерительная катушка с ОВ	1 шт.	Длина ОВ 500 м
Инструмент для монтажа механических соединителей	1 компл.	
Механический соединитель	Количество соответствует удвоенному кол-ву волокон в ОК, плюс 4 шт.	

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Состав АВБ №1, ведомость ее комплекта

Состав бригады 5 человек:
измеритель (ст. эл. мех.)
электромеханик по ЛКС ВОЛС (3 чел.);
водитель на а/м УАЗ.

Документы:

планшет ЭКУ;
монтажная схема ЭКУ с КИП и значениями измерений $R_{из}$ оболочки;
таблицы оптических расстояний до муфт (“оптические привязки”);
схемы включения ОВ на оптических кроссах;
схема соответствия цветов и номеров волокон в ОК;
таблица коэффициентов укорочения физической длины ОК по отношению к оптической из-за особенностей конструкций ОК;
технологические карты на устранение повреждений на ЭКУ.

Приборы и устройства:

рефлектометр оптический с измерительной катушкой (длина ОВ 500м);
генератор трассовый с кабелеискателем;
переносный заземлитель генератора;
радиостанция переносная, либо альтернативные средства связи (сотовый, транкинговый или спутниковый телефон и др.) – 2 шт.;
радиостанция, стационарно установленная на автомашине;
электронный калькулятор.

Инструмент:

комплект инструментов для монтажа муфт с очистителем кабеля от гидрофобного заполнителя;
комплект инструментов для монтажа механических соединителей;
механические соединители в размере не менее удвоенного числа волокон в ОК, плюс 4 шт.
Временная вставка (комплект).

Прочее:

ключи от НРП;
бидон с водой;
лопаты: совковая и штыковая;
лом;
агрегат бензоэлектрический АБ-0,5 (мощностью 0,5 кВА).

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Состав АББ №2, ведомость ее комплекта.

Состав бригады: 6-8 человек на автомашине ГАЗ-66 (ЗИЛ - 131);
ВОКВМ – 1 компл.
Бензоэлектроагрегат АБ-2 (мощностью 2,2 кВА) – 1 шт.;
Переносной электрический шнур-удлинитель – 2 шт.;
Палатка – 2 шт.;
Стол для монтажа ОК – 2 шт.;
Бидон с водой на 30 л – 2 шт.;
Электрообогреватель – 2 шт.;
Шанцевый инструмент (лопата совковая - 3 шт., штыковая - 5 шт.;
лом - 2 шт.)
Сапоги болотные - 2 пары
Переносная радиостанция - 3 шт.;
Электромолоток – 1 шт.;
16. Мегаомметр – 1 шт.

Состав бригад по ППР

Вид ППР	Состав и оснащение бригады	Примечание
Измерение сопротивления изоляции «бронепокров ОК – земля» и целостности брони	Водитель (а/м УАЗ) – 1 чел. Измеритель (электромеханик) – 2 чел Мегаомметр типа М4100/1-5 (1 шт.)	Бригада организуется из состава сотрудников ЛТЦ.
Измерение параметров устройств защиты ЛКС	Водитель (а/м УАЗ) – 1 чел. Измеритель (электромеханик ЛТЦ) – 2 чел. Измеритель (инженер ТУСМ) –1 чел. Мегаомметр типа М4100/1-5 (1 шт.), прибор ИМПИ-3, «Dynatel» фирмы «ЗМ» или аналог, аккумулятор – 1 шт.	Бригада организуется из состава сотрудников ЛТЦ при участии сотрудника ТУСМ.
Измерение параметров передачи ОВ	Водитель (а/м УАЗ) – 1 чел. Измеритель (инженер ТУСМ) –1 чел. Оптический рефлектометр (1 шт.), комплект измерительных шнуров, катушка ОВ, источник энергоснабжения рефлектометра.	Бригада организуется из состава сотрудников ТУСМ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ЖУРНАЛ учета работы ВОКВ

Магистраль _____ Объект эксплуатации _____
 Место нахождения ВОКВ _____ Дата поступления на склад _____

№ пп	Тип ВОКВ, № и длина ОК на барабане (бух- те), входящего в состав ВОКВ	Дата осмотра и проверки	Вид проверки														Заключе- ние
			Осмотр						Измерение ОВ после использо- вания								
			Элементы ВОКВ						Коэффициент затухания в ОВ, дБ/км								
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	ВОКВС-1, №1, 980 м		+	+	+	+	+	-	0,2 1	0,2 0	0,2 1	0,1 9	0,2 0	0,2 0	0,1 9	0,2 1	Отсутству- ет элемент № 6, зату- хание со- ответствует норме.
	№2,																
	№3,																
	№6,																
	ВОКВС-1, (1 + 2 + 3 + ... + 6)								0,2 1	0,2 1	0,2 0	0,2 0	0,2 1	0,1 9	0,1 9	0,2 0	
Проверку проводил:		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <i>фамилия</i> <i>должность</i> <i>подпись</i> </div>															

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила технической эксплуатации линейно-кабельных сооружений междугородных линий передачи, книга 3, 1998г.
2. Ларин Ю.Т. Надежность оптических волокон. Аналитическая информация- М.: Информэлектро, 1990 г., 40 с.
3. МСЭ-Т. Конструкции, прокладка, соединение и защита оптических кабелей связи- Женева.1994
4. Временная инструкция по аварийно-восстановительным работам на волоконно-оптических линиях связи (ТЦМС-22), 1997 г.
5. Инструкция по устранению линейных повреждений ВОЛС (ТЦМС-5), 1997 г.
6. Руководство по прокладке, монтажу и сдаче в эксплуатацию волоконно-оптических линий связи магистральных и внутризоновых сетей (Линейно-кабельные сооружения), М., ССКТБ-ТОМАС , 1993 г.
7. Вставки оптические кабельные временные. Техническое описание и инструкция по эксплуатации, М., ЦНИИС, 1995 г.
8. Руководство по строительству линейных сооружений местных сетей связи/ МС РФ- АООТ"ССКТБ-ТОМАСС"- М.1996.
9. Правила охраны линий и сооружений связи Российской Федерации, М., 1995 г.
10. Правила по охране труда при работах на кабельных линиях связи и проводного вещания (радиофикации), М., Недра,1996 г.
11. Рекомендации по восстановлению работоспособности оптического кабеля с помощью временных оптических кабельных вставок на магистральной и внутризоновых линиях передачи, М., Госкомсвязи России, 1997 г.
12. Инструкция по аварийно-восстановительным работам на междугородных кабельных линиях связи, М., 1978 г.
13. Соединитель механический. Техническое описание и инструкция по эксплуатации, М., ЦНИИС, 1995 г.
14. Руководство по монтажу муфты МОГ-МОГР на оптических кабелях местных сетей связи, М., ССКТБ, 1995 г.
15. Муфты оптические местной и зоновой связи (МОМЗ). Технические условия. АХШ 4.468.000 ТУ.
16. Нормы приемо-сдаточных измерений элементарных кабельных участков магистральных и внутризоновых подземных волоконно-оптических линий передачи сети общего пользования, М., Госкомсвязи России, 1997 г.
17. Иванов А.Б. Волоконная оптика:компоненты, системы передачи, измерения.- М.: САЙРУС СИСТЕМС, 1999.
18. Hayes J. Fiber Optic Technician's Manual.- Delmar Publisher, 1996
19. Основы измерений оптическим рефлектометром MW9060A/ Под редакцией В.А.Бурдина.- Самара, ПИИРС.1996.
20. AQ 7250. Instruction Manual
21. HP E6000A. Instruction Manual

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	1
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	6
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ АВАРИЙНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ЛИНЕЙНО-КАБЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ВОЛП.....	7
1.1. Классификация состояний ЛКС ВОЛП.....	7
1.2. Классификация видов повреждений оптического кабеля.....	7
1.3. Классификация причин повреждений ОК.....	8
1.4. Способы восстановления ЛКС ВОЛП при аварийных повреждениях ..	8
1.5. Классификация оптических кабельных вставок.....	8
1.6. Выбор типа и протяженности оптической кабельной вставки.....	9
1.7. Контрольные вопросы	11
2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ АВАРИЙНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ.....	11
2.1. Организация работ по восстановлению работоспособности поврежденной кабельной линии	12
2.2. Алгоритм выполнения АВР	13
2.3. Технология АВР при децентрализованном методе обслуживания	15
2.4. Технология АВР при централизованном и комбинированном методах обслуживания	17
2.5. Организация служебной связи.....	17
2.6. Техническая документация, используемая при восстановлении ЛКС ВОЛП.....	18
2.7. Организация земляных работ	19
2.8. Указания по технике безопасности.....	21
2.9. Организация работ по восстановлению поврежденной ВОЛП по временной схеме	21
2.9.1. Общие положения	21
2.9.2. Прокладка и монтаж одноэлементной ВОКВ	22
2.9.3. Прокладка и монтаж многоэлементных ВОКВ	22
2.10. Организация работ по восстановлению поврежденной ВОЛП по постоянной схеме	24
2.10.1. Общие положения.....	24
2.10.2. Определение длины ПОКВ	25
2.10.3. Способы включения ПОКВ	26
2.10.4. Переход от ВОКВ к ПОКВ без перерыва действия связей.....	26
2.11. Контрольные вопросы	27
3. ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВР НА ЛКС ВОЛП.....	28
3.1. Локализация места повреждения ОК	28
3.2. Контроль качества соединения оптических волокон при монтаже кабельной вставки	30
3.3. Порядок измерения затухания сростков оптического волокна при монтаже постоянной кабельной вставки	38

3.4. Идентификация деградирующих соединений ОВ кабельной вставки	40
3.5. Контрольные вопросы	43
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	44
Конструкции, характеристики и требования к ВОКВ	44
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	50
Оснащение ремонтно-восстановительной спецмашины (ЛИОК) на базе автомашины КАМАЗ (УРАЛ, ЗИЛ и др.)	50
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	51
Состав АВБ №1, ведомость ее комплекта	51
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	52
Состав АВБ №2, ведомость ее комплекта.	52
ПРИЛОЖЕНИЕ 5	53
ЖУРНАЛ учета работы ВОКВ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	54
ОГЛАВЛЕНИЕ.....	55