

В. А. Андреев, А. В. Бурдин,
Л. Н. Кочановский, Э. Л. Портнов,
В. Б. Попов

Направляющие системы электросвязи

Том 2. Проектирование, строительство и техническая эксплуатация

*Рекомендовано Государственным образовательным учреждением
высшего профессионального образования
«Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ)
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальностям 210404 – «Многоканальные
телекоммуникационные системы»,
210406 – «Сети связи и системы коммутации»,
210401 – «Физика и техника оптической связи»,
210403 – «Защищенные системы связи» направления
210400 – «Телекоммуникации».*

Регистрационный номер рецензии 165 от 30.10.2008 г.

Москва
Горячая линия - Телеком
2010

УДК 621.395.73

ББК 32.889

Н27

А в т о р ы: *В. А. Андреев, А. В. Бурдин, Л. Н. Кочановский, Э. Л. Портнов, В. Б. Попов*

Н27 Направляющие системы электросвязи: Учебник для вузов. В 2-х томах. Том 2 — Проектирование, строительство и техническая эксплуатация / В. А. Андреев, А. В. Бурдин, Л. Н. Кочановский и др.; Под ред. В. А. Андреева. — 7-е изд., перераб. и доп. — М.: Горячая линия—Телеком, 2010. — 424 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0141-4.

Рассмотрены основные вопросы проектирования направляющих систем электросвязи (НСЭ), регламентируемые действующей нормативно-технической документацией. Даны практические рекомендации по выбору транспортных технологий, изложены требования к типам оптических волокон и другим НСЭ, применяемым на трансконтинентальных, региональных, городских сетях связи, а также на сетях доступа. Изложена методика инженерного расчета параметров линейного тракта НСЭ, в том числе со спектральным разделением каналов. Рассмотрены технологические особенности строительства НСЭ при прокладке кабелей связи (КС) в кабельной канализации, в грунте, подвеске на опорах, а также монтажные работы и измерения, проводимые при строительстве НСЭ. Изложены вопросы технической эксплуатации, аварийно-восстановительных работ и основные положения по обеспечению надежности работы НСЭ. Приведены общие принципы проектирования строительства и эксплуатации кабельных линий с металлическими жилами, а также принципы построения структурированных кабельных систем, их проектирование, строительство и эксплуатация.

Для студентов вузов связи и информатики.

ББК 32.889

ISBN 978-5-9912-0141-4 (Т. 2)

© В. А. Андреев, А. В. Бурдин,
Л. Н. Кочановский, Э. Л. Портнов,
В. Б. Попов, 2010

© Научно-техническое издательство
«Горячая линия—Телеком», 2010

Предисловие

На сегодняшний день в России новые магистральные, внутризоновые и межстанционные линии связи ГТС Министерства связи и массовых коммуникаций РФ строятся только с использованием волоконно-оптических кабелей (ОК). Оптические кабели получили широкое применение также на железнодорожном транспорте и на линиях высокого напряжения. На железных дорогах оптические кабели подвешиваются на опорах контактной сети и автоблокировки, а на линиях высокого напряжения — на опорах ЛЭП. Кроме того, в последние годы в городах и районных центрах достаточно широко стала применяться подвеска оптических кабелей на опорах городского электрохозяйства (опоры трамвайного и троллейбусного транспорта, опоры освещения).

С использованием ОК развиваются локальные кабельные сети и сети кабельного телевидения, вычислительных, банковских и внутриобъектовых систем. Достаточно широкое применение ОК находят на сетях широкополосного абонентского доступа.

В последние годы активно проводятся работы по строительству волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП) вдоль газопроводов и нефтепроводов. Большие работы по строительству ВОЛП проводят также операторы сотовой связи. Переход операторов сотовой связи на технологию 3G характеризуется взрывным ростом объема передаваемой информации. Удовлетворение потребности в большой пропускной способности на момент реализации проекта, а также дальнейшее стратегическое планирование указывают на необходимость использования на транспортных сетях аппаратуры спектрального разделения каналов (CWDM и DWDM). Технология спектрального разделения каналов получает успешное внедрение у многих операторов России.

Потребности в оптических кабелях в России в последние годы резко возросли. Наблюдаемая тенденция роста будет продолжаться

и в будущем. При этом емкость (число оптических волокон) оптических кабелей возрастает. Так, если в 2005 году наибольшим спросом пользовался 16-волоконный кабель, то в 2006–2008 годах чаще стали использоваться 24-, 32-, 48-, 96- и 144-волоконные кабели. Спрос на ОК с большим количеством оптических волокон продолжает расти.

В условиях интенсивности роста информационных технологий особую актуальность приобретают вопросы проектирования, строительства и технической эксплуатации ВОЛП.

В связи с изложенным выше во второй части учебника «Направляющие системы электросвязи» основное внимание уделено проектированию, строительству и технической эксплуатации ВОЛП. Кроме того, рассмотрены вопросы проектирования, строительства и эксплуатации медных кабелей, в том числе кабелей для цифровых систем передачи для структурированных кабельных систем.

Материал учебника соответствует основным требованиям нового Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования, принятого в 2002 году.

Авторы выражают благодарность инженеру кафедры линий связи и измерений в технике связи ГОУ ВПО «ПГАТИ» С.А. Гаврюшину за помощь в подготовке учебника к изданию.

Оглавление

Предисловие	3
Глава 1. Проектирование волоконно-оптических линий передачи	5
1.1. Общие положения	5
1.2. Задание на проектирование и исходные данные	7
1.3. Состав рабочего проекта	9
1.4. Последовательность проектирования ВОЛП	14
1.5. Требования по обеспечению надежности ВОЛП	15
1.6. Нормирование показателей качества цифровых каналов и трактов при проектировании ВОСП	17
1.7. Рекомендации по выбору транспортных технологий ...	21
1.8. Инженерный расчет параметров линейного тракта ВОЛП	28
1.8.1. Расчет длины регенерационного участка	28
1.8.2. Расчет бюджета мощности	29
1.8.3. Ограничения длины РУ по хроматической дисперсии	31
1.8.4. Ограничения длины РУ по поляризационной модовой дисперсии	34
1.8.5. Расчет параметров оптического линейного тракта систем передачи со спектральным разделением каналов	34
1.9. Выбор варианта трассы ВОЛП	35
1.10. Выбор типа, марки оптического кабеля и метода его прокладки	41
1.11. Выбор типа муфты для монтажа ОК	42
1.12. Требования на прокладку оптического кабеля	42
1.12.1. Прокладка оптического кабеля в грунт	42
1.12.2. Прокладка оптического кабеля в кабельной канализации и коллекторах	45
1.12.3. Подвеска оптических кабелей	46

1.13. Пересечение водных преград и подземных коммуникаций	48
Контрольные вопросы	51
Глава 2. Строительство волоконно-оптических линий передачи	52
2.1. Технология прокладки ОК в кабельной канализации ..	54
2.1.1. Общие требования к прокладке ОК в кабельной канализации	54
2.1.2. Механические нагрузки при затягивании ОК в каналы кабельной канализации и меры по их ограничению ..	55
2.1.3. Подготовка кабельной канализации к прокладке ОК ..	62
2.1.4. Прокладка ОК в кабельной канализации	65
2.2. Технология прокладки ОК в грунт	69
2.2.1. Условия производства работ	69
2.2.2. Прокладка ОК кабелеукладчиком	70
2.2.3. Особенности прокладки ОК в условиях многолетне-мерзлых грунтов	74
2.2.4. Прокладка ОК в предварительно проложенные в грунт защитные пластмассовые трубки методом задувки ..	76
2.2.5. Установка замерных столбиков и электронных маркеров	80
2.2.6. Пересечение подземных коммуникаций методом горизонтального направленного бурения	81
2.2.7. Рекультивация земель при строительстве ВОЛП	85
2.2.8. Прокладка микрокабелей в микротрубки ЗПТ	86
2.3. Подвеска ОК на опорах	89
2.4. Построение сетей широкополосного абонентского доступа	98
2.4.1. Маловолоконная кабельная система	100
2.4.2. Навивка ОК на фазовый провод низковольтных ЛЭП ..	102
2.4.3. Оптические волокна для сетей FTTx	104
2.5. Монтаж ВОЛП	105
2.5.1. Требования к неразъемным соединениям ОВ	105
2.5.2. Подготовка ОВ к сращиванию	106
2.5.3. Способы сращивания ОВ	108
2.5.4. Муфты для монтажа оптических кабелей	112
2.6. Измерения в процессе строительства ВОЛП	116
2.6.1. Входной контроль на строительных длинах ОК	117
2.6.2. Измерения, выполняемые в процессе монтажа ОК ..	119
2.6.3. Измерения на смонтированном регенерационном участке ВОЛП	122

2.6.4. Приемо-сдаточные измерения.....	123
2.7. Технический надзор за строительством ВОЛП	124
Контрольные вопросы	127
Глава 3. Техническая эксплуатация направляющих систем электросвязи	129
3.1. Основные положения по технической эксплуатации сетей электросвязи	129
3.2. Основные принципы и методы технической эксплуатации линейно-кабельных сооружений	134
3.3. Охранно-предупредительная работа	136
3.4. Текущее обслуживание и оперативный контроль технического состояния ЛКС	137
3.5. Ремонт линейно-кабельных сооружений.....	139
3.6. Измерения при технической эксплуатации линейно-кабельных сооружений	140
3.6.1. Классификация измерений	140
3.6.2. Состав измерений на ВОЛП	143
3.6.3. Измерения характеристик наружных покровов оптических кабелей.....	145
3.6.4. Поиск трассы прокладки оптических кабелей.....	151
3.6.5. Системы автоматического мониторинга линейно-кабельных сооружений ВОЛП	152
Контрольные вопросы	156
Глава 4. Аварийно-восстановительные работы на ВОЛП	158
4.1. Организация АВР на ЛКС ВОЛП.....	158
4.1.1. Классификация состояний, видов и причин повреждений ЛКС ВОЛП	158
4.1.2. Способы восстановления ЛКС ВОЛП и виды кабельных вставок	159
4.1.3. Выбор типа и протяженности оптической кабельной вставки.....	160
4.2. Порядок выполнения аварийно-восстановительных работ	162
4.2.1. Организация работ по восстановлению работоспособности поврежденной кабельной линии связи	162
4.2.2. Алгоритм выполнения АВР.....	163
4.2.3. Технология АВР при децентрализованном методе обслуживания	164
4.2.4. Технология АВР при централизованном и комбинированном методах обслуживания	165
4.2.5. Организация выполнения земляных работ	166

4.2.6. Организация работ по восстановлению поврежденной ВОЛП по временной схеме	167
4.2.7. Организация работ по восстановлению поврежденной ВОЛП по постоянной схеме	170
4.3. Измерения при проведении АВР на ЛКС ВОЛП	172
4.3.1. Локализация места повреждения ОК	172
4.3.2. Контроль качества соединения оптических волокон при монтаже кабельной вставки	174
4.3.3. Порядок измерения затухания сростков оптического волокна при монтаже постоянной кабельной вставки	177
4.3.4. Идентификация деградирующих соединений ОВ кабельной вставки	178
Контрольные вопросы	181
Глава 5. Основные положения обеспечения надежности эксплуатируемых линейно-кабельных сооружений ВОЛП	183
5.1. Требования по надежности ЛКС ВОЛП	183
5.2. Расчетные соотношения для определения показателей надежности	185
5.3. Требования к показателям надежности ЛКС ВОЛП	186
5.4. Мероприятия по повышению надежности ЛКС ВОЛП	187
5.5. Оптимизация способов повышения надежности ВОЛП	189
Контрольные вопросы	190
Глава 6. Основы проектирования линий связи с металлическими жилами	191
6.1. Организация проектирования линейных сооружений связи	191
6.2. Этапы проектирования	192
6.3. Основные положения проектирования подсистем кабельных магистралей	198
6.4. Распределение абонентов по территории города и выбор места расположения станции	200
6.5. Выбор емкости шкафа и проектирование распределительной сети ГТС	201
6.6. Проектирование магистральной кабельной сети и канализации ГТС	204
6.7. Многоканальные соединительные линии ГТС	204
6.8. Перспективы развития методов проектирования сетей ГТС	205
6.9. Выбор системы передачи, типа линии связи, марки кабеля и трассы строительства	206

Контрольные вопросы	208
Глава 7. Строительство линейных сооружений связи на кабелях с металлическими жилами	209
7.1. Прокладка кабельных линий связи	209
7.1.1. Подготовительные работы	209
7.1.2. Подготовка кабеля к прокладке	210
7.1.3. Группирование строительных длин	210
7.1.4. Разбивка трассы	212
7.1.5. Прокладка подземных кабелей	212
7.1.6. Устройство переходов через шоссейные и железные дороги	215
7.1.7. Установка замерных столбиков	217
7.1.8. Механизация строительства	217
7.1.9. Кабельная канализация	220
7.1.10. Прокладка кабеля в канализации	223
7.1.11. Прокладка кабеля по стенам зданий и подвеска на опорах	224
7.1.12. Прокладка подводных кабелей	225
7.2. Ввод кабелей связи в усилительные пункты	228
7.2.1. Ввод кабелей в здания ОУП и ОП	228
7.2.2. Необслуживаемые усилительные пункты и ввод в них кабелей	229
7.3. Содержание кабелей связи под избыточным давлением	232
7.3.1. Методы и средства содержания кабелей под дав- лением	232
7.3.2. Системы содержания под давлением	235
7.4. Техника безопасности при выполнении линейных работ	236
Контрольные вопросы	241
Глава 8. Монтаж кабелей связи с металлическими жилами	241
8.1. Нумерация усилительных пунктов и кабелей	241
8.2. Рытье котлованов и подготовка рабочего места	241
8.3. Монтаж симметричных кабелей с металлическими жи- лами	242
8.4. Монтаж коаксиальных кабелей	244
8.5. Монтаж кабелей в алюминиевой и стальной оболочках	246
8.6. Восстановление изолирующих покровов	248
8.7. Монтаж кабелей на речных переходах	249
8.8. Монтаж распределительных устройств ГТС	250