

# ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ



Химоя қилишга рухсат берилсин

“ЭА ва Р” кафедра мудири

Қадиров О.Х. Қадиров О.Х.

« 25 » 06 2013 й.

“Электр алоқа ва радио” кафедраси \_\_\_\_\_

*«Проектирование ВОЛС на участке  
Мухомб - Бунграф»*

мавзудаги

## МАЛАКАВИЙ БИТИРУВ ИШИ

Муаллиф Қилъатов Шавкат Шашилович

Битирув иши раҳбари «Электр алоқа ва радио»

кафедраси ассистенти

Бондарев Таъзимуддин Алмухаммадиевич

Меҳнатни муҳофаза қилиш бўйича

маслаҳатчи преподаватель кафедры «АТ на ж.д.»

Криворуцкий Юрий Васильевич

Такризчи ТДУ профессоры Т.Ф.Ф. Ширинин А.Т.

# ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

Ташишни ташкил этиш ва транспорт логистикаси факультети  
«Электр алоқа ва радио» кафедраси

5522200 «Телекоммуникация» йўналиши IV курс ТЖ30 гуруҳ

“Тасдиқлайман”  
“ЭА ва Р” кафедра мудири  
Кадиров О.Х.  
2013 йил 12.07.

## МАЛАКАВИЙ БИТИРУВ ИШИ БЎЙИЧА ТОПШИРИҚ

Талаба Кадиров Шавкат Шашипов  
(фамилия, исм, шарфи)

1. Битирув ишининг мавзуси „Проектирование ВОЛС на участке Нукус-Кунград“

«  »    2013 йил кафедра мажлисида мақуллашган.

2. Битирув ишни топшириш муддати   

3. Битирув ишни бажаришга доир бошланғич маълумотлар   

4. Ҳисоблаш – тушунтириш ёзувларининг таркиби (ишлаб чиқиладиган масалалар рўйхати)

1. Анализ состояния и перспектив развития телекоммуникационных технологий Республики Узбекистан.

2. Обоснование строительства ВОЛС на участке Нукус-Кунград.

3. Организация первичной сети связи на участке Нукус-Кунград.

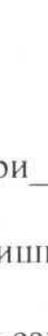
4. Охрана труда и охрана окружающей среды

5. Чизма ишлар рўйхати (чизмалар номи аниқ кўрсатилади)

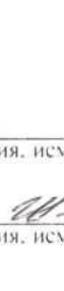
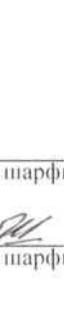
рис.1. Структурная схема ШЧ-Н и план прокладки ВОЛС на участке Нукус-Кунград  
рис.2. Распределение выбранного кабеля ОПН-ЭПО-Н-ОН-016403-15

рис.3. Организация первичной сети связи на участке Нукус-Кунград, схема синхронизации первичной сети связи на участке Нукус-Кунград.

6. Битирув иши бўйича маслахатчи (лар)

№ т/р	Бўлим мавзуси	Маслахатчи ўқитувчи Ф.И.Ш.	Имзо, сана	
			Топширик берилди	Топширик бажарилди
1.	Основная часть	Бейбаев Т.А.	4.01.2013г.	
2.	Охрана труда	Кривертубов, В.		

7. Битирув ишни бажариш режаси

№ т/р	Битирув иши босқичларининг номи	Бажариш муддати (сана)	Текширувдан ўтганлик белгиси
1.	Анализ состояния и перспективы развития теплоэнергетических технологий Дес. №	4.03.2013г. - 12.04.2013г.	
2.	Восстановление строительства Водос на нед. участка Нуку-Кенгу	13.05.2013г. - 25.05.2013г.	
3.	Организация первоочередной связи на участке Нуку-Кенгу	3.06.2013г. - 15.06.2013г.	
4.	Охрана труда и охрана окружающей среды		

Битирув иши раҳбари Бейбаев Т.А.  
(фамилия, исм, шарфи)

Топширикни бажаришга олдим Билалов Ш.Ш.  
(фамилия, исм, шарфи)

Топширик берилган сана 2013 йил \_\_\_\_\_

  
(сана)  
  
(сана)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	7
<b>1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН</b> .....	9
1.1 Приоритетные направления развития инфраструктуры республики в 2011-2015 годах .....	9
1.2 Стратегия развития и организационная структура Узбекских железных дорог .....	11
1.2.1 Стратегия развития Узбекских железных дорог .....	10
1.2.2 Организационная структура Узбекских железных дорог .....	15
1.3 Состояния и перспективы развития железнодорожных сетей связи Республики Узбекистан .....	17
<b>2. ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОЛОКОННО- ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ УЧАСТКЕ НУКУС-КУНГРАД</b> .....	22
2.1 Характеристика железнодорожного участка Нукус-Кунград и перспектива его развития .....	22
2.2 Характеристика действующей системы связи .....	24
2.2.1 Технические данные аппаратуры В-3-3 и В-12-3 .....	25
2.2.2 Выбор направляющей системы .....	26
2.3 Основные характеристики ВОЛС .....	27
2.3.1 Выбор типа оптического кабеля и способы прокладки .....	30
<b>3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРВИЧНОЙ СЕТИ СВЯЗИ НА УЧАСТКЕ НУКУС-КУНГРАД</b> .....	34
3.1 Расчет параметров линейного тракта .....	34
3.1.1 Расчет первичных параметров оптического волокна .....	34
3.1.2 Расчет вторичных параметров оптического волокна .....	35
3.1.3 Расчет длины регенерационного участка .....	36
3.1.4 Расчет быстродействия ВОСП .....	37
3.1.5 Расчет порога чувствительности ПРОМ .....	39
3.1.6 Расчет затухания соединителей ОВ .....	39
3.2 Организация строительства и монтажа ВОЛС .....	42
3.2.1 Выбор и обоснования трассы прокладки ВОЛС .....	42
3.2.2 Особенности строительства ВОЛС .....	43
3.2.3 Подготовка к строительству ВОЛС .....	44
3.2.4 Разработка грунта .....	47
3.2.5 Прокладка трубопровода .....	48
3.2.6 Монтаж оптического кабеля .....	48
3.2.7 Основные операции при монтаже ВОК .....	49
3.2.8 Приемосдаточные испытания и составление паспорта ВОЛС .....	51
3.2.9 Применение мультиплексов СЦИ «Транспорт» для организации схемы связи .....	53
<b>4. ОХРАНА ТРУДА И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</b> .....	57

4.1 Допуск персонала к обслуживанию ВОЛС .....	57
4.2. Меры безопасности при строительстве и техническом обслуживании ВОЛС .....	58
4.3 Меры борьбы с транспортным шумом.....	60
4.4 Основы безопасности работников железнодорожного транспорта на путях .....	61
4.5 Меры безопасности при производстве работ на путях .....	62
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	64
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	65

## ВВЕДЕНИЕ

Современные первичные сети связи железнодорожного транспорта должны обеспечивать надежную передачу и переключение больших потоков различной информации, ввод и выделение этих потоков в произвольных пунктах, глубокий контроль качества в соответствии с действительным временем пользования связью и качеством принятой информации. Наиболее полно перечисленным выше требованиям сложной транспортной системы отвечают волоконно-оптические сети связи синхронной цифровой иерархии (СЦИ).

В 1998 году МСЭ-Т рекомендовал технологию СЦИ, разработанную в США, для создания транспортных сетей. За эти годы сети СЦИ получили широкое распространение, в том числе на сетях связи железных дорог европейского экономического союза, России, стран СНГ, показав высокую эффективность в обеспечении управления транспортными технологическими процессами. Высокая надежность и эффективность аппаратуры СЦИ при постоянно снижающейся стоимости обеспечивают ее широкое применение и конкурентно способность на рынке современных средств связи.

В настоящее время в Республике Узбекистан активно ведутся работы по строительству железнодорожных сетей связи на основе технологии СЦИ и волоконно-оптических линий. Аналогичные работы по созданию общегосударственной сети связи осуществляет государственная телекоммуникационная компания Узбектелеком. Поэтому вполне закономерным является рассмотрение возможности строительства волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), учитывающих интересы этих двух крупнейших ведомств.

Обладая развитой инфраструктурой (здания, надежное энергоснабжение, земля для прокладки кабеля в полосе отвода), железные дороги Узбекистана охватывают практически все крупные города и населенные пункты и позволяют создать мощную волоконно-оптическую сеть на территории

Узбекистана для решения самого широкого спектра народно-хозяйственных задач.

Развития телекоммуникационных технологий Республики Узбекистан на период 2011-2015 годы с целью определения направлений строительства ВОЛС, приоритетных для железных дорог Узбекистана.

Одним из таких направлений является железнодорожный участок Нукус – Кунград, для которого требуется обосновать выбор трассы ВОЛС, типа волоконно-оптического кабеля, технологии его прокладки, системы передачи информации, организации схемы связи.

Эти и другие вопросы подробно рассмотрены в основной части пояснительной записки.

Для безопасного труда работников, связанных с эксплуатацией первичной сети связи на участке Нукус – Кунград, в разделе охрана труда рассмотрено обучение безопасным приемам труда, произведен анализ опасных вредных производственных факторов, влияющих на качество работы при эксплуатации сети связи.

## **1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

# **ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

## **1.1 Приоритетные направления развития инфраструктуры республики в 2011-2015 годах**

Появление новых технологий связи создаёт возможности для внедрения более доступных способов создания сетей коммуникаций, таких как беспроводные, широкополосные сети и улучшения информационной инфраструктуры. Однако развитие информационной инфраструктуры в масштабе республики требует больших капитальных вложений и системного подхода для обеспечения совместимости новых сетей с уже имеющимися сетями. С этой целью правительство Республики Узбекистан приняло ряд директивных документов, направленных на ускоренное развитие и модернизацию информационной инфраструктуры государства.

В Постановлении Президента Республики Узбекистан “Об ускорении развития инфраструктуры, транспортного и коммуникационного строительства в 2011-2015 годах” от 21.02.2010 г. определены следующие основные задачи:

- комплексное и опережающее развитие и строительство транспортных коммуникаций, современных телекоммуникационных систем, объектов инженерной инфраструктуры, на основе расширения масштабов привлекаемых зарубежных и внутренних источников финансирования, современных технологий, обновления строительного и индустриального производственных комплексов;

- модернизация и ускоренное развитие современных телекоммуникационных сетей и сооружений, расширение сети сотовой связи и широкополосной передачи данных, поэтапный переход в регионах республики на цифровое телевидение;

В Программе разработанной совместно с Министерством экономики, Министерством финансов, ГАЖК “УТЙ” и другими заинтересованными

ведомствами на основании Постановления от 06.08.2010 года Президента Республики Узбекистан определены основные целевые показатели развития инфраструктуры, транспортного и коммуникационного строительства в 2011-2015 годах.

В качестве примера в таблице 1.1 приведены основные показатели развития транспортной и телекоммуникационной отраслей на период до 2015 года.

Таблица 1.1 - Основные показатели развития транспортной связи

№ п.п.	Наименование показателей	Ед. изм.	2011 г. (прогноз)	2012 г. (прогноз)	2013 г. (прогноз)	2014 г. (прогноз)	2015 г. (прогноз)	Всего в 2011-2015 гг.
I	Железнодорожная транспортная система	экв. млн. долл	273,8	246,3	320,9	387,8	365,3	1 594,1
II	Система телекоммуникаций и инженерно-коммуникационная инфраструктура	экв. млн. долл	165,8	210,0	274,5	306,7	306,1	1 263,1

Как следует из Программы на эти две отрасли в совокупности предусмотрено выделение наиболее значительных денежных средств, что свидетельствует о приоритетности их развития в общей инфраструктуре республики Узбекистан.

В таблице 1.2 приведены конкретным участки ГАЖК “УТЙ”, на которых намечено строительство ВОЛС в соответствии с Программой “Об ускорении развития инфраструктуры, транспортного и коммуникационного строительства в 2011-2015 годах”.

Как видно из таблицы 1.2 приоритетным развитием ВОЛС ГАЖК “УТЙ” является Кунградское отделение дороги, что обусловлено динамичным развитием Каракалпакской автономной республики и развитием

транспортного коридора Узбекистан-Казахстан-Россия, как железнодорожного, так и автомобильного. Для его эффективной работы требуется создания мощной инфотелекоммуникационной структуры на основе ВОЛС.

Таблица 1.2 - Участки ГАЖК “УТЙ”, на которых намечено строительство ВОЛС в 2011-2015 годах

Наименование	Ед. изм.	Всего	в том числе по годам:				
			2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Строительство волоконно-оптической линии связи на участках	км	1142	290	420	125	171	136
Навои-Учкудук-1	км	290	290	-	-	-	-
Учкудук-Мискен	км	224	-	224	-	-	-
Мискен-Нукус	км	196	-	196	-	-	-
Нукус-Кунград	км	120	-	-	120	-	-
Кунград-Каракалпакия	км	307	-	-	-	171	136

## 1.2 Стратегия развития и организационная структура Узбекских железных дорог

### 1.2.1 Стратегия развития Узбекских железных дорог

После распада Советского Союза Среднеазиатская железная дорога оказалось разделена по территориям нескольких стран. Вследствие этого стали возникать трудности с перевозками из-за долгого простоя на границах, высоких расценок на использование дорог, их ремонт, обслуживание подвижного состава.

Для Узбекистана это привело к разрыву единой железнодорожной сети на изолированные участки: во-первых, территорией Туркмении оказались отделены от основной сети участки в Хорезмской обл. (Ургенч-Хива), Каракалпакии (линия Тахиаташ-Бейнеу), Сурхандарьинской обл. (Келиф-Термез-Кумкурган-Сарыасия с ветками на Амузанг, Хайратон); во-вторых, территорией Таджикистана - вся сеть в Ферганской долине. Участок

Сырдарьинская-Ирджарская в голодной степи, проходящий по территории Казахстана, принадлежит Узбекским железным дорогам.

Такая изолированность как западной, так и юго-восточной сети вынудила правительство приступить к сооружению линий в обход территории Туркменистана. В декабре 1995г. началось строительство линии Гузар-Байсун-Кумкурган длиной 222 км для соединения с главной сетью страны юго-восточного железнодорожного участка Сурхандарьинской области. В 1999г. в этом же районе началось строительство ветки длиной 65 км от станции Эльбаян (к северу от Кумкургана) до Байсунского угольного карьера.

В январе 1995 г. развернулось строительство второй магистрали Учкудук– Турткуль-Караузьяк-Султануиздаг-Нукус для соединения основной сети дорог (от Навои через Учкудук и пустыню Кызылкум) с изолированной сетью Каракалпакии и Хорезмской обл. Первый участок этой линии вдоль правого берега Амударьи от Нукуса через территорию четырех районов Каракалпакии до Султануиздагского мраморного карьера (в районе станции Караозек) длиной 79 км был введен в эксплуатацию еще в августе 1989 г. (в постоянную эксплуатацию - в 1994 г.).

В сентябре 1996 г. был сдан в эксплуатацию участок Туямуюн-Мискин-Турткуль длиной 60 км. Новая линия прошла от Туямуюнской плотины на Амударье (линия от станции Газ-Ачак на линии Чарджоу—Ургенч по плотине Туямуюнского гидроузла была построена в 1983 г.) через Мискин (станция Ленин-йулы) до Турткуля. Эта линия соединила левый и правый берега Амударьи, а также позволила начать строительство линии Турткуль—Караозек (170 км) и линии в сторону Учкудука.

Дальнейшая стратегия развития железных дорог республики во многом связана с реализацией ряда международных проектов по организации сообщений между странами Центральной Азии и Европой, Персидским заливом, Китаем.

Одним из первых проектов такого масштаба является проект международного транспортного коридора Европа – Кавказ – Азия (ТРАСЕКА), который был принят на международной конференции в Брюсселе в мае 1993 г. Участниками проекта являются восемь стран ТРАСЕКА (пять республик Центральной Азии и три Кавказские республики) и Европейский Союз. Программа Европейского Союза (ЕС) по оказанию технической помощи для развития транспортного коридора Запад-Восток из Европы, вдоль Черного моря, через Кавказ и Каспийское море в Центральную Азию в качестве дополнительного маршрута к уже традиционно существующим.

Основное многостороннее соглашение (ОМС) было подписано на "Саммите ТРАСЕКА – Восстановление Исторического Шелкового пути" в 1998г. в Баку (Азербайджан), Межправительственная Комиссия (МПК) была создана в 2000г. в Тбилиси (Грузия). Межгосударственная программа ЕС Тасис ТРАСЕКА включает следующие страны, которые являются сторонами: [Азербайджан](#), [Армения](#), [Болгария](#), [Грузия](#), [Казахстан](#), [Кыргызстан](#), [Молдова](#), [Румыния](#), [Турция](#), [Украина](#), [Узбекистан](#), [Таджикистан](#) и Иран.

Проект соответствует международной стратегии ЕС по данным странам и преследует следующие цели:

- поддержать политическую и экономическую независимость республик, посредством их выхода на европейский и мировой рынок через альтернативные транспортные маршруты;
- развитие регионального сотрудничества между участвующими странами;
- использование проекта для привлечения международных финансовых институтов и частных инвесторов;
- связать маршрут ТРАСЕКА с Транс-Европейскими маршрутами.

В рамках проекта ТРАСЕКА германской компанией Сименс модернизирован участок железной дороги Ташкент-Самарканд, строится узбекский участок Трансазиатско-Европейской магистрали (ТАЕ), которая пройдет через 14 стран и соединит Фракфурт-на-

Майне с Шанхаем.

Наряду с этим проектом реализуются менее масштабные, но весьма значимые для Узбекистана проекты.

В 1996 году завершилось формирование Трансазиатской железной дороги (ТАЖД): Стамбул-Тегеран-Мешхед-Серахс-Чарджоу-Ташкент-Алма-Ата-Урумчи-Пекин. Обсуждается идея создания транзитного пути протяженностью 1100 км Центральная Азия-Афганистан-Пакистан-Индийский океан. В настоящее время приостановлен проект соединения железных дорог Узбекистана и Китая. Стоимость проекта 2.0-2.3 млрд. долларов, протяженность 200 км. Эта часть маршрута ТРАСЕКА должна пройти от Андижана (Узбекистан) через Кыргызстан к пограничному с КНР Торугарту (Андижан-Ош-Кашгар).

Государственно-акционерная железнодорожная компания (ГАЖК) "Узбекистон темир йуллари" образована Указом Президента Республики Узбекистан от 7 ноября 1994 года №УП-982 на базе линейных подразделений, предприятий, организаций и учреждений системы железнодорожного транспорта, расположенных на территории Республики Узбекистан. Карта ГАЖК «Узбекистон темир йуллари» показана на рисунке 1.1 (Приложение 1).

Компания «Узбекистон темир йуллари» считается основной транспортной системой государства и является стратегически важной отраслью народного хозяйства Узбекистана. Грузооборот железнодорожного транспорта составляет больше 66% общего объема грузооборота всех видов транспорта. Железнодорожный транспорт имеет особое значение в обеспечении внешнеэкономических связей республики, предельный вес в перевозке экспортно-импортных грузов составляет около 80%.

*Основными задачами отрасли были определены:*

- создание единой железнодорожной транспортной сети;
- продолжение электрификации основных участков железных дорог;
- развитие инфраструктуры железнодорожного транспорта, включающее модернизацию железнодорожных путей, а также переход на оптоволоконную систему телекоммуникаций;

- развитие собственной ремонтной базы подвижного состава;
- восстановление и обновление подвижного состава;
- поиск альтернативных транспортных коридоров, обеспечивающих выход на мировой рынок и повышение экспортного потенциала Республики;
- привлечение дополнительного объема транзитных грузов для перевозки по территории республики.

### 1.2.2 Организационная структура Узбекских железных дорог

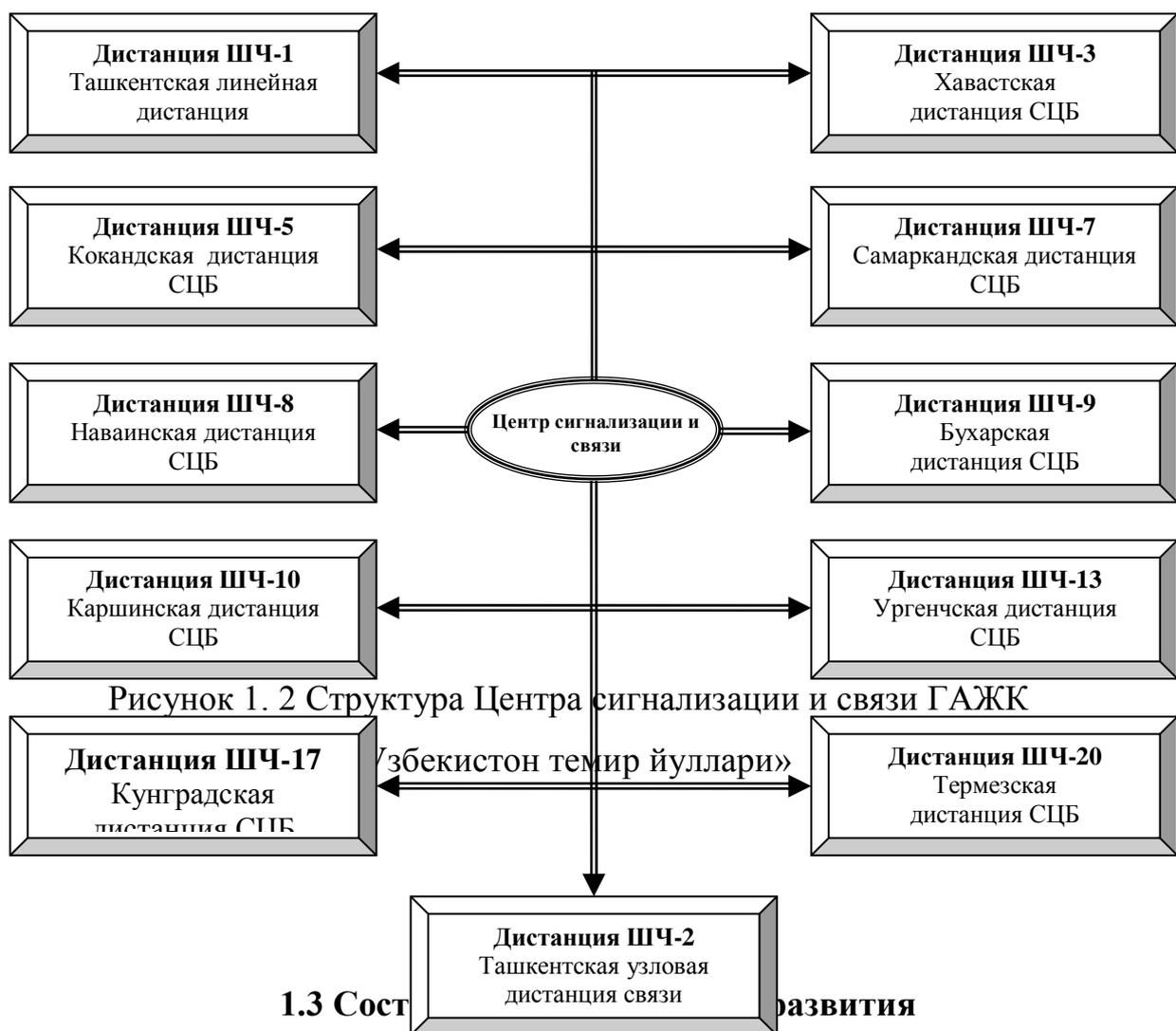
В настоящее время ГАЖК "Узбекистон темир йуллари" подразделяется на шесть региональных железнодорожных узлов: Ташкент, Коканд, Бухара, Кунград, Карши и Термез, в состав которых входят 250 железнодорожных станций, 21 вокзал, 10 локомотивных депо, 4 вагонных депо, 15 дистанций пути; 8 дистанций электроснабжения, 11 дистанций сигнализации и связи, 7 промышленных предприятий.

Таблица 1.3 - Общая характеристика Узбекских железных дорог

Общая протяженность	6020
В т.ч. общего пользования	4230
Однопутных участков	3838
Двухпутных участков	392
Ведомственные железнодорожные пути	1790
Электрифицированные железнодорожные линии	620
Диспетчерская централизация	1825
Автоблокировка	2310
Полуавтоблокировка	1920
Бесстыковой путь	2360
ВОЛС	600

настоящее время организация работ в области автоматики, телемеханики и связи в ГАЖК «Узбекистон темир йуллари» осуществляется Центром сигнализации и связи.

Центр сигнализации и связи разделяется на 11 дистанций. Из них 10 дистанций сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) и одна дистанция связи.



### **железнодорожных сетей связи Республики Узбекистан**

Первичная сеть связи ГАЖК «Узбекистон темир йуллари» является основой транспортной телекоммуникационной системы связи и определяет ее главные качественные характеристики: надежность, управляемость, пропускную способность и экономические показатели.

В настоящее время первичная сети связи ГАЖК «УТЙ» построена на воздушных линиях связи (примерно 70%), кабельных (примерно 20%) и волоконно-оптических (примерно 10%).

Воздушные линии связи (ВЛС) оборудованные аналоговыми системами передачи, выработали свой технический ресурс, не отвечают современным требованиям по пропускной способности и надежности. Техническое

обслуживание ВЛС и аналоговых систем передачи (В-3-3; В-12-3) стало экономически не выгодным, потому ГАЖК “УТЙ” поставлена задача создания современной цифровой сети связи на основе ВОЛС и цифровых систем передачи.

В качестве основной технологии развития цифровой первичной сети ГАЖК “УТЙ” выбрана технология синхронной цифровой иерархии (СЦИ) как основная при создании цифровых сетей связи на железных дорогах России, СНГ и Европы необходимости эффективного взаимного действия с этими сетями связи, наличием своих достаточно хорошо подготовленных специалистов в этой области, широкой номенклатурой аппаратуры СЦИ различных производителей.

Построение цифровой сети ГАЖК “УТЙ” с использованием технологии СЦИ необходимо осуществлять на магистральном уровне, используя стратегию «наложения». Это позволит создать качественно новую сеть, оптимальную по структуре, управлению и возможностям ее дальнейшего развития.

Развитие первичной сети связи ГАЖК “УТЙ” должно основываться на следующих основных принципах:

- первичная сеть должна быть цифровой на всех уровнях (магистральной, региональной, отделенческой и местной);
- необходимо организовывать линии передачи только на основе стандартных цифровых каналов (ОЦК и ПЦК) и групповых трактов;
- первичная сеть должна быть «открытой» системой, чтобы имелась возможность (система доступа) ее использования для любых вторичных сетей;
- топология первичной сети должна быть оптимальной для всех вторичных сетей, в том числе и с точки зрения их постепенной интеграции;
- первичная сеть должна иметь возможность существенного расширения пропускной способности;
- первичная сеть должна иметь систему управления для поддержки

заданных показателей надежности и качества функционирования.

Внедрение автоматизированных систем управления, предпосылки для которого создает строительство ВОЛС, обеспечит снижение текущих затрат по содержанию устройств связи за счет экономии эксплуатационного контингента.

Одним из главных итогов автоматизации эксплуатационной деятельности следует считать повышение контроля за безопасностью движения поездов и других производственных процессов на транспорте.

Строительство ВОЛС, проходящей на большом протяжении вдоль основных международных транспортных коридоров республики, повысит их информационную обеспеченность и создаст предпосылки для внедрения систем слежения за продвижением грузов – неременного условия современного транспортного сервиса.

Проходя по территории региона с интенсивным развитием промышленности и высокой плотностью городского населения, проектируемая ВОЛС окажет благоприятное влияние на развитие телекоммуникационных систем в зоне ее тяготения, расширяя информационное пространство и обеспечивая высокое качество и надежность средств связи.

Таким образом, строительство ВОЛС на участке Нукус-Кунград создает предпосылки для мощного информационного прорыва одного из наиболее развитых промышленных регионов Республики Каракалпакстан, что определяет ее высокую экономическую эффективность не только для железнодорожной отрасли, но и для хозяйственного комплекса Республики в целом.

Эффективность системы управления многоотраслевым хозяйством ГАЖК «УТЙ» в значительной мере определяется информационными возможностями систем связи. Качественные и количественные характеристики связи существенно влияют на экономические показатели работы отрасли в целом. Связь пронизывает всю отрасль на всех уровнях,

включая отдельные предприятия, фактически обеспечивая жизнедеятельность железной дороги. В связи со структурной перестройкой управления железнодорожным транспортом Республики Узбекистан, мировой тенденцией развития средств связи предлагается создание наложенной связи на основе волоконно-оптических и цифрового коммутационного оборудования.

Относительно небольшой опыт эксплуатации новых систем связи на железнодорожных магистралях СНГ не позволяет пока разработать систему показателей, количественно оценивающих их влияние на повышение эффективности работы транспортной отрасли. Тем не менее, укрупненный анализ доли новейших средств связи в общем эффекте от совершенствования транспортного процесса на российских дорогах позволяет сделать заключение, что не менее трети его достигается за счет информатизации отрасли.

Перспективным направлением является организация связи на международном уровне между железными дорогами Казахстана, России, Кыргызстана, Таджикистана, Туркмении и Китая по обмену информации, связанной с учетом перехода поездов, вагонов и контейнеров через границу.

На пунктах стыковки организованы таможенные, пограничные и другие службы, которые заинтересованы в использовании высоконадежных каналов для связи с центральными органами.

В соответствии с исследованиями возможности использования ВОЛС для нужд телекоммуникационного обслуживания региона определен потенциальный сектор коммерческого использования проектируемой линии, основу которого составляет:

- международный транзитный трафик между Трансевропейской, Транссибирской информационными магистралями;

- международный и внутризоновый конечный график для операторов сотовой, транкинговой и Глобальной сети Интернет, которая растет значительно более быстрыми темпами, чем связь по телефонным каналам;

-организация контроля продвижения грузов по автомобильному транспортному коридору, а также информационного обеспечения водителей автотранспортных средств (информация о погодных условиях по трассе, наличии аварийных ситуаций и так далее);

Таким образом, строительство ВОЛС транзитных коридоров трансасиатской железной дороги по своей значимости не ограничивается транспортной отраслью, а создает предпосылки для мощного информационного прорыва одного из наиболее развитых промышленных регионов республики, что определяет ее высокую экономическую эффективность не только для железнодорожной отрасли, но и для хозяйственного комплекса страны в целом.

Строительство ВОЛС вдоль транзитных коридоров предусматривает в первую очередь цифровизацию первичной магистральной сети и должно осуществляться одновременно с внедрением цифрового коммутационного оборудования узел связи крупных железнодорожных станций, обеспечивая на этих уровнях реализацию новой структуры вторичных цифровых сетей. При этом ВОЛС должна использовать сетевые узлы, систему электроснабжения существующей первичной сети.

Телекоммуникационная сеть железной дороги должна обеспечивать поддержку всех вторичных технологических сетей связи, сети «Единый автоматизированный диспетчерский центр управления», ЕАДЦУ сети оперативно-технологической связи (ОТС), общетехнологической связи, радионавигационной сети слежения за подвижным составом.

Сеть должна обеспечивать эффективное коммерческое использование своей свободной емкости, предоставляя услуги цифровой сети населению и юридическим лицам.

В значительной степени темпы их внедрения на железном транспорте Узбекистана будут зависеть от темпов строительства ВОЛС, выбора стратегии организации и развития создаваемых сетей связи. Последнее во многом зависит от эффективности работы служб, которые необходимо формировать при

создании сети связи: управление комплексом технических средств, управление каналами и трактами, маркетинга, управление сервисом.

## **2. ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОЛС НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ УЧАСТКЕ НУКУС-КУНГРАД**

### **2.1 Характеристика железнодорожного участка Нукус-Кунград и перспектива его развития**

Участка Нукус-Кунград принадлежит Кунградскому отделению Узбекских железных дорог. Длина участка равна 120 км. На этом участке три крупных станции (Нукус, Ходжейли и Кунград) и пять разъездов (Найманкуль, Хатеп, Шуманай, Разъезд 180 и Алтынкуль). Участок Нукус-Ходжейли (33 км), участок Ходжейли - Кунград (87 км).

Узловая станция Нукус находится в городе Нукусе. Ежедневно на этой станции организуется до тридцати пар пассажиров и грузовых поездов. Участок Нукус-Кунград является выходом в РФ и Казахстана.

Станция Кунград обеспечивает высокий оборот грузов, доставляемых

автомобильным транспортом от крупных предприятий сырьевого комплекса по обработке хлопка, добыче полезных ископаемых.

Станция Ходжейли обеспечивает прием-отправление грузов, и прием-отправление пассажиров местных поездов.

В настоящее время участок Нукус-Кунград не электрифицирован, участок планируется электрифицировать по системе переменного тока 27 кВ в период 2013-2015 гг.

Структурная схема Кунградского отделения приведена на рисунке 2.1.

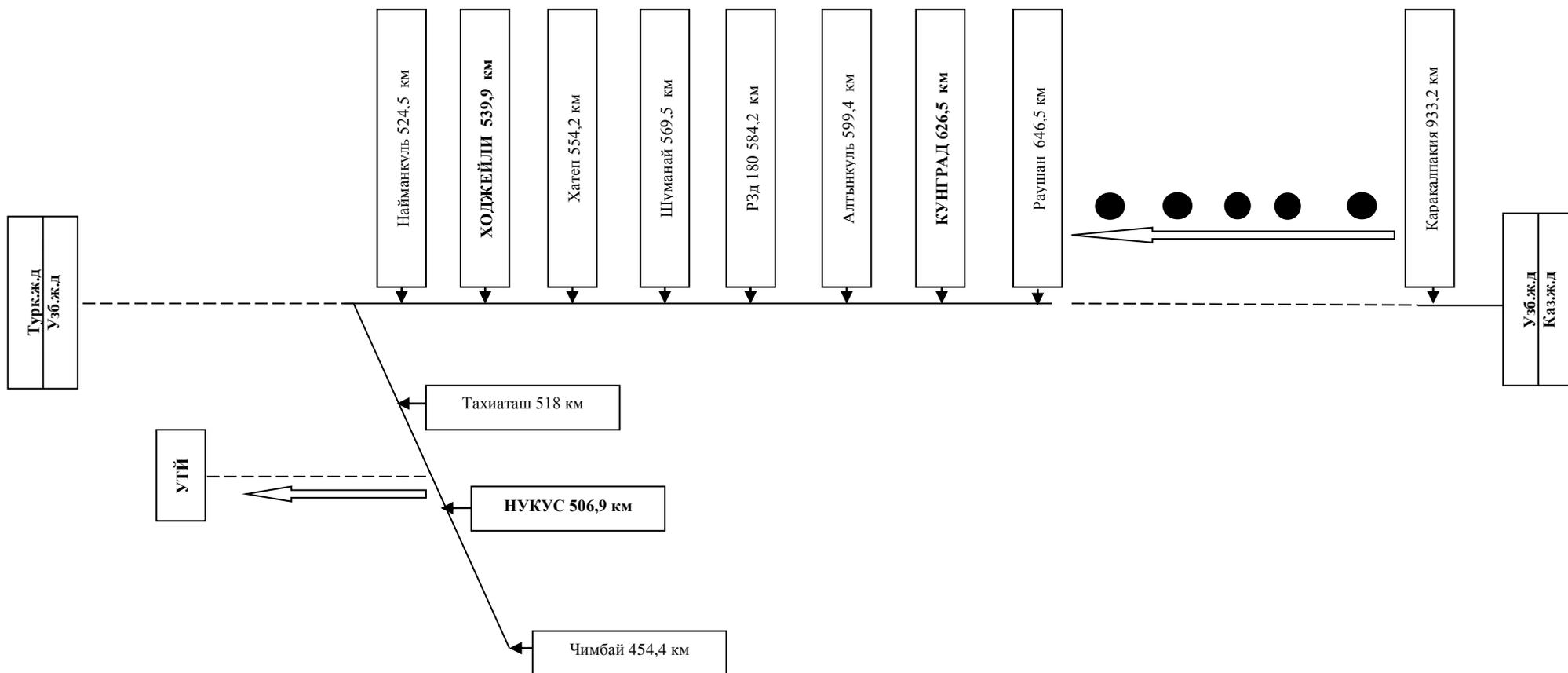


Рисунок 2.1 Структурная схема Кунградского отделения УТЙ

## 2.2 Характеристика действующей системы связи

Существующая первичная сеть связи Кунградского отделения дороги Узбекских железных дорог является полностью аналоговой (Приложение 2).

Первичная сеть связи организована на основе воздушных линий связи, уплотненных аналоговыми системами передачи.

Вторичная сеть электросвязи организована на основе каналов первичной сети. В общий комплекс вторичной сетей связи входят сети оперативно-технологической, общетехнологической телефонной, телеграфной связи, передачи данных и телемеханики.

Для оперативного управления технологическими процессами в пределах отделения дороги организованы следующие виды проводной телефонной связи: ПДС – поездная диспетчерская; МЖС – межстанционная; ЛПС – линейно-путевая; ЭДС – энергодиспетчерская; ПГС перегонная связь и другие (всего 15 видов связи).

Оперативное руководство технологическими процессами на железнодорожных станциях осуществляется с помощью станционной распорядительной телефонной связи, стрелочной связи, информационной связи сортировочных станций и современных средств радиосвязи.

Для организации вышеперечисленных видов связи используются различные технические средства связи (Приложение 3).

Сети телефонной и телеграфной связи, построенные свыше 30 лет назад, не отвечают современным требованиям и не обеспечивают качественной связи (доля отказов по вызовам на порядок выше установленных норм, а достоверность на три ниже нормы).

Преобладание ВЛС, находящихся в эксплуатации свыше 30 лет, большое количество вставок, приводящих к неоднородности линии, работа аппаратуры связи с устройствами сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) по параллельным цепям, низкая помехозащищенность цепей, не позволяют обеспечить высокое качество действующих каналов магистральной и дорожной связи.

В настоящее время из-за недостаточного количества каналов и их низкого

качества сети ОТС, телефонной и телеграфной связи, передачи данных не позволяют эффективно решать существующие и перспективные задачи управления технологическими процессами железнодорожного транспорта.

### **2.2.1 Технические данные аппаратуры В-3-3 и В-12-3**

Применяемая на участке Нукус-Кунград аппаратура В-3-3 представляет собой модернизированный вариант аппаратуры В-3 и используется для уплотнения стальных и цветных цепей (стальные провода диаметром 5 мм, медные и биметаллические провода диаметром 4 мм) ВЛС в спектре частот  $4 \div 31$  кГц.

Эти же цепи используются для организации канала служебной связи с шириной полосы  $0,3 \div 2,4$  кГц (цветная цепь) или канала ТЧ с полосой  $0,3 \div 2,0$  кГц (стальная цепь) в диапазоне частот ниже 4 кГц.

Высокочастотные каналы ТЧ используются для телефонной связи, работы тонального телеграфа с организацией 12-17 двойных телеграфных каналов. На некоторых участках по каналам ТЧ организована одновременная работа одного двойного канала тонального телеграфа и телефонной связи за счет использования части полосы эффективно передаваемых частот канала. Также высокочастотные каналы ТЧ используются для работы фототелеграфа и передачи дискретных сигналов.

Для увеличения дальности связи по цветным цепям используются обслуживаемые усилительные пункты (ОУП) типа ПВ-3-3.

Аппаратура В-12-3 работает на участках ВЛС с медными и биметаллическими цепями (провода диаметром 3,0, 3,5 и 4мм) в полосе частот от 36 до 143 кГц.

Аппаратура состоит из каналобразующего (индивидуального) и группового оборудования. Каналообразующее оборудование представляет собой стандартный 12-канальный блок индивидуального оборудования, преобразующий в тракте передачи 12 информационных сигналов в спектр частот  $60 \div 108$  кГц и обратное преобразование в тракте приема.

### **2.2.2 Выбор направляющей системы**

Известно, что системы передачи В-12-3 и В-3-3 не отвечает современным требованиям качества передачи информации, а используемые для их работы ВЛС из всех известных направляющих систем наиболее подвержены атмосферно-климатическим влияниям. Поэтому предлагается на данном участке построить волоконно-оптическую линию связи, оборудованную системой передачи СЦИ.

Известные преимущества ВОЛС перед кабельными линиями с медными жилами - высокая надежность и помехозащищенность, стабильность параметров, большая скорость передачи информации и пропускная способность, - позволяют создавать цифровые сети связи, удовлетворяющие современным и перспективным сетевым технологиям на протяжении всего срока службы ВОЛС – 25 лет. Это обстоятельство делает задачу выбора волоконно-оптического кабеля и способа его прокладки стратегической, требующей максимально полного учета информации о возможных изменениях инфраструктуры в зоне прохождения трассы ВОЛС. Поэтому прокладка ВОЛС в полосе отвода железной дороги является оптимальным решением исходя из неизменности действующих международных и национальных норм и правил безопасности на железнодорожном транспорте, запрещающих сокращение установленных габаритов.

Анализ технико-экономических показателей строительства сетей связи за рубежом и в России показывает, что капитальные удельные и эксплуатационные затраты на один канал/км при строительстве ВОЛС, по сравнению с кабельной линией связи при уплотнении аналоговыми системами, организующими каналы тональной частоты низкого качества, в 3-4 раза ниже. Стоимость волоконно-оптического кабеля (ВОК) сопоставима, а в ряде случаев ниже стоимости магистрального симметричного медного кабеля.

При этом ВОК изготавливаются с требуемыми заказчиком конструктивными и механическими характеристиками под конкретные условия подвески, прокладки и эксплуатации.

Использование в кабеле волокон со смещенной дисперсией, возможность их уплотнения по длинам волн при качественно построенной ВОЛС позволяет реализовывать на ее основе сети с использованием различных сетевых технологий. Характерным примером является применение технологии СЦИ на сетях связи ОАО «РЖД», ставшей основой изменения и фундаментом для

создания новых автоматизированных систем управления подразделениями холдинга, что привело к формированию новых принципов управления и взаимодействия технологических процессов, обеспечения безопасности перевозочного процесса.

### 2.3 Основные характеристики ВОЛС

Широкое применение ВОК для создания сетей связи является следствием преимуществ, вытекающих из особенностей распространения сигнала в оптическом волокне.

*Широкая полоса пропускания* - обусловлена чрезвычайно высокой частотой несущей  $10^{14}$  Гц. Это дает потенциальную возможность передачи по одному оптическому волокну информации в несколько терабит в секунду. Большая полоса пропускания - это одно из наиболее важных преимуществ оптического волокна над медной или любой другой средой информации.

*Малое затухание светового сигнала в волокне.* Выпускаемое в настоящее время отечественными и зарубежными производителями промышленное оптическое волокно имеет затухание 0,2-0,3 дБ на длине волны 1,55 мкм в расчете на один километр. Малое затухание и дисперсия позволяют строить участки линий без ретрансляции протяженностью 100 км и более.

*Низкий уровень шумов в волоконно-оптическом кабеле* позволяет увеличить полосу путем передачи различной модуляции сигналов с малой избыточностью кода.

*Высокая помехозащищенность.* Поскольку волокно изготовлено из диэлектрического материала, оно невосприимчиво к электромагнитным помехам со стороны окружающих медно-кабельных систем и электрического оборудования, способного индуцировать электромагнитное излучение (линии электропередачи, электродвигательные установки и т.д.). В многоволоконных кабелях также не возникает проблемы перекрестного влияния электромагнитного излучения, присущей многопарным медным кабелям.

*Малый вес и объем.* Волоконно-оптические кабели (ВОК) имеют меньший вес и объем сравнению с медными кабелями в расчете на одну и ту же пропускную

способность. Например, 900-парный телефонный кабель диаметром 7,5 см, может быть заменен одним волокном с диаметром 0,1 см. Если волокно "одеть" в множество защитных оболочек и покрыть стальной ленточной броней, диаметр такого ВОК будет 1,5 см, что в несколько раз меньше рассматриваемого телефонного кабеля.

*Высокая защищенность от несанкционированного доступа.* Поскольку ВОК практически излучает в радиодиапазоне, то передаваемую по нему информацию трудно подслушать, не нарушая приема-передачи. Системы мониторинга (непрерывного контроля) целостности оптической линии связи, используя свойства высокой чувствительности волокна, могут мгновенно отключить "взламываемый" канал связи и подать сигнал тревоги. Сенсорные системы, использующие интерференционные эффекты распространяемых световых сигналов (как по разным волокнам, так и разной поляризации) имеют очень высокую чувствительность к колебаниям, к небольшим перепадам давления.

*Взрыво и пожаробезопасность.* Из-за отсутствия искрообразования оптическое волокно повышает безопасность сети на химических, нефтеперерабатывающих предприятиях, при обслуживании технологических процессов повышенного риска.

*Экономичность ВОК.* Волокно изготовлено из кварца, основу которого составляет двуокись кремния, широко распространенного, а потому недорогого материала, в отличие от меди. В настоящее время стоимость волокна по отношению к медной паре соотносится как 2:5. При этом ВОК позволяет передавать сигналы на значительно большие расстояния без ретрансляции. Количество повторителей на протяженных линиях сокращается при использовании ВОК. При использовании солитонных систем передачи достигнуты дальности в 4000 км без регенерации (то есть только с использованием оптических усилителей на промежуточных узлах) при скорости передачи выше 10 Гбит/с.

*Длительный срок эксплуатации.* Со временем волокно испытывает деградацию. Это означает, что затухание в проложенном кабеле постепенно возрастает. Однако, благодаря совершенству современных технологий производства оптических волокон, этот процесс значительно замедлен, и срок

службы ВОК составляет примерно 25 лет. За это время может смениться несколько поколений/стандартов приемо-передающих систем.

*Удаленное электропитание.* В некоторых случаях требуется удаленное электропитание узла информационной сети. Оптическое волокно не способно выполнять функции силового кабеля. Однако, в этих случаях можно использовать.

### **2.3.1 Выбор типа оптического кабеля и способы прокладки**

Оптические кабели допускают их прокладку теми же способами и механизмами, что и кабели с медными жилами.

На железнодорожном транспорте применяются следующие способы подвески/прокладки ВОК:

- подвеска на опорах контактной сети, опорах высоковольтно-сигнальных линий автоблокировки и отдельных опорах;
- прямо в грунт в полосе отвода железной дороги;
- в кабельной канализации или полиэтиленовых трубопроводах;

Способ подвески ВОК на опорах контактной сети, опорах высоковольтно-сигнальных линий автоблокировки характеризуется наименьшими затратами на строительные-монтажные работы и сроками строительства по сравнению с прокладкой кабеля в грунт и полиэтиленовые трубопроводы. При этом кабель имеет большую стоимость, не содержит в своей конструкции металлических элементов и подвержен воздействию механических нагрузок, атмосферных влияний, магнитному и радиационному излучению. Поэтому данный способ нельзя считать стратегически перспективным, рассчитанным на длительную надежную передачу огромных потоков информации, потеря которых при повреждении кабеля способна привести к снижению безопасности и большим экономическим потерям.

Прокладка оптического кабеля в грунт является наиболее надежным способом организации ВОЛС для обеспечения высокоскоростной передачи информационных данных и осуществляется в грунтах практически всех

категорий, за исключением мест, где грунты подвержены мерзлотным деформациям.

Технология прокладки оптоволоконного кабеля и его конструкция выбираются исходя из следующих параметров: климатических условий, наличия подземных сооружений, состояния трассы и пр. Сам процесс происходит с постоянным контролем параметров оптического кабеля на каждом этапе прокладки в грунт и контроль монтажных соединений. Непосредственно в грунт прокладывают оптический кабель, имеющий броню из стальных проволок или ленточную броню. Обязательным является соблюдение мер по защите ВОЛС от воздействия грозы и электромагнитного влияния линий электропередач.

Прокладка ВОК в пластмассовом трубопроводе позволяет повысить механическую прочность и влагостойкость кабеля, не требующего специальных наружных металлических покровов, и защитить его от грызунов. Важным аспектом выбора метода прокладки волоконно-оптического кабеля в пластмассовом трубопроводе, является устойчивость к повреждению кабеля во время земляных работ с применением тяжелой техники. Когда ковш экскаватора цепляет проложенный под землей волоконно-оптический кабель, трубопровод разрывается, а кабель тянется за ковшом, не повреждаясь, за счет свободного скольжения в трубопроводе, выбирая резерв кабеля оставленный в распределительном шкафу. Основным преимуществом прокладки кабеля в трубопроводе является технологическая возможность прокладки в нем еще двух и более кабелей без рытья траншеи. Количество дополнительно прокладываемых кабелей в общем случае определяется диаметром трубопровода. Это делает данный способ прокладки экономически привлекательным в плане долговременной перспективы развития телекоммуникационных сетей конкретного региона.

Для прокладки ВОК в пластмассовом трубопроводе используется как традиционная технология, так и технология задувки.

Общим для них является укладка пластмассового трубопровода в траншею кабелеукладчиком или ручным способом. При прокладке ВОК традиционным способом вначале протягивается трос, а затем прикрепленный к нему кабель. При прокладке в трубопровод кабель предварительно смазывается. Затяжка кабеля в

трубопровод производится в направлении, противоположном направлению прокладки трубопровода. В точках размещения сростков оставляется достаточный запас волоконно-оптического кабеля для последующего сращивания вне котлована. Прокладка кабелей в трубопроводах повышает надежность работы кабельных линий, увеличивает срок службы оптических кабелей.

При прокладке в земле в полиэтиленовом трубопроводе применяются специальные кабели, предназначенные для задувки в предварительно уложенный полиэтиленовый трубопровод.

Количество волокон в оптическом кабеле определяется исходя из выбранной топологии схемы связи и схемы защиты трафика (плоское кольцо, цепочечное соединение, защита 1+1, 1:1 и др.) и перспективы развития сетей связи. Опыт создания волоконно-оптических сетей связи ОАО «РЖД» показал, что минимальное число волокон в кабеле должно быть не менее восьми. Типовым вариантом является применение ВОК с 16 волокнами, что по данным ГТСС является технически и экономически оправданным.

В проекте предполагается использование кабельной продукции российского производства. При хорошем качестве, она дешевле импортных аналогов.

Аналогичный российский кабель ОПМ-ДПО- Н-04-016А08-1,5 ООО "Оптен" 1, 35 тыс. доллара за 1 км, поэтому в проекте используется именно этот кабель. Конструкция кабеля ОПМ-ДПО-Н-04-016А08-1,5 ООО "Оптен" на рисунке 2.2.

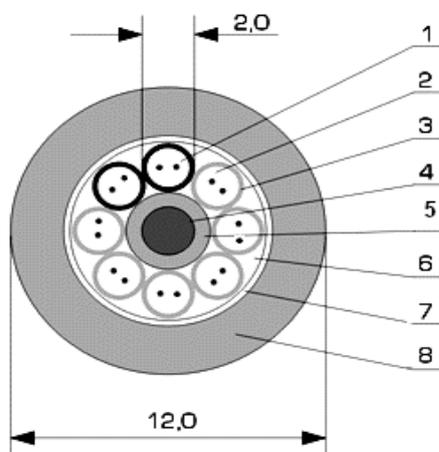


Рисунок 2.2 Конструктивные элементы ОПМ-ДПО-Н-04-016А08-1,5  
Приведем расшифровку конструкции выбранного кабеля.

1 - оптическое волокно (ОВ); максимальное количество волокон в модуле с наружным диаметром 2,0 мм - 8 штук;

- 2 - гидрофобный наполнитель (ГЗ);
- 3 - оболочка оптического модуля (ОМ) из полибутилентерефталата или полиэтилена (ПЭ), наружный диаметр - 2,0 мм;.
- 4 - центральный силовой элемент (ЦСЭ) - стеклопластиковый пруток диаметром 2,0 мм;
- 5 - оболочка ЦСЭ из ПЭ; наружный диаметр - 3,3 мм для кабелей марки ОК-М8;
- 6 - гидрофобное заполнение;
- 7 - скрепляющий элемент - обмотка полибутилентерефталатной пленкой;
- 8 - наружная оболочка кабеля из ПЭ толщиной 2 мм.

Таблица 2.1 - Основные параметры ОК марка ДПО

№	Параметры	Марка кабеля
		ДПО
1	Длительно допустимая растягивающая нагрузка, кН	0,2 ... 6,0
2	Допустимая раздавливающая нагрузка, кН/см	> 0,5
3	Стойкость к изгибам на угол 90°	20 циклов
4	Стойкость к осевым закручиваниям на угол ±360° на длине 2м	10 циклов
5	Стойкость к ударной нагрузке одиночного воздействия, Дж	10
6	Рабочий диапазон температур, С°	-60 ... +70
7	Низшая температура монтажа, С°	-30
8	Номинальный наружный диаметр, мм	6,5 ... 18,0
9	Максимальная масса, кг/км	35 ... 250

### **3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРВИЧНОЙ СЕТИ СВЯЗИ НА УЧАСТКЕ НУКУС-КУНГРАД**

#### **3.1 Расчет параметров линейного тракта**

##### **3.1.1 Расчёт первичных параметров оптического волокна**

Одномодовое оптическое волокно (ООВ) является направляющей системой для распространения электромагнитных волн. Для их распространения по световоду используется известное явление полного внутреннего отражения на границе двух диэлектрических сред  $n_1$  и  $n_2$ , где  $n_1$  – среда распространения волны HE<sub>11</sub>, ограниченная средой  $n_2$ , при этом  $n_1 < n_2$ .

Средой распространения и ограничения является кварцевое стекло с различной концентрацией легирующих добавок для получения различных показателей преломления (ПП)  $n_1$  и  $n_2$ ,  $n_1 = 1,46$  и  $n_2 = 1,457$ .

Определим относительное значение ПП:

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1}, \quad (3.1)$$

$$\Delta = \frac{1,46 - 1,457}{1,46} = 0,00205$$

По оптоволокну эффективно передаются только лучи, заключённые внутри телесного угла  $\theta$ , величина которого обусловлена углом полного внутреннего отражения. Этот телесный угол характеризуется числовой апертурой:

$$NA = \sin\sigma = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (3.2)$$

$$NA = \sin\sigma = \sqrt{1,46^2 - 1,457^2} = 0,093$$

где  $\sigma$  - апертурный угол падения луча,

$$\sigma = \arcsin 0,093 = 5,336^\circ$$

Для ООВ диаметр сердечника выбирается таким, чтобы обеспечить условия распространения только одной моды HE<sub>11</sub>. В этом случае, из условия одномодовости, нормированная частота:

$$V = \frac{\pi \cdot d}{\lambda} \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (3.3)$$

где  $d = 10$  мкм – диаметр сердцевины ОВ;

$\lambda = 1,55$  мкм – длина волны оптического излучения.

$$V = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{1,55 \cdot 10^{-6}} \cdot \sqrt{1,46^2 - 1,457^2} = 1,89$$

Одномодовая передача реализуется на гибридной волне HE11. Эта волна нулевое значение корня бесселевой функции  $P_{nm}=0,000$  следовательно, она не имеет критической частоты и может распространяться при любой частоте. Все другие волны имеют конечное значение, и они не распространяются на частотах ниже критической. Интервал значений  $P_{nm}$ , при которых распространяется лишь один тип волны HE11, находится в пределах  $0 < P_{nm} < 2,25$ . Определим критическую частоту, при которой распространяется лишь один тип волны HE11:

$$f_0 = \frac{P_{nm} \cdot c}{\pi \cdot d \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2}} \quad (3.4)$$

где  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с – скорость света.

$$f_0 = \frac{1,9 \cdot 3 \cdot 10^8}{3,14 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{1,46^2 - 1,457^2}} = 1,94 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

Определим также длину волны:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} \quad (3.5)$$

$$\lambda_0 = \frac{3 \cdot 10^8}{1,94 \cdot 10^{14}} = 1,546 \text{ (мкм)}$$

Таким образом, по данной направляющей системе распространяется лишь одна волна HE11 при  $\lambda_0 = 1,546$  мкм.

### 3.1.2 Расчёт вторичных параметров оптического волокна

В одномодовых световодах отсутствует модовая дисперсия и в целом дисперсия оказывается существенно меньше. В данном случае возможно проявление волноводной и

материальной дисперсии, но при длинах волн  $\lambda = 1,2 \dots 1,6$  мкм происходит их компенсация, то есть  $\tau_{\text{мат}} \approx \tau_{\text{вв}}$ . При взаимодействии всех факторов форма сигнала на приёме не известна. Поэтому в качестве меры дисперсии используется среднеквадратическая дисперсия в оптоволокне:

$$\sigma = \Delta\lambda \cdot \sigma_n \quad (3.6)$$

где  $\Delta\lambda = 5 \text{ нм}$  – ширина полосы длин волн оптического излучения;

$\sigma_n = 3,5 \text{ пс/км}$  – номинальное значение среднеквадратической дисперсии для ОК типа

ОКЛ.

$$\sigma = 5 \cdot 3,5 = 17,5 \text{ (пс/км)}$$

### 3.1.3 Расчет длины регенерационного участка

Длина регенерационных участков определяется энергетическим потенциалом системы передачи ( $W$ - энергетический потенциал) зависит от характеристик источника и приемника оптического излучения и определяется как разность между уровнем средней мощности оптического сигнала, вводимого в оптическое волокно ( $P_1$ ), и минимально допустимым уровнем мощности на входе приемника оптического излучения ( $P_2$ ) при заданном значении коэффициента ошибок:

$$W = P_1 - P_2 \quad (3.7)$$

Например, уровень мощности оптического сигнала на передаче мультиплексора «Транспорт S4» (смотри п.3.3) равен -4 дБм, уровень мощности оптического сигнала на приёме -36 дБм при использовании оптических интерфейсов S-4.1 и коэффициенте ошибок  $10^{-10}$ . Тогда  $W$  равно:

$$W = -4 - (-36) = 32 \text{ дБ}$$

Исходные данные для расчета потерь в линии на длине регенерационного участка:

$a$  - коэффициент затухания оптических волокон на эксплуатационной длине

волны ВОСП 1550 нм,  $\alpha=0,25$ дБ/км (1310 нм,  $\alpha=0,35$ дБ/км);

$l_{cmp}$  - строительная длина оптического кабеля ( $l_{cmp} = 5$  км);

$n_1$  - число дополнительных сварных соединений, обусловленных технологией строительно-монтажных работ ВОЛС (сварки в оптическом кроссе и стыковые сварки на переходах) в дипломном проекте считаем  $n_1 = 9$ ;

$n_2$  - число дополнительных сварных соединений, появляющихся на длине регенерационного участка в процессе эксплуатации ВОЛС (обычно  $n_2 = 6$ )

$a_{св}$  - средние потери на сварку путем плавления,  $a_{св}=0,05$  дБ;

$a_{pz}$  - средние потери на оптическом разъеме,  $a_{pz}=0,3$  дБ;

Здесь следует заметить, что затухание в оптических разъемах передающего и приемного оптоэлектронного блоков не учитываются, так как оно учтено в значении энергетического потенциала системы передачи.

Максимальная длина регенерационного участка ( $L_p$ ) определяется по формуле:

$$L_p = \frac{W - n \cdot a_{св} - 2 \cdot a_{pz} - a_э}{\alpha + \frac{a_{св}}{l_{cmp}}}, \quad (\text{км}) \quad (3.8)$$

$$L_p = \frac{32 - 15 \cdot 0,05 - 2 \cdot 0,3 - 6}{0,25 + \frac{0,05}{5}} = 98,6 \quad (\text{км})$$

где  $n$  - общее число сварных соединений ( $n = n_1 + n_2$ ),  $n=15$

$a_э$  - энергетический запас системы передачи,  $a_э=6$  дБм.

На длине волны 1330 нм и затухании 0,35дБ/км протяженность участка регенерации с использованием мультиплексоров «Транспорт S1» составит 70,5 км.

### 3.1.4 Расчёт быстродействия ВОСП

Выбор типа ОК может быть оценён расчётом быстродействия системы и сравнением его с допустимым значением.

Быстродействие системы определяется инертностью её элементов и дисперсионными свойствами ОК.

Полное допустимое быстродействие системы определяется скоростью передачи  $V'$ , бит/с, способом модуляции оптического излучения, типом линейного кода и определяется по формуле:

$$t_{\text{доп}\Sigma} = \frac{\beta}{B} \text{ (нс)} \quad (3.9)$$

где  $\beta$  - коэффициент, учитывающий характер линейного сигнала (вид линейного кода).  $\beta=0,7$  для кода NRZ.

В соответствии с рекомендациями МСЭ-Т линейным кодом транспортных систем СЦИ является код NRZ.

$$t_{\text{доп}\Sigma} = \frac{0,7}{155 \cdot 10^6} = 4,52 \text{ нс}$$

Общее ожидаемое быстродействие ВОСП определяется по формуле:

$$t_{\text{ож}\Sigma} = 1,111 \cdot \sqrt{t_{\text{нсп}}^2 + t_{\text{нр}}^2 + t_{\text{св}}^2}, \text{ (нс)} \quad (3.10)$$

где  $t_{\text{нсп}}$  – быстродействие передающего оптического модуля (ПОМ), зависящее от скорости передачи информации и типа источника излучения;  $t_{\text{нсп}} = 1 \text{ нс}$  (для скорости 155 Мбит/с);

$t_{\text{нр}}$  – быстродействие приёмного оптического модуля (ПРОМ), определяемое скоростью передачи информации и типом фотодетектора (ФД),  $t_{\text{нр}} = 0,8 \text{ нс}$ ;

$t_{\text{св}}$  – уширение импульса на длине РУ.

$$t_{\text{св}} = \sigma \cdot l_{\text{ру}} \text{ (нс)} \quad (3.11)$$

где  $\sigma$  - дисперсия, определяемая в зависимости от типа волокна.

$$t_{\text{св}} = 17,5 \cdot 98,6 = 1,7 \text{ нс}$$

$$t_{\text{ож}\Sigma} = 1,111 \cdot \sqrt{1^2 + 0,8^2 + 1,7^2} = 2,12 \text{ нс}$$

Так как  $t_{\text{ож}\Sigma} = 2,64 \text{ нс} < t_{\text{доп}\Sigma} = 4,52 \text{ нс}$ , то выбор типа кабеля и длины РУ сделан верно.

Величина

$$\Delta t = t_{\text{доп}\Sigma} - t_{\text{ож}\Sigma}$$

$$\Delta t = 4,52 - 2,12 = 2,4 \text{ нс}$$

называется запасом по быстродействию.

При  $t_{ож\Sigma} < t_{доп\Sigma}$  стационарное и линейное оборудование ВОЛП будут обеспечивать безыскажённую передачу линейного сигнала.

### 3.1.5 Расчёт порога чувствительности ПРОМ

Одной из основных характеристик приёмника оптического излучения является его чувствительность, то есть минимальное значение обнаруживаемой (детектируемой) мощности оптического сигнала, при которой обеспечиваются заданные значения отношения сигнал/шум или вероятность ошибок.

В условиях идеального приёма, то есть при отсутствии и шума искажений для обеспечения вероятности ошибок не хуже  $10^{-9}$  требуется генерация 21 фотона на каждый приёмный импульс. Это является фундаментальным пределом, который присущ любому физически реализуемому фотоприёмнику и называется квантовым пределом детектирования.

Соответствующая указанному пределу минимальная средняя мощность оптического сигнала длительностью называется минимально детектируемой мощностью (МДМ).

$$\tau = \frac{1}{B'} \text{ , (с/бит)} \quad (3.12)$$

$$\tau = \frac{1}{155 \cdot 10^6} = 6,45 \cdot 10^{-9} \text{ (с/бит)}$$

Минимальная средняя мощность оптического сигнала на входе ПРОМ, при которой обеспечивается заданное отношение сигнал/шум или вероятность ошибок, называется порогом чувствительности.

### 3.1.6 Расчёт затухания соединителей ОВ

Уровень оптической мощности, поступающей на вход ПРОМ, зависит от

энергетического потенциала системы, потерь мощности в ОВ, потерь мощности в разъёмных и неразъёмных соединителях.

Потери мощности в ОВ нормируются и составляют, например, во втором окне прозрачности 0,36 дБ/км, а в третьем окне прозрачности 0,22 дБ/км (берутся из паспортных данных ОК).

Потери мощности в неразъёмном соединителе нормируются и составляют 0,1 дБ.

Потери в разъёмном соединителе определяются суммой

$$A_p = \sum a_i, \quad i = 1,2,3,4 \quad (3.13)$$

где  $a_1$  – потери вследствие радиального смещения на стыке ОВ (рисунок 3.1);

$a_2$  – потери на угловое рассогласование (рисунок 3.2);

$a_3$  – потери на осевое рассогласование (рисунок 3.3);

$a_4$  – неучтённые потери.

Потери вследствие радиального смещения в одномодовом ОВ рассчитываются по формуле:

$$a_1 = -10 \cdot \lg \left[ e^{-\frac{\delta^2}{w^2}} \right], \text{ дБ} \quad (3.14)$$

где  $\delta$  - величина максимального радиального смещения двух ОВ,  $\delta = 1,138$  мкм;

$w$  – параметр, определяющий диаметр моды ООВ,  $w = 10$  мкм.

$$a_1 = -10 \cdot \lg \left[ e^{-\frac{1,138^2}{10^2}} \right] = 0,056 \text{ (дБ)}$$

Угловое рассогласование ОВ также приводит к существенным оптическим потерям. В формулы для расчёта указанных потерь, кроме угла рассогласования  $\theta$ , входят ещё и показатели преломления и воздуха. Из-за того, что в паспортных данных ОВ не приводится величина ПП, расчёт потерь из-за углового рассогласования вызывает определённые трудности. Поэтому принимаем  $a_2 = 0,35$  дБ.

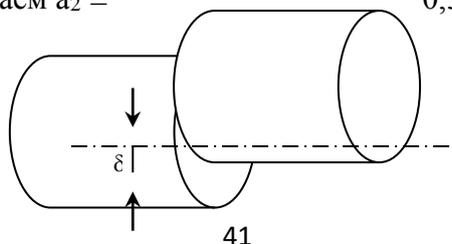


Рисунок 3.1 Радиальное смещение ОВ

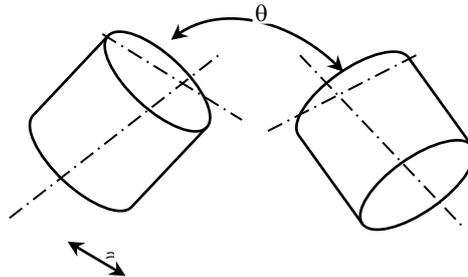


Рисунок 3.2

Угловое рассогласование ОВ

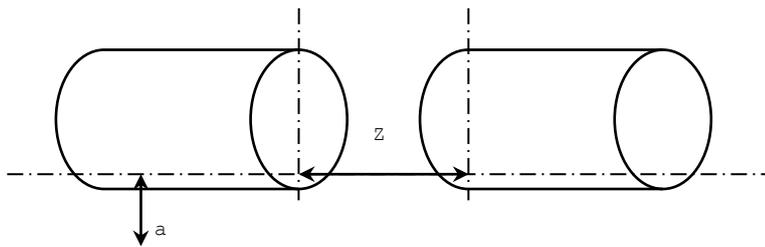


Рисунок 3.3 Осевое рассогласование ОВ

Оптические потери в разъёмных соединителях увеличиваются также в результате осевого рассогласования. Для расчёта потерь из-за осевого рассогласования можно воспользоваться следующей формулой.

$$\alpha_3 = -10 \cdot \lg \left[ 1 - Z \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta_a}{2 \cdot d} \right], \quad (\text{дБ}) \quad (3.15)$$

где  $Z$  – максимальное расстояние между торцами ОВ;

$d$  – диаметр ОВ;

$\theta_a$  – апертурный угол.

Для достижения малых величин потерь для ООВ можно принят максимальное значение  $Z = 2,95$ .  $\theta_a = 5,336^\circ$ .

$$\alpha_3 = -10 \cdot \lg \left( 1 - 2,95 \cdot \operatorname{tg} \frac{5,336^\circ}{2 \cdot 10} \right) = 0,01 \quad (\text{дБ})$$

Неучтённые потери в разъёмном соединителе можно принять равным  $\alpha_4 = 0,01$  дБ.

При существующих технологиях потери в разъёмном соединителе не превышают величины, а в неразъёмных соединителях не более  $A_n \leq 0,1$  дБ.

$$A_p = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 \leq 0,5 \text{ дБ}$$

$$A_p = 0,056 + 0,35 + 0,01 + 0,01 = 0,426 \leq 0,5 \text{ дБ.}$$

## **3.2 Организация строительства и монтажа ВОЛС**

### **3.2.1 Выбор и обоснование трассы прокладки ВОЛС**

Трассу для прокладки оптического кабеля выбирают, исходя из следующих условий:

- минимальной длины между конечными пунктами;
- выполнения наименьшего объема работ при строительстве;
- возможности максимального применения наиболее эффективных средств индустриализации и механизации строительных работ;
- удобства эксплуатации сооружений и надежности их работ.

Проектирование кабельной трассы осуществляется следующим образом: сначала выполняется обоснование экономической целесообразности и необходимости реализации данной конкретной линии, затем осуществляется детализация проекта по конструкциям кабелей, типом конечных разделочных устройств, используемого активного оборудования.

Проектирование кабельной трассы делится на два основных этапа. На первом из них работа проводится с использованием технической документации, существующей кабельной канализации, коллекторов и других инженерных сооружений, трассы которых совпадают с направлением прокладки создаваемой линии.

На втором этапе проектная документация уточняется и корректируется на месте – визуальным осмотром. На этом этапе осуществляется уточнение мест расположения промежуточных и конечных муфт.

В процессе ознакомления с трассой особое внимание должно быть обращено на сложные участки: речные переходы; пересечения автомобильных, железнодорожных и трамвайных путей, трубопроводов; прокладку кабеля по

мостам, тоннелям, заболоченных местах, на скальных и гористых участках, населенных пунктах. На основании этих данных затем выбирают наиболее оптимальные планы прокладки ВОК на различных участках трассы, детализируют технологии строительства ВОЛС, составляют календарный план производства работ по участкам с учетом трудоемкости операций, рассчитывают потребность машин и механизмов, выделяют пункты возможного размещения кабельных площадок и помещений для проведения входного контроля ВОК. Кроме того, решаются вопросы организации служебной связи.

### **3.2.2 Особенности строительства ВОЛС**

Основные этапы строительства ВОЛС и линий связи с традиционными кабелями совпадают. Отличия в организации, технологии строительства, монтажных работах и эксплуатации ВОЛС в значительной степени обуславливаются тем, что у оптического кабеля в отличие от электрических кабелей нет параметров, характеризующих состояние элементов кабельного сердечника и его защитных покровов (сопротивление изоляции, пробивное напряжение изоляции и герметичность оболочки). Отсутствие таких параметров в ВОК требует изменений в порядке проведения приемосдаточных испытаний, а также в процессе дальнейшей эксплуатации ВОЛС.

Ряд существенных отличий в проведении линейных работ на ВОЛС обусловлен также следующим своеобразием конструкции оптического кабеля:

- критичностью к растягивающим усилиям, малыми поперечными размерами и массой ВОК;
- большими строительными длинами ВОК;
- сравнительно большими величинами затухания сростков оптических волокон;
- невозможностью содержания ВОК под избыточным воздушным давлением;
- трудностями при организации служебной связи при строительстве ВОЛС с ВОК без металлических элементов;

Эти особенности оптического кабеля сказываются практически на всех этапах строительства и вызывают необходимость введения существенных изменений в

практику строительства и эксплуатацию ВОЛС. Анализ этих особенностей позволяет сделать вывод о значительном перераспределении трудозатрат на отдельных этапах строительства ВОЛС по сравнению со строительством традиционных линий. Следует отметить качественный сдвиг трудозатрат на первые этапы, вызванные необходимостью специальной подготовки персонала, большим объемом подготовительных работ при входном контроле, контроле при прокладке и монтаже.

Объем измерительных работ составляет не менее 35-40% общего объема работ по строительству ВОЛС, в отличие от 12-15% при строительстве обычных кабельных линий связи. Значительно больший объем времени занимают операции по сращиванию ОВ и монтажу муфт ВОК, требующие к тому же значительно более квалифицированной подготовки монтажников.

### **3.2.3 Подготовка к строительству ВОЛС**

На первых этапах подготовки строительства ВОЛС, необходимо выполнить следующие работы:

- составить проект производства работ;
- решить организационные вопросы взаимодействия строительной организации с представителями заказчика;
- провести подготовку персонала к выполнению основных строительномонтажных операций;
- провести входной контроль;
- решить задачи материально-технического снабжения будущего строительства.

Технология строительства ВОЛС определяет целесообразность проведения стопроцентного входного контроля ВОК, поступающего на строительство ВОЛС.

В состав работ при входном контроле входят:

- внешний осмотр кабельных барабанов и концов оптического кабеля;
- проверка документации и вскрытие барабанов;
- испытание элементов кабельного сердечника;
- оформление протоколов входного контроля ВОК;

При необходимости мелкий ремонт ВОК и барабанов, их перемотка, соединение шлейфом оптических волокон при механизированной прокладке, обшивка барабанов и заделка концов кабеля.

Для оценки пригодности кабеля к прокладке и влияния строительных операций на качество ВОК измеряют все оптические волокна и сравнивают с паспортными значениями. Следует учитывать, что возникающие в некоторых случаях отклонения от паспортных данных объясняются применением различных методик измерения и приборов.

В процессе строительства контроль за целостностью ОВ и их затуханием удобно осуществлять методом обратного рассеяния с помощью рефлектометра.

При входном контроле рефлектограммы снимают с обоих концов строительных длин, в случае заметных расхождений измеренных величин затухания с паспортными данными измерения перепроверяют «методом обрыва» оптического волокна.

Входной контроль ВОК занимает гораздо больше времени, чем контроль электрических кабелей, так как при его проведении требуется особая чистота на рабочем месте и отсутствие влияний атмосферных условий, поэтому входной контроль ВОК следует проводить в специально оборудованном помещении.

#### Условия прокладки в полиэтиленовую трубку:

Прокладка полиэтиленовой трубы производится строительными длинами, согласно укладочной ведомости.

По получению полиэтиленовой трубы производится ее входной контроль, регистрируемый в журналах:

- визуальный контроль упаковки. При разбитом барабане труба перематывается на хороший при  $t \geq 15^{\circ}\text{C}$ , только с козлов или с кабельной тележки с визуальным контролем за полиэтиленовыми трубами;

- производятся замеры овальностей торцов. Овальность допускается не более 5%, (для трубы  $d = 40\text{мм}$ ,  $d_{\text{трубы}} = 39\div 41\text{ мм}$ ). Полиэтиленовая труба превышающая нормы на овальность отбраковывается;

- при подозрениях проводится калибровка трубы (пластмассовый или деревянный шарик диаметром на 3-4 мм меньше внутреннего диаметра трубы прогоняется давлением 0,5-1,0 атм.);

- при подозрениях проверяется герметичность трубы (накачка до 1 атм. и через 2 часа выдержки давление не должно упасть более чем на 0,005 атм. (0,5%)).

Допустимые температуры:

- при транспортировке и хранении в заводской упаковке

- 60°C - +65°C;

при эксплуатации:

-50°C - +60°C;

при прокладке и манипуляциях:

- 10°C - +35°C.

Прокладке при  $t$  до -20°C производится предварительный прогрев барабана с трубой не менее 24 часов при температуре не ниже -5°C.

Транспортировка полиэтиленовой трубы производится в барабанах, вертикально.

Допускается транспортировка в бухтах плашмя, но разгружать полиэтиленовую трубу только за обвязку вертикально.

Концы труб должны быть закрыты заглушками.

Глубина прокладки полиэтиленовой трубы (кабеля):

- 0.7- 1.2 М

Сигнальная лента (маркер) не менее 0,5 глубины прокладки ПЭТ.

Минимальный радиус изгиба (поворота) полиэтиленовой трубы должен быть не менее 10 кратного наружного диаметра полиэтиленовой трубы. Амплитуда волнистости трубы при ручной прокладке не более 15 см от оси ПЭТ на длине 6 м.

Количество муфт на трубе (соединений) должно быть минимальным. Все соединения наносятся на карту маршрута – схему с привязками. На муфтах устанавливаются маркер и столбик. При прокладке полиэтиленовой трубы вручную глубина траншеи должна быть на 5-10 см глубже проектной и дно выровнено песком (или мягким грунтом) до проектной отметки.

Сбрасывание ПЭТ в траншею не допускается, должна применяться последовательная укладка, если в траншее вода, чтобы труба не всплыла она пригружается грузом (чугунки, мешки с песком, смазанный маслом трос и т.д.);

Полиэтиленовая труба после прокладки обрезается не раньше, чем через 1 час, для восстановления исходной длины после натяжения при прокладке и выравнивания температуры трубы с грунтом.

Фиксация трассы (коррекция рабочих чертежей с привязками) производится по ходу строительства (прокладки ПЭТ).

Лента предназначена для визуального обнаружения её при земляных раскопках на трассе кабеля в целях приостановки земляных работ и отыскания трассы кабеля, не содержащего металлических элементов, и его глубины прокладки.

### **3.2.4 Разработка грунта**

Выполнение земляных работ может производиться только при наличии утвержденной проектной документации. Разработку грунта предполагается осуществлять как механизированным способом, используя одноковшовый экскаватор ЭО-3322Б1, так и ручную.

При разработке в отвал грунт следует складывать у траншеи с одной стороны, на расстоянии не менее 0,5 м. от бровки. Засыпку траншеи, как правило, следует производить с помощью бульдозеров. Засыпка грунта должна производиться слоями толщиной не свыше 20 см. с их тщательным послойным уплотнением с помощью электрических, пневматических или ручных трамбовок. Над траншеей должен быть образован валик из грунта для компенсации его последующей усадки.

### **3.2.5 Прокладка трубопровода**

Для обеспечения прямолинейности прокладываемого трубопровода на дне траншеи необходимо натянуть шнур, закрепляемый на кольшках.

Каналы начальных концов труб должны быть сразу плотно закрыты полиэтиленовыми, бетонными или деревянными пробками. По окончании прокладки пролета трубопровода все каналы конечной стороны следует также закрыть пробками во избежание попадания в них воды и мусора. Перед стыкованием труб внутренняя и наружная поверхности каналов должны быть очищены от загрязнений и концы их сведены вплотную.

Стыковка осуществляется при помощи полиэтиленовых манжет, предварительно нагретых в горячей воде (90-100 °С), с выдержкой не менее 10 мин.

Горячую муфту надевают одним концом на ранее проложенную трубу до упора во внутреннюю перегородку, очищенный конец второй трубы вставляют в муфту с противоположной стороны также до упора во внутреннюю перегородку. Плотность стыковки достигается легкими ударами молотком или кувалдой по торцу трубы через приложенную доску.

### **3.2.6 Монтаж оптического кабеля**

После прокладки ВОК в месте окончания одной строительной длины кабеля к ней присоединяют следующую строительную длину.

Для этого непосредственно на трассе в ходе строительства оборудуют рабочее место, на котором и производится монтаж промежуточных муфт, соединяющих концы смежных строительных длин ВОК, а также осуществляется контроль над качеством выполнения монтажных работ.

Надежность соединительной муфты определяется состоянием сварных швов, соединяющих отдельные части пластмассовых муфт, швов между муфтой и оболочкой кабеля, а также сростков ОВ и их запаса в муфте.

Надежная работа соединительных муфт в большой степени зависит от субъективных факторов, определяемых квалификацией монтажников, технологией строительно-монтажных работ, свойствами применяемых полуфабрикатов, системой контроля за качеством.

### **3.2.7 Основные операции при монтаже ВОК**

Основными операциями при монтаже являются:

- нахождение на трассе сращиваемых концов кабеля;
- осмотр защитных оболочек на доступных участках, а также концов ВОК, защищенных от попадания влаги в сердечник кабеля;
- установление служебной связи, оборудование рабочего места, предварительная выкладка запаса строительных длин, закрепление сращиваемых концов ВОК, удаление защитного покрытия, проверка целостности ОВ;

- сварка оптического волокна с проведением контроля качества сростков;
- восстановление элементов сердечника;
- паспортизация;
- восстановление защитных покровов;
- выкладка запаса ВОК и муфты в котловане или колодце, маркировка муфт.

Монтаж соединительных муфт в данном проекте предполагается проводиться в специально оборудованной монтажно-измерительной лаборатории (ЛИОК), организованной на базе автомашины ГАЗ-3307 с кузовом марки КУНГ-1-мд.

Для соединения оптических волокон предполагается использовать сварочный аппарат Fujikura SpliceMate FSM-11R, а для измерений ОВ – оптический рефлектометр ANDO AQ7250. Внутри кузова установлен монтажный стол, оборудованный приспособлениями для закрепления концов монтируемых ВОК, сварочный аппарат, а также монтажные инструменты.

Машину устанавливают по возможности ближе к кабельному колодцу. Концы ВОК подают в монтажно-измерительную машину, где их разделяют и сваривают ОВ в соответствии с технологией монтажа.

Целью сварки является создание постоянного соединения оптических волокон с низкими потерями передачи оптического излучения через место соединения.

Этот процесс состоит из трёх этапов:

- подготовка волокон, удаление оболочки;
- удаление загрязнения с очищенных поверхностей и скола очищенных волокон;
- непосредственно процесс сварки и оценки качества сварного соединения;
- защита оголённого участка волокна от механического давления и влияния окружающей среды посредством герметичной оболочки термоусадочной гильзы.

После сварки ОВ на место сростка устанавливают комплект деталей защиты сростка, производят окончательную выкладку запаса ОВ и закрепление защищенного сростка. После выкладки всех сваренных волокон производят окончательную проверку затухания оптического сигнала во всех волокнах. В случае положительного результата заполняют и вкладывают паспорт муфты, производят восстановление элементов кабельного сердечника и защитных покровов ВОК.

Устройства ввода и крепления брони кабеля обеспечивают надежную механическую фиксацию оптического кабеля. Герметизация основания и корпуса муфты, а также кабельных вводов осуществляется с применением термоусаживающихся материалов и герметизирующих лент. Схема прокладки оптического кабеля показана (Приложение 4).

### **3.2.8 Приемосдаточные испытания и составление паспорта ВОЛС**

Приемосдаточные испытания производятся представителями строительной организации и организации, принимающей построенную ВОЛС в эксплуатацию. Приемка осуществляется путем соответствующих измерений параметров передачи ОВ на полностью смонтированных ретрансляционных участках между окончными разъемами ВОК.

Нормы и объекты обязательных измерений определяются техническими требованиями и зависят от конструкции ВОК, назначения ВОЛС и организуемой по ВОЛС системы передачи.

На ВОЛС с большой пропускной способностью, ВОК которых состоят из одномодовых ОВ, измеряются вносимое затухание и дисперсия всех волокон на регенерационном участке (РУ). Измерения проводятся при условиях, наиболее близких к рабочим по спектру измеряемых сигналов и ширине полосы источников излучения методом ввода и вывода оптических сигналов.

Затухание группового времени прохождения (ГВП) и дисперсия ОВ измеряются в обоих направлениях передачи РУ от пункта «А» к «Б» и от «Б» к «А», что позволяет учитывать различия значений измеряемых параметров обусловленные неоднородностью ВОЛС, а также выбрать оптимальный вариант использования ОВ на данном РУ.

Таким образом, для проведения приемочных испытаний необходимо на обоих концах РУ иметь полные комплекты измерительной аппаратуры (передающую и приемную части).

Данные измерений в обоих направлениях передачи заносятся в соответствующие таблицы паспорта ВОЛС.

По полученным данным определяют статические характеристики ВОК на измеряемом РУ (средние значения затухания, ГВП и дисперсии).

Кроме параметров передачи ОВ, часто особенно для магистральных ВОЛС, осуществляют измерения функции распределения неоднородностей ОВ по длине линии.

Измерения производят с помощью оптических рефлектометров с обоих концов РУ ВОЛС в режиме измерения обратного рассеяния. Данные измерений наносят на кальку и включают в паспорт РУ. В ряде случаев они фиксируются с помощью принтера ОР или записываются в память ЭВМ.

Существенной особенностью паспорта ВОЛС, особенно при отсутствии в конструкции ВОК металлических проводников, являются повышенные требования к точности карты трассы прокладки ВОЛС. Если трасса обычных кабельных линий может быть определена с помощью кабеле-искателей, то в ВОК без металлических проводников подобный принцип отыскания трассы неприемлем.

Поэтому трасса прохождения ВОК и сведения о расстоянии между НРП и данной точкой ВОК, определенные с помощью рефлектометра, а также между реперными точками трассы ВОК (обычно НРП, замерными столбиками ВОК или километрическими столбами близко расположенной дороги, отдельными ориентирами на местности и др.) должны быть нанесены на карту трассы ВОЛС с погрешностью не более (0,3...0,4) м. Такая точность нанесения трассы ОК обеспечивается путем использования геодезических приборов или с помощью лазерных дальномеров, а также путем измерения значений ГПВ на каждой строительной длине ОК.

### **3.2.9 Применение мультиплексов СЦИ «Транспорт» для организации схемы связи**

Мультиплексы СЦИ серии «Транспорт», выпускаемые фирмой «Русская телефонная компания» (Россия, г.Новосибирск), предназначены для организации цифрового потока со скоростью передачи 155 Мбит/с и 622 Мбит/с, при работе по одномодовому оптическому кабелю на длине волны 1310 или 1550 нм.

Внешний вид мультиплексов показан на рисунках 3.4 и 3.5.



Рисунок 3.4 Внешний вид мультиплексора STM-1



Рисунок 3.5 Внешний вид мультиплексора STM-4

Основные технические характеристики мультиплексов «Транспорт S1» приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Основные технические характеристики STM-1

Тип оптического интерфейса	нет	
Оптический разъем	SC	
Оптический передатчик		
Направление передачи	Запад	Восток
Диапазон рабочих длин волн, нм	1550	1310
Средняя мощность передачи, включая запас на старение: максимум, дБм минимум, дБм	-3	0
Оптический приемник		
Чувствительность приемника при коэффициенте ошибок $10^{-10}$ , дБм	-34	
Максимальный уровень, допустимый на входе, дБм	0	
Длина волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), включая 2 дБ на соединения и запас на восстановление волоконно-оптического кабеля (ВОК), км	0 ... 80	

Мультиплексы «Транспорт-S4» предназначены для построения транспортных сетей и сетей доступа. Мультиплексор может работать как мультиплексор ввода/вывода ADM, терминальный мультиплексор TM и как кросс-коммутатор, с возможностью организации линейной, цепочечной, кольцевой и ячеистой топологий сети или многокольцевые цепи. Технические характеристики мультиплексора STM-4 «Транспорт – S4» приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.2 Технические характеристики мультиплексора STM-4

## «Транспорт – S4»

Параметры	Значения
Топология	точка - точка, цепь и кольцо
Оптический интерфейс STM-4	Скорость передачи: 622.080 Мбит/с
	Тип оптического волокна: одномодовое
	Количество оптических волокон: 2
	Рабочая длина волны: 1310 нм (1550 нм – опция)
	Оптический интерфейс: S-4.1, L-4.1
	Коннектор: SC
	Уровень мощности оптического сигнала на передаче: -12 ~ -4 дБм (S-4.1); 0 дБм L-4.1
	Уровень мощности оптического сигнала на приёме: -36 дБм (S-4.1); -40 дБм L-4.1
Оптический интерфейс STM-1	Скорость передачи: 155.520 Мбит/с
	Тип оптического волокна: одномодовое
	Количество оптических волокон: 2
	Рабочая длина волны: 1310 нм (1550 нм – опция)
	Оптический интерфейс: L-1.1 (L-1.2 - опция)
	Коннектор: FC
	Уровень мощности оптического сигнала на передаче: -12 ~ -4 дБм
	Уровень мощности оптического сигнала на приёме: -36 дБм
Интерфейсы сетевой системы управления NMS	F ( Ethernet ) – скорость: 10/100 Мбит/с, автоопределение полу-/полно- дуплексного режимов передачи, типов кабеля;
	f ( RS232 ) - скорость: 19,2 кбит/с
Питание	- 48В... 72В DC
Потребляемая мощность	35 Вт
Рабочая температура	0 <sup>0</sup> C ~ 45 <sup>0</sup> C
Температура хранения	- 20 <sup>0</sup> C ~ 70 <sup>0</sup> C
Влажность	Менее 90% ( без конденсата )
Габариты, мм (В x Ш x Г)	44 x 481 x 290
Масса	4 кг
Требования к окружающей среде	Беречь от коррозии и сильных магнитных полей

Мультиплексор может быть оборудован следующими вариантами интерфейсов: - 4 оптических интерфейса 155Мбит/с - А,В,С,Д, которые могут работать независимо или в режиме защиты 1 + 1; - 2 оптических интерфейса 622 Мбит/с - Е и F, которые могут работать в режиме защиты 1 + 1. Соответствует стандартам G.811, G.812 и G.813, т. е. может иметь несколько источников синхронизации и осуществлять автоматическое переключение между ними. Поддержка неблокируемой матрицы кросс-коммутации среди шести оптических интерфейсов, с поддержкой двунаправленных кроссовых соединений на уровне виртуальных контейнеров VC-12, VC-3, VC-4. Сетевой протокол управления - ТСР/ІР. Встроенное программное обеспечение сетевого управления обеспечивает удалённую конфигурацию и модернизацию. «Транспорт-S4» имеет одноплатную

конфигурацию высотой 1U и может быть установлен в стандартную 19" стойку. Схема организации первичной сети связи на участке Нукус-Кунград показано на приложение 5 и схема синхронизации показано на приложение 6.

Задание))))))

## **4. ОХРАНА ТРУДА И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

### **4.1 Допуск персонала к обслуживанию ВОЛС**

К работам по строительству и монтажу кабельных линий связи допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный инструктаж, инструктаж и обучение на рабочем месте, проверку знаний правил по охране труда и имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже III. Строительно-монтажные работы производят в соответствии с указанием начальника регионального узла, и его заместителя, которым определяется:

- виды работ;
- место и сроки проведения работ;
- состав бригады;
- назначается ответственный за производство работ(старший бригады).

Работники, занятые строительством и монтажом кабельных линий связи, обязаны:

- соблюдать правила внутреннего трудового распорядка;
- пройти обучение безопасным методом труда в объеме технологии ведения работ;
- знать и соблюдать правила по охране труда в объеме выполняемых обязанностей, ежегодно подтверждать III группу по электробезопасности;
- знать порядок проверки и пользования ручным механическим и электроинструментом, приспособлениями по обеспечению безопасного производства работ (стремянки, лестницы и другое), средствами защиты (диэлектрические перчатки и коври, индикаторы напряжения, защитные очки).
- выполнит ту работу, которая определена указанием на производство работ, инструкциями по монтажу и наладке оборудования, и при условии, что безопасные способы ее выполнения хорошо известны;
- соблюдать инструкцию о мерах пожарных безопасности.

## 4.2 Меры безопасности при строительстве и техническом обслуживании ВОЛС

Для монтажа оптического кабеля используется передвижная лаборатория, оборудованная на базе автомобиля. В автомобиле расположен комплект для сварки оптического кабеля, не большой запас растворителя (0,3-0,5 л) нефрас 50/170 в металлической емкости.

Работник, производящий монтаж волоконно-оптического кабеля, должен быть осторожен со сколотым волокном:

- не разбрасывать его;
- складывать в определенное место и следить, чтобы частицы этого волокна не попали через одежду на тело. Для этой цели необходимо пользоваться защитным фартуком.

Монтажный стол и пол в монтажно-измерительной автомашине после каждой смены следует обрабатывать пылесосом, а затем протирать мокрой тряпкой. Тряпку следует отжимать в плотных резиновых перчатках.

*При работе с устройством для сварки оптических волокон необходимо соблюдать следующие требования:*

- все подключение и отключение приборов, требующих разрыва электрических цепей или соединения с высоковольтными цепями устройства, производить при полном снятии напряжения;
- корпус прибора заземляется;
- во время наладочных работ следует помнить, что трансформатор, высоковольтного провода, электроды в режиме сварки находится под высоким напряжением;
- запрещается эксплуатация устройства со снятым защитным кожухом блока электродов;
- для наблюдения за сваркой работник обязан применять защитные очки.

*Меры безопасности при нахождении на железнодорожных путях, необходимо:*

Находясь на железнодорожных путях, необходимо:

- при проходе вдоль путей на перегоне одному или группой идти в стороне от пути или по обочине;

- на станции идти по обочине пути, посередине наиболее широкого междупутья или установленному для данной станции маршруту прохода, при этом надо следить за движущимися поездами, маневрирующими составами и локомотивами;

- при переходе через пути следует сначала осмотреться и убедиться в том, что к месту перехода не приближается подвижной состав;

- переходить пути следует по прямым углом, при этом нельзя становиться на головку рельса, между остряком и рамным рельсом стрелочного перевода;

- при следовании группой идти по одному друг за другом или два человека в ряд, не допуская отставания и движения толпой;

- при переходе через путь, занятый стоящим подвижным составом, пользоваться переходными площадками вагонов или обойти состав;

- запрещено подлезать под вагонами или автосцепками и протаскивать под ними инструмент, монтажные приспособления и материалы;

- запрещается переходить через пути перед приближающимися локомотивами, вагонами, автодрезинами;

- при обходе группы вагонов или локомотивов, стоящих на путях, следует переходить путь на расстоянии не менее 5 м от крайнего вагона или локомотива и проходить между расцепленными вагонами, если расстояние между ними не менее 10 м;

- Не разрешается садиться на рельсы, концы шпал, балластную призму, дроссель-трансформатор, а также любые другие устройства, расположенные как в пределах, так и вблизи габарита подвижного состава.

На скоростных участках, если нет возможности пройти в стороне от пути или по обочине, допускается проход по пути с соблюдением следующих требований:

- на двухпутных участках необходимо идти навстречу движению поездов;

- не менее чем за 400 м до приближающегося поезда следует отойти на обочину на расстояние не менее 2 м от крайнего рельса при скорости движения до 120 км/ч, 4 м - от 121 до 160 км/ч и 5 м - от 161 до 200 км/ч;

При плохой видимости, в крутых, кривых, глубоких выемках, во время тумана или метели, а также в случаях, когда нет возможности двигаться по обочине пути, обходы с осмотром контактной сети ВЛ необходимо осуществлять в два вида лица. При этом один из них должен идти с развернутым красным флагом и следить за приближающимися поездами.

Перед началом прохода по железнодорожному мосту или тоннелю необходимо убедиться в том, что к нему не приближается поезд. По мостам и тоннелям длиной менее 50 м разрешается проходить только тогда, когда не видно приближающегося поезда. На мостах и в тоннелях длиной более 50 м при приближении поезда необходимо укрываться на специальных площадках или в нишах-укрытиях.

### **4.3 Меры борьбы с транспортным шумом**

Распространяющиеся в воздухе беспорядочные звуковые колебания различной природы как физическое явление называют акустическим шумом. Они характеризуются высокими частотами колебаний (20 Гц-20 кГц и выше) и случайной величиной амплитуды. Как физиологическое явление, шум – всякий неблагоприятно воспринимаемый звук.

Интенсивный шум может маскировать оповещающего сигнала о приближении подвижного состава. Такое положение не допустимо, так как может привести работника к травме.

Борьба с шумом осуществляется при помощи технических и организационных мероприятий. Они проводятся в соответствии с комплексными планами охраны труда и развития предприятия.

Среди организационных мероприятий можно отметить такие, как:

- выявление источников шума;
- проверка эффективности звукоизоляции помещений;
- разработка системы мер снижения уровней шума до регламентированных действующими нормативами;
- Организация постоянного контроля за уровнем шума на рабочих местах и в рабочих помещениях.

Важнейшими составляющими шума от железнодорожного подвижного состава являются шум в окружающем пространстве от его движения и шум, возникающий внутри самого подвижного состава. Борьба с первой составляющей шума предполагает замену стыкового пути на бесстыковой, применение резиновых подрельсовых прокладок, совершенствование тормозной системы транспортных средств, ограничение скоростей движения в районах городской застройки, применение глушителей шума на тепловозных силовых установках, запрет мощных звуковых сигналов.

#### **4.4 Основы безопасности работников железнодорожного транспорта на путях**

Опасный фактор железнодорожных станций и перегонов – движущиеся объекты (железнодорожные составы, локомотивы, отдельные вагоны, путевые машины). Специфика движущихся железнодорожных объектов – отсутствие возможности их маневра, значительный тормозной путь, отсутствие тормозных устройств у вагонов при роспуске с горок. Специфика травматизма для железнодорожного транспорта – тяжелые последствия, частота смертельных исходов, а также невозможность оказания скорой медицинской помощи.

Причинами травматизма могут являться:

- человеческий фактор (ослабление внимания при длительном нахождении на путях; снижение ориентации по акустическим факторам из-за наличия шумов различных диапазонов; ослабление восприятия звуковых сигналов, оповещающих об опасности, из-за общего высокого уровня шума);
- отсутствие безопасного места при встречном движении составов;
- недостаточная освещенность в ночное время в условиях интенсивных маневровых передвижений;
- неудовлетворительное содержание междупутных пространств (снег, гололед, лужи, засоренность).

##### *Переход через пути*

Переходить через пути следует по специально устроенным, обозначенным и освещаемым (в темное время суток) переходом. Переход оборудуют настилами,

расположенными на уровне головки рельса и обозначают указательными знаками с надписью «Переход». Запрещается переходить через пути в местах устройства стрелочных переводов. Прежде чем вступить на путь, необходимо убедиться, что и с одной и с другой стороны нет приближающегося подвижного состава. Переходить пути следует только под прямым углом. На рельсы нельзя наступать ногами. Пути, занятые вагонами и не огражденные ( в установленном порядке) сигналами остановки, запрещается переходить под вагонами, под автосцепкой или через автосцепку.

Запрещается перебежать пути перед приближающимся поездом, так как для перехода через путь требуется 5-6 с, а поезд, следующий со скоростью 90 км/ч за 1 с. преодолевает расстояние, равное 25 м. Для обеспечения полной безопасности при переходе через пути на крупных станциях устраивают пешеходные мосты и подземные переходы.

#### **4.5 Меры безопасности при производстве работ на путях**

При производстве работ на путях, место производства работ ограждается соответствующими сигналами. В зависимости от вида, объема и степени опасности работ места работ ограждают сигналами:

- остановки;
- уменьшения скорости;
- сигнальным знаком подачи звукового сигнала локомотивом «С».

До начала работ выставляют сигналистов и сигналы остановки или уменьшения скорости движения, сигнальные знаки «С». Для предупреждения работающих о приближении поезда по соседнему пути, при работах на одном из путей двухпутного участка, независимо от того, какими сигналам ограждено место работ, по соседнему пути устанавливают знаки «С».

Знаки «С» устанавливают на расстоянии 500-1500 м от границ участка производства работ, а на перегонах, где обращаются поезда со скоростью более 120 км/ч, - на расстоянии 800-1500 м. Машинист поезда при подходе к знаку «С» обязан подать оповестительный сигнал – один длинный громкий гудок.

Схемы ограждений мест производства работ, требующие остановки поезда, снижения скорости и не требующие уменьшения скорости движения поездов, определяются «Инструкцией по сигнализации на железных дорогах РФ». Место производства работ на перегоне, требующее остановки поезда, и место внезапно возникшего препятствия ограждают сигналами остановки независимо от того, ожидается поезд или нет.

Устройства автоматического оповещения могут быть построены на различных физических принципах регистрации вступления подвижного состава на контролируемый участок пути. При этом любое устройство оповещения обязательно включает в себя следующие функциональные элементы : путевой датчик ПД , канал связи ( показан пунктиром ), блок управления У , сигнализатор С . Путевой датчик ПД предназначен для фиксации факта вступления подвижного состава на контролируемый участок. Используются различные датчики : оптические , механические, индуктивные , пьезоэлектрические , магнитоволновые и др.

## 4. ОХРАНА ТРУДА И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

### 4.1 Допуск персонала к обслуживанию ВОЛС

К работам по строительству и монтажу кабельных линий связи допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный инструктаж, инструктаж и обучение на рабочем месте, проверку знаний правил по охране труда и имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже III. Строительно-монтажные работы производят в соответствии с указанием начальника регионального узла, и его заместителя, которым определяется:

- виды работ;
- место и сроки проведения работ;
- состав бригады;
- назначается ответственный за производство работ(старший бригады).

Работники, занятые строительством и монтажом кабельных линий связи, обязаны:

- соблюдать правила внутреннего трудового распорядка;
- пройти обучение безопасным методом труда в объеме технологии ведения работ;
- знать и соблюдать правила по охране труда в объеме выполняемых обязанностей, ежегодно подтверждать III группу по электробезопасности;
- знать порядок проверки и пользования ручным механическим и электроинструментом, приспособлениями по обеспечению безопасного производства работ (стремянки, лестницы и другое), средствами защиты (диэлектрические перчатки и ковры, индикаторы напряжения, защитные очки).
- выполнит ту работу, которая определена указанием на производство работ, инструкциями по монтажу и наладке оборудования, и при условии, что безопасные способы ее выполнения хорошо известны;
- соблюдать инструкцию о мерах пожарных безопасности.

### 4.2 Меры безопасности при строительстве и техническом обслуживании ВОЛС

Для монтажа оптического кабеля используется передвижная лаборатория, оборудование на базе автомобиля. В автомобиле расположен комплект для сварки

оптического кабеля, не большой запас растворителя (0,3-0,5 л) нефрас 50/170 в металлической емкости.

Работник, производящий монтаж волоконно-оптического кабеля, должен быть осторожен со сколотым волокном:

- не разбрасывать его;

- складывать в определенное место и следить, чтобы частицы этого волокна не попали через одежду на тело. Для этой цели необходимо пользоваться защитным фартуком.

Монтажный стол и пол в монтажно-измерительной автомашине после каждой смены следует обрабатывать пылесосом, а затем протирать мокрой тряпкой.

Тряпку следует отжимать в плотных резиновых перчатках.

*При работе с устройством для сварки оптических волокон необходимо соблюдать следующие требования:*

- все подключение и отключение приборов, требующих разрыва электрических цепей или соединения с высоковольтными цепями устройства, производить при полном снятии напряжения;

- корпус прибора заземляется;

- во время наладочных работ следует помнить, что трансформатор, высоковольтного провода, электроды в режиме сварки находится под высоким напряжением;

- запрещается эксплуатация устройства со снятым защитным кожухом блока электродов;

- для наблюдения за сваркой работник обязан применять защитные очки.

*Меры безопасности при нахождении на железнодорожных путях, необходимо:*

Находясь на железнодорожных путях, необходимо:

- при проходе вдоль путей на перегоне одному или группой идти в стороне от пути или по обочине;

- на станции идти по обочине пути, посередине наиболее широкого междупутья или установленному для данной станции маршруту прохода, при этом надо следить за движущимися поездами, маневрирующими составами и локомотивами;

- при переходе через пути следует сначала осмотреться и убедиться в том, что к месту перехода не приближается подвижной состав;
- переходить пути следует по прямым углом, при этом нельзя становиться на головку рельса, между остряком и рамным рельсом стрелочного перевода;
- при следовании группой идти по одному друг за другом или два человека в ряд, не допуская отставания и движения толпой;
- при переходе через путь, занятый стоящим подвижным составом, пользоваться переходными площадками вагонов или обойти состав;
- запрещено подлезать под вагонами или автосцепками и протаскивать под ними инструмент, монтажные приспособления и материалы;
- запрещается переходить через пути перед приближающимися локомотивами, вагонами, автодрезинами;
- при обходе группы вагонов или локомотивов, стоящих на путях, следует переходить путь на расстоянии не менее 5 м от крайнего вагона или локомотива и проходить между расцепленными вагонами, если расстояние между ними не менее 10 м;
- Не разрешается садиться на рельсы, концы шпал, балластную призму, дроссель-трансформатор, а также любые другие устройства, расположенные как в пределах, так и вблизи габарита подвижного состава.

На скоростных участках, если нет возможности пройти в стороне от пути или по обочине, допускается проход по пути с соблюдением следующих требований:

- на двухпутных участках необходимо идти навстречу движению поездов;
- не менее чем за 400 м до приближающегося поезда следует отойти на обочину на расстояние не менее 2 м от крайнего рельса при скорости движения до 120 км/ч, 4 м - от 121 до 160 км/ч и 5 м - от 161 до 200 км/ч;

При плохой видимости, в крутых, кривых, глубоких выемках, во время тумана или метели, а также в случаях, когда нет возможности двигаться по обочине пути, обходы с осмотром контактной сети ВЛ необходимо осуществляют в два вида лица. При этом один из них должен идти с развернутым красным флагом и следить за приближающимися поездами.

Перед началом прохода по железнодорожному мосту или тоннелю необходимо убедиться в том, что к нему не приближается поезд. По мостам и тоннелям длиной

менее 50 м разрешается проходить только тогда, когда не видно приближающегося поезда. На мостах и в тоннелях длиной более 50 м при приближении поезда необходимо укрываться на специальных площадках или в нишах-укрытиях.

#### 4.3 Меры борьбы с транспортным шумом

Распространяющиеся в воздухе беспорядочные звуковые колебания различной природы как физическое явление называют акустическим шумом. Они характеризуются высокими частотами колебаний (20 Гц-20 кГц и выше) и случайной величиной амплитуды. Как физиологическое явление, шум – всякий неблагоприятно воспринимаемый звук.

Интенсивный шум может маскировать оповещающего сигнала о приближении подвижного состава. Такое положение не допустимо, так как может привести работника к травме.

Борьба с шумом осуществляется при помощи технических и организационных мероприятий. Они проводятся в соответствии с комплексными планами охраны труда и развития предприятия.

Среди организационных мероприятий можно отметить такие, как:

- выявление источников шума;
- проверка эффективности звукоизоляции помещений;
- разработка системы мер снижения уровней шума до регламентированных действующими нормативами;
- Организация постоянного контроля за уровнем шума на рабочих местах и в рабочих помещениях.

Важнейшими составляющими шума от железнодорожного подвижного состава являются шум в окружающем пространстве от его движения и шум, возникающий внутри самого подвижного состава. Борьба с первой составляющей шума предполагает замену стыкового пути на бесстыковой, применение резиновых подрельсовых прокладок, совершенствование тормозной системы транспортных средств, ограничение скоростей движения в районах городской застройки, применение глушителей шума на тепловозных силовых установках, запрет мощных звуковых сигналов.

#### 4.4 Основы безопасности работников железнодорожного транспорта на путях

Опасный фактор железнодорожных станций и перегонов – движущиеся объекты (железнодорожные составы, локомотивы, отдельные вагоны, путевые машины). Специфика движущихся железнодорожных объектов – отсутствие возможности их маневра, значительный тормозной путь, отсутствие тормозных устройств у вагонов при роспуске с горок. Специфика травматизма для железнодорожного транспорта – тяжелые последствия, частота смертельных исходов, а также невозможность оказания скорой медицинской помощи.

Причинами травматизма могут являться:

- человеческий фактор (ослабление внимания при длительном нахождении на путях; снижение ориентации по акустическим факторам из-за наличия шумов различных диапазонов; ослабление восприятия звуковых сигналов, оповещающих об опасности, из-за общего высокого уровня шума);
- отсутствие безопасного места при встречном движении составов;
- недостаточная освещенность в ночное время в условиях интенсивных маневровых передвижений;
- неудовлетворительное содержание междупутных пространств (снег, гололед, лужи, засоренность).

#### *Переход через пути*

Переходить через пути следует по специально устроенным, обозначенным и освещаемым (в темное время суток) переходом. Переход оборудуют настилами, расположенными на уровне головки рельса и обозначают указательными знаками с надписью «Переход». Запрещается переходить через пути в местах устройства стрелочных переводов. Прежде чем вступить на путь, необходимо убедиться, что и с одной и с другой стороны нет приближающегося подвижного состава. Переходить пути следует только под прямым углом. На рельсы нельзя наступать ногами. Пути, занятые вагонами и не огражденные ( в установленном порядке) сигналами остановки, запрещается переходить под вагонами, под автосцепкой или через автосцепку.

Запрещается перебегать пути перед приближающимся поездом, так как для перехода через путь требуется 5-6 с, а поезд, следующий со скоростью 90 км/ч за 1

с. преодолевает расстояние, равное 25 м. Для обеспечения полной безопасности при переходе через пути на крупных станциях устраивают пешеходные мосты и подземные переходы.

#### 4.5 Меры безопасности при производстве работ на путях

При производстве работ на путях, место производства работ ограждается соответствующими сигналами. В зависимости от вида, объема и степени опасности работ места работ ограждают сигналами:

- остановки;
- уменьшения скорости;
- сигнальным знаком подачи звукового сигнала локомотивом «С».

До начала работ выставляют сигналистов и сигналы остановки или уменьшения скорости движения, сигнальные знаки «С». Для предупреждения работающих о приближении поезда по соседнему пути, при работах на одном из путей двухпутного участка, независимо от того, какими сигналам ограждено место работ, по соседнему пути устанавливают знаки «С».

Знаки «С» устанавливают на расстоянии 500-1500 м от границ участка производства работ, а на перегонах, где обращаются поезда со скоростью более 120 км/ч, - на расстоянии 800-1500 м. Машинист поезда при подходе к знаку «С» обязан подать оповестительный сигнал – один длинный громкий гудок.

Схемы ограждений мест производства работ, требующие остановки поезда, снижения скорости и не требующие уменьшения скорости движения поездов, определяются «Инструкцией по сигнализации на железных дорогах РФ». Место производства работ на перегоне, требующее остановки поезда, и место внезапно возникшего препятствия ограждают сигналами остановки независимо от того, ожидается поезд или нет.

Устройства автоматического оповещения могут быть построены на различных физических принципах регистрации вступления подвижного состава на контролируемый участок пути. При этом любое устройство оповещения обязательно включает в себя следующие функциональные элементы : путевой датчик ПД , канал связи ( показан пунктиром ), блок управления У , сигнализатор С . Путевой датчик ПД предназначен для фиксации факта вступления подвижного

состава на контролируемый участок. Используются различные датчики : оптические, механические, индуктивные , пьезоэлектрические , магнитоволновые и др.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данный дипломный проект посвящен проектированию ВОЛС на участке Нукус – Кунград.

В первой главе диплома рассмотрены приоритетные направления развития инфраструктуры республики в 2011-2015 годах и перспективы развития железнодорожного транспорта в этот период. Подробно рассмотрена стратегия развития Узбекских железных дорог, ее организационная структура, состояние и перспективы развития железнодорожных сетей связи Республики Узбекистан.

Во второй главе выполнено обоснование строительства волоконно-оптической линии связи на железнодорожном участке Нукус-Кунград, дана характеристика железнодорожного участка Нукус-Кунград и перспектива его развития, осуществлен выбор типа оптического кабеля и способа его прокладки. Подробно рассмотрены характеристики цифровых систем передачи применяемых на сетях связи железнодорожного транспорта.

В третьей главе выполнен расчет параметров линейного тракта: расчет первичных и вторичных параметров оптического волокна, длины регенерационного участка, быстродействия ВОСП, порога чувствительности ПРОМ, затухания соединителей ОВ. Рассмотрены вопросы организации строительства и монтажа ВОЛС при прокладке волоконно-оптического кабеля в полиэтиленовом трубопроводе, рассмотрены технические характеристики мультиплексов «Транспорт S1 и S4» в перспективе развития создаваемой сети связи.

В разделе охрана труда рассмотрены вопросы допуска персонала к обслуживанию ВОЛС, меры безопасности при строительстве и техническом обслуживании ВОЛС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов В.В., Кустышев С.Е., Прокофьев В.А. Линии железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. - М.: Издательство «Маршрут», 2002. - 416 с.
2. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети: Учебное пособие для вузов. - М.: Издательство «Эко-Трендз», 2001. - 267 с.
3. Виноградов В.В., Котов В.К., Нуприк В.Н. Волоконно-оптические линии связи: Учебное пособие для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. - М.:ИПК «Желдориздат», 2002. - 278 с.
4. Шмытинский В.В., Глушко В.П., Казанский Н.А. Многоканальная связь на железнодорожном транспорте. Учебник для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. Шмытинский В.В. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. – 704 с.
5. Ракк М.А., Мельникова Л.Я., Лабецкая Г.П., Кульбикиян Х.Ш. Измерения в технике связи: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. Ракк М.А. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. – 566 с.
6. Махонько П.Ф., Подшивалов В.М., Шейнин И.И. Задания и методические указания для разработки раздела в дипломных проектах по дисциплине «Безопасность в чрезвычайных ситуациях» Спб.2006. – 130 с.
7. Махонько П.Ф. Подшивалов В.М. Шейнин И.И. Предупреждение и ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте. Учебное пособие часть II. Спб. 2009. -
8. Сборник методик, задач и справочных материалов по прогнозированию обстановки и защите в чрезвычайных ситуациях:/ Под редакцией: кандидата военных наук: И.И.Шейнина. Учебное пособие Спб. 2009. -72 с.
9. Арустемов Э.А., Волошенко А.Е., Гуськов Г.В. Безопасность жизнедеятельности . Учебник для вузов. – М.: Издательско-торговая корпорации «Дашков». 2006. – 476 с.