
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ОАО «ФСК ЕЭС»**

**СТО 56947007-
33.180.10.176-2014**

**Оптический кабель,
встроенный в фазный провод,
натяжные и поддерживающие зажимы, муфты
для организации ВОЛС-ВЛ на линиях
электропередачи напряжением 35 кВ и выше.
Общие технические условия**

Стандарт организации

Дата введения: 21.05.2014

ОАО «ФСК ЕЭС»

2014

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним – ГОСТ 1.5-2001, правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации – ГОСТ Р 1.5-2004.

Сведения о стандарте организации

1. РАЗРАБОТАН: ОАО «СОЮЗТЕХЭНЕРГО».
2. ВНЕСЁН: Департаментом развития систем связи,
Департаментом инновационного развития.
3. УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ:
Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 21.05.2014 № 237.
4. ВВЕДЁН: ВПЕРВЫЕ.

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в Департамент инновационного развития ОАО «ФСК ЕЭС» по адресу 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу: vaga-na@fsk-ees.ru.

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения
ОАО «ФСК ЕЭС».

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Область применения	5
2 Нормативные ссылки	5
3 Обозначения и сокращения	6
4 Технические требования	7
4.1 Требования к оптическим волокнам.....	7
4.2 Требования к конструкции ОКФП.....	9
4.3 Требования к механическим параметрам ОКФП.....	10
4.4 Требования к электрическим параметрам ОКФП.....	11
4.5 Требования к климатическим воздействующим факторам.....	12
4.6 Требования к сроку службы ОКФП.....	12
4.7 Типовые технические требования на поставку ОКФП.....	12
4.8 Требования к упаковке и маркировке ОКФП.....	14
4.9 Требования к сопроводительной документации.....	15
4.10 Требования к безопасности.....	16
4.11 Требования к транспортировке и хранению ОКФП.....	16
4.12 Требования к подвесным оптическим муфтам для ОКФП.....	16
4.13 Требования к натяжным и поддерживающим зажимам, линейной арматуре для крепления ОКФП.....	18
4.14 Требования к монтажу и эксплуатации.....	19
4.15 Требования к аттестации и сертификации.....	19
5 Методы испытаний	20
5.1 Общие указания к методам испытаний.....	20
5.2 Методы испытаний ОКФП.....	20
5.2.1 Проверка конструкции ОКФП.....	20
5.2.2 Проверка оптических параметров ОКФП.....	21
5.2.3 Испытание ОКФП на стойкость к растяжению.....	21
5.2.4 Испытание ОКФП на стойкость к перекатке на ролике.....	24
5.2.5 Испытание ОКФП на стойкость к воздействию эоловой вибрации.....	25
5.2.6 Испытание ОКФП на вытяжку.....	27
5.2.7 Испытание ОКФП на стойкость к галопированию (пляске).....	30
5.2.8 Испытания на стойкость ОКФП к циклическому воздействию температур.....	31
5.2.9 Испытание ОКФП на стойкость к продольному проникновению воды.....	32
5.3 Методы испытаний подвесных оптических муфт.....	33
5.3.1 Испытание на герметичность.....	33
5.3.2 Испытание на стойкость к воздействию вибрационных нагрузок.....	33
5.3.3 Испытание на стойкость к поражению дробью.....	34
5.3.4 Испытание на стойкость заделки выходящих из муфты концов ОКФП к кручению и на изгиб.....	34
5.3.5 Испытание на прочность заделки ОКФП в муфте при растяжении.....	35

5.3.6 Испытания на стойкость муфты к воздействию дождя	36
5.3.7 Испытание на стойкость муфты к воздействию соляного тумана	36
Библиография	37

Введение

Применение оптического кабеля, встроенного в фазный провод (ОКФП), для организации ВОЛС-ВЛ на линиях электропередачи 35 кВ и выше в ряде случаев является экономически оправданным решением при проектировании новых ВЛ, но так же позволяет повысить надежность ВОЛС-ВЛ в сложных условиях, например, в пролетах пересечений, на ВЛ больших переходах, на ВЛ с уже подвешенными ОКГТ и ОКСН и т.д.

Применение ОКФП, так же как и других типов оптических кабелей, в обязательном порядке связано с необходимостью соответствия его механических и электрических характеристик техническим требованиям, соблюдение которых обеспечивает необходимую надежность ВЛ и длительность эксплуатации ОКФП и применяемых при его подвесе муфт и зажимов.

1 Область применения

1.1 Настоящие Общие технические условия относятся к организации линейной части волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) на воздушных (ВЛ) и кабельно-воздушных линиях (КВЛ) электропередачи напряжением 35 кВ и выше с применением ОКФП.

1.2 Настоящий стандарт организации определяет технические требования к ОКФП, нормируют формат и порядок составления технических требований на поставку ОКФП, охватывают методологию выбора параметров ОКФП при проектировании ВОЛС-ВЛ в соответствии с [1], рассматривают методы испытаний ОКФП, натяжных и поддерживающих зажимов и подвесных оптических муфт, устанавливают обязанности и ответственность поставщика и изготовителя ОКФП, права Покупателя и его взаимодействия с Поставщиком.

1.3 Настоящие Общие технические условия обязательны для ОАО «ФСК ЕЭС» при проектировании ВОЛС на действующих и вновь проектируемых ВЛ, КВЛ, поставщиков и изготовителей ОКФП, натяжных и поддерживающих зажимов, подвесных оптических муфт.

2 Нормативные ссылки

ГОСТ 20.57.406-81 Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний (с Изменениями 1-10).

ГОСТ Р МЭК 793-1-93 Волокна оптические. Общие технические требования.

ГОСТ 839-80 Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия (с Изменениями 1, 2).

ГОСТ 12177-79 Кабели, провода и шнуры. Методы проверки конструкции (с Изменениями № 1-4).

ГОСТ ИЕС 60811-1-1-2011 Общие методы испытаний материалов изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Измерение толщины и наружных размеров. Методы определения механических свойств.

3 Обозначения и сокращения

Воздушная линия электропередачи (ВЛ) – устройство для передачи электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным с помощью изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т. п.).

Волоконно-оптическая линия связи на воздушных линиях электропередачи (ВОЛС-ВЛ) – волоконно-оптическая линия связи для передачи информации с использованием размещаемого на элементах ВЛ оптического кабеля, как отдельно подвешенного или навиваемого на провод ВЛ, так и встроенного в грозозащитный трос или фазный провод, а также встроенного в высоковольтный кабель.

Вытяжка – необратимое удлинение подвесного ОКФП под воздействием растягивающего тяжения, приложенного при монтаже и среднегодовой температуре эксплуатации.

Изготовитель – организация независимо от формы собственности, производящая ОКФП или продукцию, предназначенную для монтажа ОКФП (линейная арматура, соединительные муфты и т.д.), для реализации потребителям.

Максимально допустимая растягивающая нагрузка (МДРН) – максимальная растягивающая нагрузка, возникающая в процессе эксплуатации под воздействием собственного веса ОКФП и максимальных внешних климатических нагрузок, при которой сохраняются требуемые оптические параметры ОВ и срок службы ОКФП.

Механическая прочность на разрыв (МНР) – минимальная расчетная разрывная прочность ОКФП.

Модуль упругости (модуль Юнга) – физическая величина, характеризующая способность отдельных материалов, входящих в конструкцию ОКФП, или в целом конструкции ОКФП упруго

деформироваться (удлиниться) при приложении к нему растягивающей силы. В области упругой деформации модуль упругости определяется производной (градиентом) зависимости напряжения от деформации, то есть тангенсом угла наклона диаграммы напряжений-деформаций.

ОВ – оптическое волокно.

ОКФП – оптический кабель, встроенный в фазный провод, является элементом ВЛ, выполняющим функцию фазного провода и кабеля связи.

Оптическая муфта – устройство для соединения ОВ двух и более ОКФП.

Оптический модуль (ОМ) – элемент ОКФП, в котором располагаются волокна.

Поставщик - предприятие, осуществляющее поставку ОКФП, линейной арматуры, соединительных муфт, машин, оборудования, комплектующих изделий на строительную площадку при сооружении ВОЛС-ВЛ.

Среднеэксплуатационная нагрузка (СЭН) – растягивающая нагрузка, приложенная к ОКФП, при среднеэксплуатационной температуре в условиях отсутствия ветра и гололеда.

Строительная длина кабеля – длина ОКФП поставляемая на одном барабане заводом-изготовителем для строительства ВОЛС-ВЛ. Строительная длина определяется в проекте и включает в себя длину ОКФП между муфтами и технологического запаса.

Технические условия (ТУ) – технические условия на кабель, разработанные его изготовителем.

G.650 – стандарт, содержащий определения и методы испытаний, касающиеся одномодового волокна [2].

G.652 – стандарт, содержащий характеристики одномодового оптического волокна и кабеля [3].

G.653 – стандарт, содержащий характеристики одномодового оптического волокна и кабеля со сдвигом дисперсии [4].

G.654 – стандарт, содержащий характеристики одномодового оптического волокна и кабеля со смещенной дисперсией и отсечкой [5].

G.655 – стандарт, содержащий характеристики одномодового оптического волокна и кабеля с ненулевым дисперсионным смещением [6].

4 Технические требования

4.1 Требования к оптическим волокнам

4.1.1 Параметры оптических волокон должны соответствовать ГОСТ Р МЭК 793 и [2-6]. Индивидуальные требования к параметрам

оптических волокон должны уточняться по результатам проработки технического проекта системы передачи информации, реализуемой на конкретной ВОЛС-ВЛ, и быть не хуже приведенных в таблице 4.1.1.

Таблица 4.1.1 - Требования к оптическим волокнам

Параметр	Тип волокна в соответствии с рекомендациями МСЭ-Т				Методы испытаний
	G.652	G.653	G.654	G.655	
Геометрические параметры					
Диаметр отражающей оболочки, мкм	125±1				Рек. G.650 МСЭ-Т, Раздел 5.2.1; МЭК 793-1-A2
Некруглость отражающей оболочки, %, не более	2				
Неконцентричность модового поля, мкм, не более	0,8				-
Диаметр по защитному покрытию, мкм	250±15				Рек. G.650 МСЭ-Т, Раздел 5.2.1; МЭК 793-1-A2
Оптические параметры					
Коэффициент затухания оптического волокна дБ/км, не более на длине волны, 1310 нм 1550 нм 1625 нм	0,36	-	-	-	Рек. G.650 МСЭ-Т, Раздел 5.4; МЭК 793-1-C1
	0,22	0,22	0,2	0,22	
	-	-	-	0,25	
	-	-	-	-	
Диаметр модового поля, мкм	(9-9,5) ±0,7	(7,8-8,5) ±0,7	10,5 ±0,7	(8-11) ±0,7	Рек. G.650 МСЭ-Т, Раздел 5.4; МЭК 793-1-C9
Длина волны отсечки (в ОКФП), нм, не более	1270	1270	1530	1480	Рек. G.650 МСЭ-Т, Раздел 5.3; МЭК 793-1-C7B
Длина волны нулевой дисперсии, нм	1310±10	1550±25	-	<1530	
Коэффициент хроматической дисперсии пс/(нм·км), не более: в интервале длин волн: 1285-1330 нм 1525-1575 нм 1530-1565 нм	3,5	-	-	-	Рек. G.650 МСЭ-Т, Раздел 5.5; МЭК 793-1-C5C
	18	3,5	20	-	
	-	-	-	±(0,1-10,0)	
	-	-	-	-	

Окончание Таблицы 4.1.1

Параметр	Тип волокна в соответствии с рекомендациями МСЭ-Т				Методы испытаний
	G.652	G.653	G.654	G.655	
Коэффициент поляризационной модовой дисперсии $\text{пс/км}^{1/2}$, не более:	0,2	-	-	0,2	-
Наклон дисперсионной характеристики в области длины волны нулевой дисперсии, в интервале длин волн, $\text{пс/нм}^2\text{км}$, не более	0,093	-	-	-	-
	-	0,085	0,06	-	
Механические характеристики					
Усилие стягивания покрытия, Н, не более	3				[7] EIA/TIA-455-178

4.1.2 Цветовая маркировка и идентификационные признаки ОВ и ОМ (при их наличии) должны соответствовать требованиям 4.19 [1].

4.2 Требования к конструкции ОКФП

4.2.1 ОКФП должны соответствовать требованиям ГОСТ 839. Минимальный объем требований приведен ниже. При необходимости перечень данных требований может быть дополнен специальными дополнительными требованиями, определяемыми разработчиком ОКФП и спецификой его конструктивного исполнения.

4.2.2 ОКФП должны иметь силовые несущие элементы в виде металлических проволок, которые могут иметь как круглое, так и трапецеидальное сечение. Проволоки должны быть преформированы и при обрыве не выходить из повива более чем на шаг скрутки.

4.2.3 Силовые элементы ОКФП должны быть однородного качества и изготовлены из одного из следующих материалов или их сочетания:

- 1) проволока алюминиевая по ГОСТ 6132;
- 2) проволока стальная плакированная алюминием [8];
- 3) проволока из алюминиевого сплава [9].

4.2.4 Направление скрутки каждого последующего повива силовых элементов в ОКФП должно быть противоположным по отношению к предыдущему. Наружный повив ОКФП должен иметь правое направление скрутки.

4.2.5 Другие материалы, используемые в конструкции ОКФП, должны быть совместимы по физическим свойствам с оптическими волокнами и служить для их защиты от внешних воздействующих факторов, таких как: раздавливание,

изгиб, кручение, растяжение, длительное и кратковременное термическое воздействие, влага.

4.2.6 В ОКФП не должно быть обрывов ОВ и сварных соединений ОВ.

4.3 Требования к механическим параметрам ОКФП

4.3.1 ОКФП должны быть стойкими к воздействию растягивающих нагрузок, прикладываемых к ним в процессе монтажа и эксплуатации (см. 4.3.1.1-4.3.1.8).

4.3.1.1 Для каждого марко-размера ОКФП изготовитель должен указать величину МДРН, которая возникает под воздействием наибольших расчетных значений ветра, гололеда или ветра с гололедом, а также минимальной температуры в регионах с низкими значениями нормативных стенки гололеда и ветрового давления согласно [10].

4.3.1.2 Для каждого марко-размера ОКФП изготовитель должен указать величину МПР. Рекомендуется при определении МПР учитывать значения минимальной прочности на разрыв всех элементов ОКФП, включая ОВ, с учетом удлинения каждого элемента до обрыва наиболее слабого элемента в конструкции ОКФП.

4.3.1.3 Для каждого марко-размера ОКФП изготовитель должен указать величину СЭН, при которой должна обеспечиваться механическая прочность всех элементов кабеля, с учетом его вытяжки при приложении к нему растягивающей нагрузки при среднеэксплуатационной температуре в условиях отсутствия ветра и гололеда в течение всего срока его эксплуатации.

4.3.1.4 Для каждого марко-размера ОКФП изготовителем должны быть определены величины начального (монтажного) и конечного модулей упругости, а также построена монтажная характеристика «нагрузка - удлинение», как правило, описываемая полиномом до четвертой степени.

4.3.1.5 Допускается принимать значения начального (монтажного) и конечного модулей упругости, монтажную зависимость «нагрузка-удлинение», полученные посредством испытаний ОКФП, являющегося конструктивным аналогом в части соотношения сечения и/или количества стальных и алюминиевых элементов.

4.3.1.6 Для каждого марко-размера ОКФП изготовителем должна быть определена величина вытяжки, которая должна быть предоставлена в виде зависимости «нагрузка – удлинение» после реализации вытяжки в течение его эксплуатации при среднегодовой температуре или в виде значений модуля упругости после вытяжки для ОКФП, как правило, описываемая полиномом до четвертой степени, допускается указывать вытяжку ОКФП значением эквивалентной температуры, которая должна учитывать изменение его длины с учетом всех металлических элементов без исключения.

4.3.1.7 Для целей проектирования подвески ОКФП рекомендуется предоставлять модули упругости и характеристики (см. 4.3.1.4, 4.3.1.6) отдельно для материалов сердечника и внешних повивов кабеля.

4.3.1.8 Допускается принимать значения вытяжки, зависимости «нагрузка-удлинение» после вытяжки, полученные посредством испытаний ОКФП, являющегося конструктивным аналогом в части соотношения сечения и/или количества стальных и алюминиевых элементов при условии соответствия значений вытяжки ОКФП и аналога, полученных при одном из значений растягивающей нагрузки (предпочтительно при 50 % от МДРН).

4.3.1.9 ОКФП должны быть стойкими к нагрузкам, возникающими при его монтаже под тяжением при его раскатке на роликах.

4.3.2 ОКФП в составе с рекомендованной изготовителем линейной арматурой: натяжными зажимами и поддерживающим зажимом должны быть стойкими к эоловой вибрации (типичные колебания, возникающие под действием ветра). Число виброциклов – не менее 100 млн. Частота колебаний рассчитывается по формуле «частота = $830/\text{диаметр ОКФП в мм} \pm 10$ ». Размах (удвоенная амплитуда) колебаний в пучности полуволны - $1/3$ диаметра ОКФП ± 10 %.

4.3.3 ОКФП в составе с рекомендованными изготовителем ОКФП натяжными, поддерживающими зажимами должны быть стойкими к пляске (галопированию). Под пляской (галопированием) понимается явление, возникающее в процессе эксплуатации кабеля, когда под воздействием поперечного ветрового потока возникает знакопеременная аэродинамическая подъемная сила, которая при определенных соотношениях параметров крутильных и поступательных движений кабеля может возбуждать автоколебательный процесс. ОКФП должны выдерживать не менее 100 000 циклов галопирования с двойной амплитудой, равной $1/25$ длины пролета и частотой, соответствующей резонансной частоте колебаний с длиной полуволны, равной длине пролета.

4.4 Требования к электрическим параметрам ОКФП

4.4.1 ОКФП должны обеспечивать электрическое сопротивление к постоянному току при 20 °С в течение всего срока эксплуатации, величина которого определяется в соответствии с сопротивлением металлических элементов кабеля в соответствии с ГОСТ 839.

4.4.2 Отклонение сопротивления ОКФП допускается не более чем на 5% по сравнению с сопротивлением фазного провода, аналогом которого он является.

4.4.3 Максимально допустимая температура нагрева ОКФП при воздействии тока плавки гололеда не должна превышать значения, указанного изготовителем ОКФП, и не должна превышать 85 °С.

4.5 Требования к климатическим воздействующим факторам

4.5.1 ОКФП должны быть стойкими к воздействию повышенной рабочей температуры среды, величина которой определяется районом подвески кабеля и которая должна быть, как правило, плюс 70 °С, и не более плюс 85 °С.

4.5.2 ОКФП должны быть стойкими к воздействию пониженной рабочей температуры среды, величина которой определяется районом подвески кабеля и которая должна быть не выше минус 60 °С.

4.5.3 ОКФП должны быть стойкими к воздействию циклической смены температур среды, диапазон величин которой определяется районом подвески кабеля и должен быть не менее диапазона от минус 60 °С до плюс 70 °С (и не выше плюс 85 °С).

4.5.4 ОКФП должны быть стойкими к продольному проникновению воды.

4.6 Требования к сроку службы ОКФП

4.6.1 Конструкция ОКФП, предлагаемая поставщиком, в комплекте с натяжными и поддерживающими зажимами, муфтами и гасителями вибрации должна обеспечивать его оптические, физико-механические и электрические параметры, защиту оптических волокон от внешних воздействий в течение его срока службы, который должен быть не менее 25 лет. Срок службы указывается в технической документации на основании расчетов изготовителя.

4.6.2 Поставщик в технико-коммерческом предложении должен указать физико-механические характеристики, используемых в конструкции ОКФП материалов, и представить результаты испытаний, подтверждающих их прогнозируемый срок службы.

4.7 Типовые технические требования на поставку ОКФП

4.7.1 Технические требования на поставку для каждого типа ОКФП должны формироваться на основании требований к числу и типу ОВ, а также параметров фазного провода, для которого поставляется аналогичный ему по конструкции ОКФП.

4.7.2 Сформированные технические требования должны быть сведены в отдельную таблицу по каждому типу ОКФП или в объединенную таблицу по всем типам. Ниже приведен пример таблицы (таблица 4.7.1), содержащей технические требования на несколько типов ОКФП.

Таблица 4.7.1 - Типовой состав технических требований на поставку ОКФП

Параметр	ОКФП
Общее число оптических волокон в кабеле в соответствии с G.652 в соответствии с G.655	
Класс напряжения ВЛ	
Марка фазного провода, для которого требуется поставить аналог ОКФП ¹	
Примечание: ¹ К перечню может быть добавлено значение требуемой номинальной токовой нагрузки.	

4.7.3 На основании технических требований поставщик ОКФП в технико-коммерческом предложении должен представить параметры кабеля в соответствии с перечнем, приведенным в таблице 4.7.2:

Таблица 4.7.2 - Технические параметры ОКФП, предоставляемые Поставщиком

Параметры кабеля	Величина
Число оптических волокон в кабеле	
В соответствии с G.652	
В соответствии с G.655	
Наружный диаметр кабеля, мм (чертеж конструкции кабеля)	
Вес кабеля, кг/км	
Механическая прочность на разрыв (МПР), кг	
Максимально допустимая растягивающая нагрузка (МДРН), кг	
Среднеэксплуатационная нагрузка, кг	
Сечение стальных элементов, мм ²	
Сечение алюминиевых элементов, мм ²	
Общее сечение металлических элементов, мм ²	
Сопротивление постоянному току при 20 °С, Ом/км	
Индуктивное сопротивление переменному току	
Коэффициент термического линейного расширения, 1/°С	
Модуль упругости (конечный), кг/мм ²	
Модуль упругости монтажный (начальный), кг/мм ² предпочтительно описанные полиномом 4-ой степени или данные для расчета монтажных стрел провеса	
Модуль упругости после вытяжки, кг/мм ² предпочтительно описанные полиномом 4-ой степени Или данные для расчета вытяжки	
Рабочий диапазон температур	

Рекомендуется данные по модулям упругости (монтажному, после вытяжки и конечному) или зависимости « нагрузка – удлинение» приводить

отдельно для стального сердечника, изготовленного из стали плакированной алюминием, и повива из алюминиевого сплава.

4.7.4 В технико-коммерческом предложении на поставку ОКФП должны быть приложены чертежи ОКФП, муфт и арматуры, в виде схематических разрезов конструкций ОКФП.

4.7.5 Сроки поставки ОКФП определяются в договоре (контракте) в соответствии с требованиями Покупателя. Покупатель должен быть извещен о сроках изготовления ОКФП.

4.7.6 Поставщик должен представить график поставки ОКФП с учетом сроков окончания строительства и пуска объекта в эксплуатацию.

4.7.7 Покупатель имеет право на ознакомление с производством ОКФП, на участие в приемочных испытаниях до отгрузки продукции с предприятия изготовителя, а также на проведение дополнительных испытаний по согласованной программе между покупателем и поставщиком.

4.7.8 Программа заводских испытаний должна быть подготовлена в течение 1 месяца после вступления договора (контракта) в силу и согласована за месяц до начала поставок.

4.7.9 На ОКФП совместно с натяжными и поддерживающими зажимами, а также подвесными оптическими муфтами, предназначенными для применения на ВОЛС-ВЛ, Поставщики должны предъявить действующие декларации соответствия Минсвязи России, экспертные заключения или акты приемки в электросетевом комплексе.

4.8 Требования к упаковке и маркировке ОКФП

4.8.1 Упаковка и маркировка должны быть выполнены в соответствии с п. 7 [11], с учетом дополнительных требований п. 11 [12]. Барабаны с ОКФП должны быть не возвращаемыми.

4.8.2 Расположение ОКФП на барабане должно исключать возможность захлестывания витков кабеля и взаимного проникновения слоев намотки кабеля на барабане при транспортировке и инсталляции.

4.8.3 Концы ОКФП должны быть герметично заделаны от проникновения внутрь сердечника жидкостей и газов. Концы ОКФП должны быть закреплены и легкодоступны.

4.8.4 Внутренний конец ОКФП, длиной не менее 2 м, должен быть выведен наружу и закреплен так, чтобы исключалась возможность механического повреждения.

4.8.5 Барабаны должны выдерживать все требуемые условия при транспортировке и инсталляции ОКФП без деформации барабана.

4.8.6 Во всех барабанах отверстие в шейке должны быть укреплены стальными втулками и фланцевыми пластинами, исключая деформацию

барабана при погрузке-разгрузке, транспортировке, установке на механизмы и монтаже ОКФП на опорах.

4.8.7 Каждый барабан должен иметь сплошную обшивку, обеспечивающую защиту ОКФП.

4.8.8 На каждой щеке барабана на ярлыке (из металла или другого устойчивого к влаге прочного материала), прикрепленном к барабану, должны быть указаны:

- 1) марка ОКФП;
- 2) проектный номер барабана.

4.8.9 На наружных сторонах щек барабана должна быть водостойкая надпись «Не класть плашмя», стрелка, указывающая направление разматывания барабана и манипуляционный знак «Осторожно, хрупкое!».

4.9 Требования к сопроводительной документации

4.9.1 Каждый барабан с ОКФП должен иметь герметично упакованный в полиэтиленовый пакет паспорт-сертификат, закрепляемый на внутренней стороне щеки. В паспорте указываются:

- 1) марка ОКФП;
- 2) изготовитель ОКФП;
- 3) длина ОКФП;
- 4) внешний диаметр ОКФП;
- 5) тип ОВ;
- 6) коэффициент преломления ОВ;
- 7) изготовитель ОВ;
- 8) количество и расцветка ОВ в группе (модуле) и расцветка групп (модулей) в ОКФП;
- 9) коэффициент затухания каждого ОВ на длине волны 1550 нм;
- 10) обозначение технических условий или другого документа (для иностранных поставщиков), по которым изготовлен ОКФП;
- 11) номер договора (контракта);
- 12) заводской номер и дата изготовления (год, месяц);
- 13) масса брутто и нетто в килограммах;
- 14) допустимый радиус изгиба;
- 15) номер декларации Минсвязи России по [13].

4.9.2 Поставщик должен представить в составе сопроводительной документации рекомендации по проектированию подвески ОКФП, инструкции по монтажу ОКФП, арматуры и муфт.

4.9.3 Две копии паспорта, в том числе электронная их версия, должны быть направлены Покупателю вместе с документами об отгрузке ОКФП.

4.10 Требования к безопасности

4.10.1 Поставщик должен представить письменное свидетельство, что поставляемый ОКФП не содержит опасных или токсичных химических материалов.

4.11 Требования к транспортировке и хранению ОКФП

4.11.1 Транспортирование производится любым видом транспорта, при температуре воздуха от минус 60 °С до плюс 70 °С, на любое расстояние, в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на каждом виде транспорта. При транспортировании ОКФП не должны подвергаться воздействию паров кислоты, щелочей и других агрессивных сред.

4.11.2 При транспортировании барабаны с ОКФП должны быть надежно закреплены в транспортном контейнере. Крепление барабанов с ОКФП должно исключать возможность деформации барабанов и повреждения ОКФП при транспортировании и погрузочно-разгрузочных работах.

4.11.3 ОКФП должны храниться в упакованном виде, как в складских помещениях, так и на открытых площадках. В воздухе должны отсутствовать пары кислот, щелочей и других агрессивных сред. Температура при хранении от минус 60 °С до плюс 70 °С.

4.12 Требования к подвесным оптическим муфтам для ОКФП

4.12.1 Данный раздел содержит минимальный перечень требований к подвесным оптическим муфтам, применяемым согласно 4.14.2 [1], предназначенным для соединения между собой строительных длин ОКФП, а также ОКФП с кабелем ответвления и ОКФП с кабелем ввода, соединяющим основной линейный кабель с аппаратурой связи. Перечень при необходимости может быть дополнен специальными дополнительными требованиями, определяемыми разработчиками муфт и ОКФП, а также спецификой их конструктивного исполнения.

4.12.2 Концевые и соединительные оптические муфты должны позволять производить монтаж и выкладку сростков оптических волокон с минимальным числом не менее числа оптических волокон в ОКФП.

4.12.3 Концевые и соединительные оптические муфты должны обеспечивать надежную защиту и эксплуатацию оптических волокон.

4.12.4 В случае если конструкция ОКФП содержит волокна различных типов, то в конструкции муфт должно быть предусмотрено размещение сростков оптических волокон в соответствии с G.652 и/или G.653, и/или G.654, и/или G.655 на различных платах (или кассетах).

4.12.5 Конструкция муфт должна быть полностью адаптирована с конструкцией ОКФП, для соединения которых она предназначена, и позволять производить ремонт ОКФП в течение всего срока службы.

4.12.6 Конструкция муфт и материалы, из которых она состоит, должна быть герметичной и выдерживать воздействие внешних климатических факторов:

- 1) повышенной температуры окружающей среды, с учетом нагрева солнечной радиации, не ниже плюс 70 °С;
- 2) пониженной температуры окружающей среды не выше минус 60 °С;
- 3) циклическое воздействие температуры от минус 60 °С до плюс 70 °С;
- 4) воздействие дождя и соляного тумана;
- 5) воздействие гололеда.

4.12.7 Конструкция муфт должна выдерживать воздействия следующих механических нагрузок:

- 1) вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 1-100 Гц;
- 2) поражению из охотничьего ружья с расстояния 25 м дробью №3 (допускается применение специального кожуха);
- 3) заделка выходящих из муфты концов ОКФП должна быть стойкой к изгибу и кручению.

4.12.8 Конструкция муфт должна иметь детали для надежного крепления в ней армирующих элементов ОКФП с прочностью заделки не менее МДРН ОКФП.

4.12.9 Подвесные оптические муфты должны быть испытаны в соответствии с 5.3 настоящих Требований.

4.12.10 Конструкция муфт и материалы, из которых они изготовлены, должны обеспечивать надежную эксплуатацию при условии нахождения муфты под рабочим напряжением ВЛ в течение срока службы ОКФП.

4.12.11 Конструкция муфт не должна иметь деталей, приводящих к возникновению коронных разрядов при их эксплуатации на ВЛ с классом напряжения, на который эти муфты рассчитаны.

4.12.12 Муфта должна иметь возможность для ввода не менее 4-х ОК.

4.13 Требования к натяжным и поддерживающим зажимам, линейной арматуре для крепления ОКФП

4.13.1 Данный раздел содержит минимальный объем требований к натяжным и поддерживающим зажимам, линейной арматуре для подвеса ОКФП на опорах ВЛ. Перечень при необходимости может быть дополнен специальными дополнительными требованиями, определяемыми разработчиками зажимов и ОКФП, а также спецификой их конструктивного исполнения.

4.13.2 Натяжные и поддерживающие зажимы, гасители вибрации (т. е. все элементы линейной арматуры) должны обеспечивать длительную и надежную работу ОКФП, подвешиваемого на опорах ВЛ. Конструкция и технические параметры линейной арматуры определяются Изготовителем ОКФП в соответствии с его конструктивным исполнением и техническими характеристиками. При необходимости присоединительные размеры натяжных и поддерживающих зажимов для их соединения с линейной арматурой российского производства согласовываются с Изготовителем зажимов.

4.13.3 Конструкция зажимов должна обеспечивать надежное крепление ОКФП, исключать прокручивание кабеля в зажиме при механических воздействиях до 85 % от МПР и не приводить к повреждению кабеля в процессе эксплуатации.

4.13.4 Коэффициент запаса (отношение минимальной разрушающей нагрузки к нормативной нагрузке, воспринимаемой арматурой) прочности арматуры, входящей в состав зажимов, должен быть не менее 2,5.

4.13.5 Конструкция зажимов должна обеспечивать надежное крепление и сохранение оптических параметров ОКФП при:

- 1) температуре окружающего воздуха от минус 60 °С до плюс 70 °С;
- 2) воздействию дождя и соляного тумана;
- 3) воздействию ветра, гололеда и сочетания гололеда с ветром.

4.13.6 Конструкция зажимов и арматура, входящая в их состав, должна выдерживать воздействие эоловой вибрации не менее 10^8 циклов.

4.13.7 Конструкция зажимов ОКФП и арматуры, входящей в их состав, должна соответствовать [14].

4.13.8 Конструкция зажимов ОКФП, арматуры, входящей в их состав и защитных протекторов не должна приводить к возникновению коронных разрядов при их эксплуатации на ВЛ с классом напряжения, на который эти зажимы, арматура и протекторы рассчитаны.

4.14 Требования к монтажу и эксплуатации

4.14.1 Монтаж ОКФП должен осуществляться в соответствии монтажными тяжениями и стрелами провеса, указаниями по монтажу, формируемыми проектной организацией, и приведенными в рабочей документации на ВОЛС-ВЛ.

4.14.2 Монтаж ОКФП должен осуществляться строго в соответствии с инструкцией по монтажу ОКФП, включая инструкции на натяжные и поддерживающие зажимы, муфты и виброгасители, разработанные изготовителями и согласованные с изготовителем ОКФП. Все инструкции должны быть предоставлены поставщиком ОКФП.

Монтаж ОКФП должен осуществляться также согласно проекту производства работ, разрабатываемому подрядной строительной организацией, с применением монтажного оборудования, указанного в инструкции по монтажу ОКФП.

4.14.3 Подвес ОКФП должен осуществляться в натяжных, поддерживающих зажимах и иной крепежной арматуре, рекомендованной для его монтажа изготовителем ОКФП.

4.14.4 Соединение строительных длин ОКФП должно производиться в рекомендованных изготовителем кабеля муфтах в соответствии с инструкцией по монтажу изготовителя муфт, которая должна быть согласована с изготовителем ОКФП.

4.14.5 Для уменьшения эоловой вибрации в пролетах должны устанавливаться виброгасители в соответствии с требованиями 4.9 [1].

4.14.6 Механическая прочность заделки ОКФП в натяжных зажимах, рекомендованных для подвески ОКФП поставщиком (изготовителем) кабеля, должна быть не менее 95 % прочности ОКФП на разрыв.

4.14.7 Поставщик должен представить инструкции по монтажу ОКФП, арматуры и муфт, а также результаты расчета стрел провеса и тяжений в начальном и установившемся режимах для различных климатических условий в соответствии с требованиями к типу ОКФП.

4.14.8 Поставщик ОКФП и муфт должен предоставить рекомендуемый перечень необходимых инструментов для разделки ОКФП и монтажа муфт.

4.15 Требования к аттестации и сертификации

4.15.1 На ОКФП совместно с натяжными и поддерживающими зажимами, а также подвесными оптическими муфтами, предназначенными для применения на ВОЛС-ВЛ, поставщики должны предъявить имеющиеся действующие декларации соответствия Минсвязи России и документы, подтверждающие возможность применения оборудования на объектах ОАО «ФСК ЕЭС»: ТУ, Акты МВК, Экспертные заключения, Заключения

аттестационных комиссий (ЗАК), протоколы по продлению срока действия, внесению изменений и дополнению ЗАК.

4.15.2 Гарантийный срок на поставляемый ОКФП, соединительные муфты и арматуру должен составлять не менее трех лет с момента ввода ВОЛС-ВЛ в эксплуатацию. При этом Поставщик гарантирует:

- 1) комплектность поставляемой продукции;
- 2) надлежащее рабочее состояние поставляемой Продукции в течение всего гарантийного срока службы и соответствие настоящим техническим требованиям;
- 3) произвести замену или ремонт неисправной продукции за свой счет, включая ее доставку туда и обратно на склад Покупателя, по итогам признания комиссией данного случая гарантийным.

5 Методы испытаний

5.1 Общие указания к методам испытаний

5.1.1 Приведенные основные методы испытаний ОКФП, муфт и зажимов могут быть дополнены методами испытаний изготовителя изделий исходя из их конструктивных особенностей.

5.1.2 Все испытания и измерения, если в методах нет особых указаний, должны быть проведены в нормальных климатических условиях по ГОСТ 20.57.406.

5.1.3 Испытания ОКФП должны проводиться совместно с зажимами, рекомендованными для их подвеса на ВЛ. Элементы зажимов, которые могут сместиться при испытаниях должны быть промаркированы.

5.1.4 Испытания муфт должны проводиться со смонтированными в них ОКФП. Соединения ОВ и все крепления (вводы) ОКФП в муфте, а также и элементы, которые могут сместиться должны быть промаркированы. Соединения и элементы, подлежащие маркировке, определяются конкретными конструктивными особенностями ОКФП и муфты.

5.1.5 Все измерительное и испытательное оборудование, используемое при испытаниях, должно иметь действующий поверочный документ государственного образца, подтверждающий прохождение поверки в органах Государственной метрологической службы или других уполномоченных организациях.

5.2 Методы испытаний ОКФП

5.2.1 Проверка конструкции ОКФП

5.2.1.1 Проверку на соответствие требованиям ТУ конструкции и внешнего вида проводят измерениями по ГОСТ 12177 или

ГОСТ Р МЭК 60811-1-1 и внешним осмотром без применения увеличительных приборов.

5.2.2 Проверка оптических параметров ОКФП

5.2.2.1 Измерения коэффициента затухания проводят по ГОСТ Р МЭК 793-1 методом С1А или С1С. Средства измерений по методу С1А или С1С должны обеспечивать погрешность измерений не более 0,05дБ/дБ.

5.2.2.2 Результаты измерения остальных характеристик ОВ допускается принимать по данным поставщика ОВ.

5.2.3 Испытание ОКФП на стойкость к растяжению

5.2.3.1 Испытания ОКФП на стойкость к растяжению проводятся в соответствии с [12]. Для получения отдельных значений начального (монтажного) и конечного модулей упругости, а также монтажных характеристик «нагрузка-удлинение» для материалов сердечника и внешних повивов испытания по нижеприведенной методике проводятся сначала для ОКФП, в целом, а затем, повторяются для сердечника после демонтажа с него внешних алюминиевых повивов. Порядок получения из результатов испытаний отдельного значения начального (монтажного) модуля упругости и характеристики «нагрузка-удлинение» для материала внешних повивов ОКФП приведен в 5.2.3.6.5. Порядок получения из результатов испытаний отдельного значения конечного модуля упругости для материала внешних повивов ОКФП приведен в 5.2.3.7.3.

5.2.3.2 Испытание должно проводиться в рекомендованных разработчиком ОКФП натяжных зажимах. Оба конца ОКФП/сердечник или один из концов ОКФП/сердечника в зависимости от метода контроля оптического затухания должны быть смонтированы в муфте, рекомендованной для монтажа и эксплуатации.

5.2.3.3 Для контроля отсутствия смещения ОКФП/сердечника относительно натяжного зажима и смещения ОВ в муфте, до начала испытания должны быть проставлены соответствующие маркеры. Испытания проводятся на образце ОКФП/сердечника достаточной длины такой, чтобы участок растяжения составлял не менее 10 м. Суммарная оптическая длина всех ОВ должна быть не менее 100 м. Допускается соединение измеряемых оптических волокон шлейфом.

5.2.3.4 Концы ОКФП/сердечника фиксируются таким образом, чтобы исключить перемещение ОВ относительно кабеля. Это достигается с помощью сворачивания нескольких (двух, трех) кабельных колец (петель) диаметром 1÷1,5 м. В центральной части зоны растяжения устанавливается

специальное устройство для измерения удлинения ОКФП/сердечника. Положение зажимов на ОКФП/сердечнике маркируется.

5.2.3.5 При испытаниях ОКФП/сердечника должны проводиться измерения удлинения и/или напряжения ОВ основанные на принципе измерения фазового смещения модулированного оптического сигнала или производиться с помощью специальной измерительной аппаратуры, например, Бриллюэновским рефлектометром либо измерителем удлинения оптических волокон.

5.2.3.6 Испытания ОКФП/сердечника проводятся в следующей последовательности.

5.2.3.6.1 Нагрузка увеличивается ступенями до МДРН. Величина ступени составляет не более 5 % от МДРН на ОКФП/сердечник, округленная до ближайшего целого значения в кН.

5.2.3.6.2 Для каждой ступени записываются значения нижеуказанных величин:

- 1) нагрузка и удлинение ОКФП/сердечника;
- 2) увеличение затухания в ОВ;
- 3) удлинение или напряжение ОВ.

5.2.3.6.3 По результатам испытаний строятся графики зависимости удлинения ОКФП в целом и сердечника в отдельности от нагрузки. Характеристики, как правило, описываются полиномиальными уравнениями до 4-ой степени. Из полученных зависимостей «нагрузка-удлинение» определяются коэффициенты уравнения, описывающие эти зависимости и начальные (монтажные) модули упругости ОКФП в целом и сердечника в отдельности.

5.2.3.6.4 Полученные коэффициенты полиномиального уравнения характеристики «нагрузка-удлинение» сердечника в отдельности приводятся к общему сечению ОКФП путем их умножения на отношение площади сердечника к общему сечению ОКФП.

5.2.3.6.5 Для получения отдельной характеристики «нагрузка-удлинение» для материала внешних повивов, также, как правило, описываемой полиномом до 4-ой степени, осуществляется графическое вычитание приведенной к общему сечению ОКФП характеристики сердечника из характеристики ОКФП в целом. Из полученной зависимости также определяются коэффициенты уравнения и начальный (монтажный) модуль упругости материала внешних повивов ОКФП.

5.2.3.6.6 ОКФП считается выдержавшим испытание, если:

- 1) определенные значения полиномиальных коэффициентов характеристики «нагрузка-удлинение», начальных (монтажных) модулей

упругости для ОКФП в целом, сердечника и внешних повивов в отдельности не отличаются от расчетных значений, представленных изготовителем ОКФП более чем на 10 %;

2) увеличение затухания не превышает погрешности измерительного прибора;

3) отсутствуют видимые повреждения элементов конструкции ОКФП;

4) при МДРН не наблюдается проскальзывания ОКФП в зажимах, разрушения элементов зажимов;

5) удлинение или напряжение ОВ не превышает заданной изготовителем ОКФП величины для конкретной марки.

5.2.3.7 Порядок проведения испытание на стойкость к длительным нагрузкам и обрыву ОКФП/сердечника при растяжении:

1) ОКФП/сердечник нагружают до СЭН, время выдержки 1 час. Контролируют коэффициент затухания через 15, 30 и 60 мин, разгрузка;

2) нагрузка поднимается до МДРН, время выдержки 3 часа. Контролируют коэффициент затухания через 1, 2 и 3 часа, разгрузка;

3) нагрузка поднимается до 85 % от МПР, время выдержки 1 час. Контролируют коэффициент затухания через 15, 30 и 60 мин, разгрузка;

4) нагрузка поднимается до МПР.

5.2.3.7.1 Скорость наращивания нагрузки должна быть выбрана таким образом, чтобы нагрузка равная 30 % от МПР достигалась не менее чем за минуту, но и не более чем за две минуты.

5.2.3.7.2 По результатам испытаний на растяжение при нагрузке 85 % от МПР с последующей разгрузкой определяется значение конечного модуля упругости ОКФП в целом и сердечника в отдельности.

5.2.3.7.3 Конечный модуль упругости материала внешних повивов определяется как разница между конечным модулем упругости ОКФП в целом и конечным модулем упругости сердечника в отдельности.

5.2.3.7.4 ОКФП считается выдержавшим испытание, если:

1) полученные значения конечных модулей упругости ОКФП в целом, материалов сердечника и внешних повивов в отдельности не отличаются от расчетных значений, представленных изготовителем ОКФП более чем на 10 %;

2) разрывная прочность составляет не менее расчетной величины, указанной изготовителем ОКФП и отсутствуют видимые повреждения элементов конструкции ОКФП при нагрузках до 95 % от МПР;

3) при нагрузках до 85 % от МПР увеличение затухания не превышает погрешности измерительного прибора.

5.2.3.7.5 В ходе испытания оценивается способность зажимов удерживать ОКФП без его проскальзывания или отсутствие расплетания зажимов (для спиральных зажимов) при нагрузках не менее 95 % от МПР, отсутствие разрушений элементов зажимов. Зажим считается выдержавшим испытания, если отсутствуют все перечисленные явления.

5.2.4 Испытание ОКФП на стойкость к перекатке на ролике

5.2.4.1 Испытания выполняются в соответствии с [12] по методу А или В. Предпочтение должно отдаваться проведению испытаний по методу А.

5.2.4.2 Испытание проводится в рекомендованных для монтажа и эксплуатации натяжных зажимах. Длина измеряемого ОВ должна быть не менее 100 м. Оптические волокна ОКФП должны быть подключены к испытательному прибору. Допускается соединение оптических волокон шлейфом.

5.2.4.3 Испытания по методу А.

5.2.4.3.1 Образец ОКФП длиной около 20 м монтируется в ролике с углом перегиба 30° с тяжением равным СЭН (в % от МПР) + 5 % от МПР. Диаметр монтажного раскаточного ролика определяется изготовителем ОКФП.

5.2.4.3.2 Минимум 2-х метровый участок центральной части образца подвергается 70-ти протяжкам через ролик (35 раз в каждом направлении). Перед первой протяжкой должны быть промаркированы начало, конец и середина данного участка образца ОКФП.

5.2.4.3.3 Микрометрические измерения диаметра ОКФП проводятся после первой протяжки через ролик, и затем через каждые 10 циклов. Оптические измерения должны проводиться в течение всего испытания.

5.2.4.4 Испытания по методу В.

5.2.4.4.1 Образец ОКФП длиной не менее 50 м монтируется горизонтально таким образом, чтобы было возможно организовать перемещение специальной роликовой машины вдоль 30-ти метровой секции образца.

5.2.4.4.2 Роликовая машина представляет собой три ролика, расположенных последовательно на одной горизонтальной линии. Образец ОКФП должен проходить сверху центрального ролика и снизу крайних. Диаметр роликов должен быть одинаковым и согласован с изготовителем ОКФП. Расстояние между крайними роликами так же согласовывается с изготовителем ОКФП. Угол перегиба через центральный ролик должен составлять 30° .

5.2.4.4.3 Тяжение прикладываемое к образцу должно быть не менее СЭН (предпочтительно СЭН (в % от МПР) + 5 % от МПР). Перед началом испытания должны быть проставлены маркеры начала, середины и конца 30-ти метрового участка.

5.2.4.4.4 Всего проводится 20 передвижений роликовой машины (10 раз в каждом направлении). Оптические измерения должны проводиться в течение всего испытания.

5.2.4.5 После завершения испытаний измеряется диаметр ОКФП в промаркированных точках, удаляются все повивы с тестируемой секции ОКФП и проводятся измерения диаметра элементов ОКФП содержащих ОВ (алюминиевая или стальная трубка) в промаркированных точках и на 1/3 расстояния между каждой промаркированной точкой. Измерения диаметров ОКФП и трубки в каждой контрольной точке выполняются в двух взаимно-перпендикулярных положениях.

5.2.4.6 ОКФП считается выдержавшим испытание, если:

1) овальность оптического сердечника не превышает допустимую овальность, установленную изготовителем ОКФП;

2) увеличение затухания не превышает 0,1 дБ в процессе испытаний и не превышает погрешности измерительного прибора после завершения испытаний.

5.2.5 Испытание ОКФП на стойкость к воздействию эоловой вибрации

5.2.5.1 Испытания на стойкость к воздействию эоловой вибрации проводятся в соответствии с [12] в рекомендованных разработчиком ОКФП натяжных зажимах.

5.2.5.2 Испытания ОКФП на вибрацию проводятся на специализированном анкерном двухпролетном участке минимальной длиной 30 м. Минимальная длина активного пролета должна составлять не менее 20 м. Рекомендованный изготовителем ОКФП поддерживающий зажим должен быть расположен, примерно, на одной трети расстояния между натяжными зажимами на такой высоте, чтобы статический угол выхода ОКФП из зажима (угол схода) относительно горизонта в активном пролете составлял $1,5^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$.

5.2.5.3 Для исключения проскальзывания ОВ относительно ОКФП под воздействием растягивающей нагрузки ОКФП с обоих концов должен быть свернут в петли диаметром $1 \div 1,5$ м до момента нагружения.

5.2.5.4 Тяжение ОКФП при испытании должно составлять $20 \% \pm 5 \%$ от МПР.

5.2.5.5 Нагрузка на ОКФП контролируется с помощью динамометра. Для стабилизации тяжения при колебаниях температуры применяются

специальные компенсирующие устройства в виде противовеса с грузом. Положение зажимов на ОКФП маркируется.

5.2.5.6 Все измерения и контроль амплитуды вибрации производятся в пучности свободной полуволны колебаний, но только не в полуволне, ближайшей к поддерживающему зажиму. Параметры стоячей волны вблизи зажима (длина, амплитуда) отличаются от параметров свободной волны из-за влияния спиралей зажима на изгибную жесткость провода. Возбудитель вибрации устанавливается в такой точке пролета, чтобы между ним и поддерживающим зажимом укладывалось минимум шесть полуволн вибрации.

5.2.5.7 Длина участка, подвергающегося воздействию вибрационных нагрузок (т.е. между натяжными зажимами), должна выбираться так, чтобы суммарная длина оптического волокна составляла не менее 100 м.

5.2.5.8 Начальные оптические измерения должны быть сделаны после предварительного натяжения ОКФП до $1,3 \div 2,2$ кН, до установления окончательного натяжения. Эти начальные измерения затухания принимаются за контрольный (справочный) уровень. Все изменения затухания, которые имеют место во время теста, определяются относительно этого уровня.

5.2.5.9 В процессе испытаний ОКФП должен быть подвергнут минимум 100 млн. циклов вибрации. Частота вибрации должна соответствовать ближайшей резонансной частоте, возбуждаемой скоростью ветра 4,5 м/с (т.е. частота = $830/\text{диаметр ОКФП в мм} \pm 10$). Двойная амплитуда в пучности свободной полуволны вибрации должна соответствовать уровню, равному одной трети диаметра ОКФП ± 10 %.

5.2.5.10 Измерения затухания проводят через каждые 10 млн. циклов вибрации. Финальные оптические измерения должны быть сделаны, по меньшей мере, через 2 часа после полного завершения испытаний.

5.2.5.11 ОКФП считается выдержавшим испытание, если:

- 1) увеличение коэффициента затухания не превышает 0,05 дБ/км.
- 2) овальность оптического сердечника не превышает допустимой овальности, установленной изготовителем ОКФП;
- 3) отсутствуют повреждения каких-либо компонентов ОКФП.

5.2.5.12 В ходе испытания оценивается способность зажимов удерживать ОКФП без его проскальзывания, отсутствие разрушения элементов зажимов или расплетания (для спиральных зажимов). Зажим считается выдержавшим испытание, если отсутствуют все перечисленные явления.

5.2.6 Испытание ОКФП на вытяжку

Испытания ОКФП на вытяжку должны проводиться в соответствии с методикой и требованиями, описанными в [15]. Для получения отдельных значений модулей упругости после вытяжки, а также характеристик «нагрузка-удлинение» после вытяжки для материалов сердечника и внешних повивов испытания по нижеприведенной методике проводятся сначала для ОКФП в целом, а потом повторяются для сердечника после демонтажа с него внешних алюминиевых повивов. Порядок получения из результатов испытаний отдельного значения модуля упругости после вытяжки и характеристики «нагрузка-удлинение» после вытяжки для материала внешних повивов ОКФП приведен в 5.2.6.3.7.

5.2.6.1 Подготовка к испытаниям

5.2.6.1.1 Образец ОКФП/сердечника для испытаний должен быть взят от длины кабеля на барабане на расстоянии не менее 20 м от конца. Перед вырезанием образца ОКФП/сердечника на его концы должны быть наложены бандажки, чтобы предотвратить повреждение его конструкции (расплетания армирующих элементов), в т.ч. и относительного смещения повивов (слоев армирующих элементов).

5.2.6.1.2 Минимальная длина образца между зажимами определяется формулой:

$$L=100\cdot d+2\cdot a, \quad (5.1)$$

где $100\cdot d$ – минимальная длина испытываемого образца;

d – диаметр ОКФП/сердечника;

a – расстояние между местом закрепления ОКФП/сердечника в зажиме до начала испытываемого участка.

5.2.6.1.3 После вырезания образца ОКФП от строительной длины, он должен находиться в максимально выпрямленном состоянии.

5.2.6.1.4 Заделка концов ОКФП/сердечника в зажимах не должна допускать смещения повивов (слоев армирующих элементов). Допускается проводить испытания на роликах, диаметр которых должен быть не менее 40 диаметров кабеля.

5.2.6.1.5 Испытания должны проводиться при температуре образца равной $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. В ходе эксперимента измерение температуры образца должно осуществляться в его середине. В случае изменения температуры в процессе испытаний значения удлинения ОКФП/сердечника должны быть скорректированы с учетом изменения температуры.

5.2.6.1.6 Точность измерения прикладываемого к образцу тяжения должна составлять не менее значения 1 % от МДРН или 120 Н.

5.2.6.1.7 Для замеров вытяжки образца должны использоваться приборы и устройства, имеющие разрешающую способность до $5 \cdot 10^{-6}$ м.

5.2.6.2 Проведение испытаний

5.2.6.2.1 Подготовленный образец должен быть помещен в установку для испытаний на вытяжку. Приложение нагрузки должно быть плавным в течение 5 мин ± 10 с. В случае приложения нагрузки ступенчато, каждая ступень не должна превышать 20 % от испытательной нагрузки. После достижения испытательной нагрузки она сохраняется постоянной в течение всего времени эксперимента.

5.2.6.2.2 В ходе испытаний ОКФП/сердечника на вытяжку, к ним прикладывается усилие СЭН (в % от МПР) + 5 % от МПР. Величина СЭН указывается изготовителем ОКФП. Для построения кривой «нагрузка-удлинение» после вытяжки дополнительно должны быть проведены 3-4 цикла испытаний на вытяжку при различных растягивающих нагрузках, выбранных с равномерным шагом в диапазоне 20-50 % от МДРН, например – 20 %, 30 %, 40 %, 50 % от МДРН.

5.2.6.2.3 Результаты измерения температуры и вытяжки ОКФП/сердечника должны фиксироваться после окончания периода приложения испытательной нагрузки (через 5 мин) на логарифмической временной шкале. Первая запись результатов должна соответствовать нулевым (начальным) значениям времени эксперимента и вытяжке образца. Второе значение должно быть записано не позднее чем через 0,02 ч после первого. Суммарная длительность испытаний должна составлять не менее 1000 ч, что будет в достаточной мере отображать длительную вытяжку ОКФП/сердечника.

5.2.6.2.4 Рекомендуемое время фиксации удлинения ОКФП/сердечника рассчитывается в соответствии с:

$$t = 10^n, \quad (5.2)$$

где t – время в часах от начала эксперимента;

n – числовой ряд с постоянным приращением, таким что:

$$n_{m+1} = n_m + \Delta, \quad (5.3)$$

где Δ – постоянная величина, т.о. при проведении 10-ти последовательных фиксаций удлинения время увеличится в 10 раз (к примеру от 10 ч до 100 ч), а время проведения каждой фиксации будет соответствовать $10^{1+0,1}, 10^{1+0,2}, \dots, 10^2$ ч (12,6 ч; 15,8 ч; ... 100 ч).

Такая форма фиксации результатов измерений с учетом использования логарифмической шкалы является наиболее удобной.

5.2.6.3 Обработка результатов

5.2.6.3.1 Результатом испытаний является характеристика \log значения вытяжки от \log значения времени.

5.2.6.3.2 Характеристика вытяжки полученная в ходе испытаний в течение 1000 ч может и должна быть приведена к вытяжке ОКФП/сердечника в течение 25 лет.

Выражение:

$$\varepsilon_c = a \cdot t^b \quad (5.4)$$

может быть преобразовано в:

$$\log \varepsilon_c = \log a + b \cdot \log t, \quad (5.5)$$

где ε_c – это удлинение в % вызванное вытяжкой;

t – время в часах от начала эксперимента;

a, b – безразмерные коэффициенты.

5.2.6.3.3 Характеристика зависимости вытяжки от времени для ОКФП/сердечника, построенная на логарифмической шкале будет стремиться к прямой линии при больших значениях времени эксперимента. Значение коэффициента a – это пересечение с осью вытяжки при времени $t=1$ ч. Значение коэффициента b – это наклон прямой линии. К результатам испытаний в интервале от 1 до 1000 ч должен быть применен метод линейной регрессии. Значения вытяжки, полученные в интервале до 1 ч, имеют справочный характер.

5.2.6.3.4 При проведении ряда испытаний на вытяжку согласно 5.2.6.2.2 на основании значений вытяжки при разных растягивающих нагрузках и с учетом полученных в рамках испытаний на растяжение монтажных зависимостей «нагрузка-удлинение» (см. 5.2.3) строятся характеристики «нагрузка-удлинение» после вытяжки для ОКФП в целом и сердечника в отдельности.

5.2.6.3.5 Из полученных зависимостей «нагрузка-удлинение», которые, как правило, выражаются в виде полиномиального уравнения до 4-ой степени определяются коэффициенты этого уравнения, описывающие эти зависимости и модули упругости после вытяжки для ОКФП в целом и сердечника в отдельности.

5.2.6.3.6 Полученные коэффициенты полиномиального уравнения характеристики «нагрузка-удлинение» сердечника после вытяжки приводятся к общему сечению ОКФП путем их умножения на отношение площади сердечника к общему сечению ОКФП.

5.2.6.3.7 Для получения отдельной характеристики «нагрузка-удлинение» после вытяжки для материала внешних повивов, также, как правило, описываемой полиномом до 4-ой степени, осуществляется

графическое вычитание приведенной к общему сечению ОКФП характеристики сердечника из характеристики ОКФП в целом. Из полученной зависимости также определяются коэффициенты уравнения и модуль упругости материала внешних повивов ОКФП после вытяжки.

5.2.6.3.8 Результатом обработки испытаний являются:

- 1) значения коэффициентов a , b ;
- 2) номинальная температура образца во время испытаний и максимальные её отклонения;
- 3) результат пересчета вытяжки на время 25 лет.
- 4) набор характеристик «нагрузка-удлинение» после вытяжки и коэффициентов полиномиальных уравнений, описывающих эти характеристики для ОКФП в целом, материалов сердечника и внешних повивов в отдельности.

5.2.6.3.9 ОКФП считается выдержавшим испытание, если:

- 1) расчетное значение вытяжки ОКФП за период 40 лет, полученное по выражению (5.4), не превышает максимально допустимого значения, указываемого изготовителем ОКФП. Для ОКФП, вытяжка которых определена изготовителем с использованием кривой «нагрузка-удлинение», полученной для конструктивного аналога испытываемого ОКФП (см. п. 4.3.1.8), допустимое расхождение должно составлять не более 10 %.
- 2) характеристики «нагрузка-удлинение» после вытяжки, коэффициенты полиномиальных уравнений, описывающие эти характеристики и модули упругости после вытяжки для ОКФП в целом, материалов сердечника и внешних повивов в отдельности не отличаются от расчетных значений, представленных изготовителем ОКФП более чем на 10 %.

5.2.7 Испытание ОКФП на стойкость к галопированию (пляске)

5.2.7.1 Испытания ОКФП на стойкость к галопированию проводят в соответствии с [16], в рекомендованных разработчиком ОКФП натяжных зажимах. Оба конца ОКФП или один из концов ОКФП в зависимости от метода контроля оптического затухания должны быть смонтированы в муфте, рекомендованной для монтажа и эксплуатации.

5.2.7.2 Испытания ОКФП на галопирование проводятся на том же испытательном участке, что и испытания на воздействие эоловой вибрации.

5.2.7.3 Длина пролета между натяжными зажимами должна быть не меньше 35 м. Минимальная длина активного пролета должна составлять не менее 20 м. Для исключения проскальзывания ОВ относительно ОКФП под воздействием растягивающей нагрузки ОКФП с обоих концов должен быть свернут в петли диаметром $1 \div 1,5$ м до момента нагружения.

5.2.7.4 Тяжение ОКФП должно составлять не менее 2 % от МПР.

5.2.7.5 Примерно на равных расстояниях от натяжных зажимов должен быть смонтирован поддерживающий зажим. Высота крепления поддерживающего зажима должна быть такой, чтобы статический угол прогиба ОКФП относительно горизонтали не превышал 1°.

5.2.7.6 Должны быть предусмотрены средства для измерения и мониторинга амплитуды одной полуволны колебаний.

5.2.7.7 Соответствующие ограничительные устройства или арматура должны поддерживать горизонтальную составляющую галопирующего движения до 300 мм при максимальной амплитуде колебаний.

5.2.7.8 Длина измеряемого ОВ должна быть не менее 100 м. Оптические волокна ОКФП должны быть подключены к испытательному прибору. Допускается соединение оптических волокон шлейфом.

5.2.7.9 Прежде чем к ОКФП будет приложено окончательное тяжение, должно быть сделано начальное измерение затухания сигнала в ОВ при значении тяжения, лежащем в диапазоне 1335-2224 Н.

5.2.7.10 ОКФП должен быть подвергнут минимум 100 000 циклам галопирования. Частота колебаний должна соответствовать резонансной частоте галопирования кабеля с одной полуволной. Двойная амплитуда колебаний с одной полуволной в активном пролете должна поддерживаться на уровне 1/25 длины активного пролета. Положение зажимов на ОКФП маркируется.

5.2.7.11 Амплитуда колебаний и оптические параметры должны контролироваться приблизительно через каждые 2000 циклов колебаний. Измерение оптического затухания должно начаться не меньше чем за один час до начала испытания и закончиться не менее чем через 2 часа после окончания испытания.

5.2.7.12 ОКФП считается выдержавшим испытание, если:

- 1) увеличение затухания не превышает погрешности измерительного прибора;
- 2) овальность оптического сердечника не превышает допустимой овальности, установленной изготовителем ОКФП;
- 3) отсутствуют повреждения каких-либо компонентов ОКФП.

5.2.8 Испытания на стойкость ОКФП к циклическому воздействию температур

5.2.8.1 Испытание на стойкость к циклическому воздействию температур проводят в соответствии с [17]. Испытания должны проводиться со смонтированными муфтами.

5.2.8.2 Длина образца ОКФП должна быть не менее 500 м.

5.2.8.3 ОКФП, свободно намотанный на металлический барабан или смотанный в бухту, и муфту помещают в климатическую камеру при нормальных климатических условиях.

5.2.8.4 Время предварительной выдержки при нормальных климатических условиях - не менее 24 ч.

5.2.8.5 Оптические волокна ОКФП должны быть подключены к измерительному прибору. Допускается соединение оптических волокон шлейфом.

5.2.8.6 ОКФП и муфту подвергают воздействию трех следующих друг за другом циклов. Каждый цикл состоит из следующих этапов:

1) температура в камере понижается до температуры минус 60 °С и ОКФП выдерживается при данной температуре в течение времени необходимого для получения установившегося значения затухания не менее 24-х часов;

2) температура в камере повышается до +70 °С и ОКФП выдерживается при данной температуре в течение времени необходимого для получения установившегося значения затухания не менее 24-х часов;

3) температура в камере понижается до температуры окружающей среды.

5.2.8.7 В процессе испытания контролируют затухания в следующих точках:

1) до начала воздействия – по окончании предварительной выдержки;

2) во время воздействия – в начале и в конце температурного режима в максимальных точках каждого цикла;

3) после воздействия - по окончании выдержки в нормальных климатических условиях в течение 24 часов.

5.2.8.8 ОКФП считается выдержавшим испытание, если:

1) увеличение затухания в третьем цикле и после испытаний не превышает 0,05 дБ/км;

2) отсутствует смещение ОВ или элементов ОКФП внутри муфты.

5.2.9 Испытание ОКФП на стойкость к продольному проникновению воды

5.2.9.1 Испытания на стойкость к продольному проникновению воды должны проводиться в соответствии с [17], метод F5B.

5.2.9.2 Испытания проводят на образце ОКФП длиной не более 3 м. ОКФП располагают горизонтально и столб воды высотой не менее 1 м должен давить на оптический сердечник или модуль ОКФП в течение 24 ч при температуре $+20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

5.2.9.3 Для облегчения обнаружения проникновения воды может быть применен водорастворимый флуоресцентный краситель или иное подходящее красящее вещество, не оказывающее воздействие ни на один из компонентов ОКФП.

5.2.9.4 ОКФП считается выдержавшим испытание, если отсутствует проникновение воды через оптический сердечник или оптический модуль кабеля. Если используется флуоресцентный краситель, то для осмотра ОКФП может быть применен источник ультрафиолетового света.

5.3 Методы испытаний подвесных оптических муфт

5.3.1 Испытание на герметичность

5.3.1.1 Испытание на герметичность проводят манометрическим способом на муфте в сборе с комплектами для ввода, смонтированной с отрезками ОКФП: путем создания в муфте избыточного газового давления $0,75 \text{ кгс/см}^2$ (75 кПа) и погружения муфты в воду (уровень воды над корпусом муфты 10-15 мм).

5.3.1.2 Для проведения испытаний муфта должна иметь отдельный дополнительный технологический ввод со штуцером для подключения датчика давления и/или датчика влажности.

5.3.1.3 Муфта считается выдержавшей испытания, если величина давления по показаниям манометра не изменилась, отсутствует выделение пузырьков воздуха из муфты при погружении ее в воду.

5.3.2 Испытание на стойкость к воздействию вибрационных нагрузок

5.3.2.1 Испытание муфты на стойкость к воздействию вибрационных нагрузок проводится в два этапа.

5.3.2.2 Этап первый. Испытание муфты по определению резонансных частот. Испытание по определению резонансных частот производят на макете муфты путем плавного изменения частоты при поддержании постоянной амплитуды ускорения величиной 4g в диапазоне частот от 5 до 50 Гц. Муфта жестко крепится на столе вибростенда. Датчик устанавливается на основание муфты.

5.3.2.3 Этап второй. Испытание муфты на стойкость к вибрационным нагрузкам. Испытание проводят на вибростенде на резонансных частотах, определенных на первом этапе испытаний двух плоскостях. Время испытания

в каждом положении 1 час. При отсутствии резонансных частот испытания проводят на частоте 15 Гц. Для проведения испытаний необходимо все ОВ ОКФП подключить к измерительным приборам. Допускается соединение всех ОВ в шлейф. Оптические измерения должны вестись непрерывно в течение всего испытания.

5.3.2.4 Муфта считается выдержавшей испытание, если:

- 1) нет смещения и ослабления резьбовых соединений;
- 2) смещения элементов муфты и ОКФП;
- 3) нет обрывов ОВ и увеличения величины затухания не более чем на 0,05 дБ.
- 4) нет разгерметизации муфты (см. 5.3.1).

5.3.3 Испытание на стойкость к поражению дробью

5.3.3.1 Испытания на стойкость к поражению дробью проводятся на муфтах или на муфтах в защитном металлическом кожухе, из охотничьего ружья с расстояния 25 м - шесть патронов, заряженные дробью № 3.

5.3.3.2 Муфта считается выдержавшей испытание, если не произошло ее разгерметизации (см. 5.3.1).

5.3.4 Испытание на стойкость заделки выходящих из муфты концов ОКФП к кручению и на изгиб

5.3.4.1 Испытание на стойкость заделки выходящих концов ОКФП к кручению проводят на муфте, находящейся под избыточным давлением 0,5 атм. (0,5 кгс/см²). Испытательный цикл состоит из кручения ОКФП на угол 180° на длине 2 м сначала в одну, потом в другую сторону с 5-минутной выдержкой и возвращением в исходное положение. Муфта подвергается 5-ти таким циклам.

5.3.4.2 Испытание на стойкость заделки выходящих концов ОКФП на изгиб проводят на муфте, находящейся под избыточным давлением 0,5 атм. (0,5 кгс/см²). Муфту закрепляют на столе в горизонтальном положении. К концу ОКФП, выходящему из муфты, прикладывают усилие и отклоняют на угол 90° в обе стороны от горизонтального положения в одной плоскости. Испытательный цикл состоит из отклонения конца ОКФП из горизонтального положения в верхнее и нижнее положение на угол 90° с 5-ти минутной выдержкой в крайних положениях и возвращением в горизонтальное положение. Муфта подвергается 10-ти циклам воздействия.

5.3.4.3 Для контроля отсутствия смещения ОВ в муфте, до начала испытания должны быть проставлены соответствующие маркеры.

5.3.4.4 При проведении испытаний необходимо все ОВ ОКФП подключить к измерительным приборам. Допускается соединение всех ОВ в шлейф.

5.3.4.5 В процессе испытания контролируют затухания в следующие моменты времени:

- 1) до начала воздействия каждого испытания;
- 2) после окончания каждого испытания.

5.3.4.6 Муфта считается выдержавшей испытания, если после окончания каждого испытания не произошло:

- 1) разгерметизации муфты (см. 5.3.1);
- 2) нет смещения и ослабления резьбовых соединений;
- 3) смещения элементов ОКФП;
- 4) смещения ОВ внутри муфты;
- 5) увеличение затухания в ОВ более погрешности измерительного прибора.

5.3.5 Испытание на прочность заделки ОКФП в муфте при растяжении

5.3.5.1 Испытание должно проводиться в рекомендованных разработчиком ОКФП натяжных зажимах.

5.3.5.2 Для контроля отсутствия смещения ОКФП относительно муфты и смещения ОВ в муфте, до начала испытания должны быть проставлены соответствующие маркеры. Испытания проводятся на образце ОКФП достаточной длины такой, чтобы участок растяжения составлял не менее 10 м. Суммарная оптическая длина всех ОВ должна быть не менее 100 м. Допускается соединение измеряемых ОВ шлейфом.

5.3.5.3 Концы ОКФП фиксируются таким образом, чтобы исключить перемещение ОВ относительно кабеля. Это достигается с помощью сворачивания нескольких (2^x-3^x) кабельных колец (петель) диаметром $1\div 1,5$ м.

5.3.5.4 Испытания муфты проводятся в следующей последовательности:

- а) нагрузка увеличивается ступенями до МДРН. Величина ступени составляет не более 10% от МДРН;
- б) нагрузка выдерживается равной МДРН, время выдержки 3 часа.

Во время проведения испытания проводится измерение увеличения затухания в ОВ.

5.3.5.5 Муфта считается выдержавшей испытание, если:

- 4) увеличение затухания не превышает погрешности измерительного прибора;
- 5) отсутствуют видимые повреждения элементов конструкции муфты;
- 6) при МДРН не наблюдалось проскальзывания ОКФП в заделках муфты, разрушения элементов заделки;
- 7) не произошло разгерметизации муфты (см. 5.3.1).

5.3.6 Испытания на стойкость муфты к воздействию дождя

5.3.6.1 В муфте два ввода используются для ввода кабеля, третий ввод - технологический, для подвода датчика влажности. Муфта помещается в климатическую камеру и подвергается следующим воздействиям:

- 1) температура в камере повышается до +70 °С и выдерживается 3 часа;
- 2) температура в камере понижается до +5 °С и выдерживается 3 часа.

5.3.6.2 Цикл повторяется 3 раза, в процессе цикла муфта поливается водой с интенсивностью 20 мл/мин. В процессе испытаний контролируют влажность внутри муфты.

5.3.6.3 Затем температуру в камере понижают до минус 60 °С и выдерживают в течение 3 часов.

5.3.6.4 По окончании испытания проверяется наличие воды внутри муфты.

5.3.6.5 Муфта считается выдержавшей испытание, если:

- 1) показания датчика не менялись на протяжении испытаний;
- 2) в муфте не обнаружено воды.

5.3.7 Испытание на стойкость муфты к воздействию соляного тумана

5.3.7.1 Испытание муфты на стойкость к воздействию соляного тумана должно проводиться по ГОСТ 20.57.406 (метод 215-1). Время испытаний – 3-е суток. Муфта считается выдержавшей испытание, если отсутствует ее разгерметизация.

Библиография

1. СТО 56947007-33.180.10.172 - 2014 Правила проектирования, строительства и эксплуатации ВОЛС на ВЛ электропередачи напряжением 35 кВ и выше, ОАО «ФСК ЕЭС».
2. Рекомендации ITU-T G.650. Определения и методы испытаний одномодового волокна. (Rec. ITU-T G.650 (03/1993) Definition and test methods for the relevant parameters of single-mode fibers. World Telecommunication Standardization Conference (WTSC, Helsinki, March 1-12, 1993)).
3. Рекомендации ITU-T G.652. Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля. (Rec. ITU-T G.652 (11/2009) Characteristics of a single-mode optical fiber and cable. World Telecommunication Standardization Assembly).
4. Рекомендации ITU-T G.653. Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля со сдвигом дисперсии. (Rec. ITU-T G.653 (07/2010) Characteristics of a dispersion-shifted, single-mode optical fiber and cable. World Telecommunication Standardization Assembly).
5. Рекомендации ITU-T G.654. Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля со смещенной дисперсией и отсечкой. (Rec. ITU-T G.654 (10/2012) Characteristics of a cut-off shifted single-mode optical fiber and cable. World Telecommunication Standardization Assembly).
6. Рекомендации ITU-T G.655. Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля с ненулевым дисперсионным смещением. (Rec. ITU-T G.655 (11/2009) Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fiber and cable. World Telecommunication Standardization Assembly).
7. МЭК 60793-1-32 EIA/TIA-455-178-B. Оптические волокна – часть 1-32: Методы измерения и методики испытаний – Снимаемость покрытия (FOTP-178 IEC-60793-1-32 Optical Fibers - Part 1-32: Measurement Methods and Test Procedures - Coating Stripability).
8. МЭК 61232-1993 Проволока стальная плакированная алюминием для применения в электротехнике. (IEC 61232-1993 Aluminium-clad steel wires for electrical purposes).
9. МЭК 60104-1987 Провода из сплава типа алюминий-магний-кремний для воздушных линий электропередач. (IEC 60104-1987 Aluminium-magnesium-silicon alloy wire for overhead line conductors).
10. Правила Устройства Электроустановок (ПУЭ) – 7 издание. Утверждены приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.
11. МЭК 61089-1991 Воздушные электрические провода со скрученными круглыми проволоками. (IEC 61089-1991 Round wire concentric lay overhead electrical stranded conductors).

12. МЭК 60794-4-2003 Кабели волоконно-оптические. Часть 4. Оптические кабели для применения на воздушных линиях электропередачи. (IEC 60794-4-2003 Optical fiber cables. Part 4. Sectional specification. Aerial optical cables along electrical power lines).

13. ОСТ.45.02-97 Знак соответствия. Порядок маркирования технических средств электросвязи. Введен в действие 01.01.1998 информационным письмом Госкомсвязи России от 24.11.97 № 6249.

14. Руководство по оптическим зажимам для оптических кабелей на линиях электропередачи. Часть 2А – Испытания, ЭЛЕКТРА, № 188, февраль, 2000, СИГРЭ («Guide to fittings for optical cables on transmission lines. Part 2A – Testing procedures. Optical ground wire fittings and optical phase conductor fittings». – ELECTRA No. 188, February 2000, CIGRE).

15. МЭК 61395-1998 Провода электрические для воздушных линий электропередачи. Методики испытания скрученных проводов на ползучесть. (IEC 61395-1998 Overhead electrical conductors. Creep test procedures for stranded conductors).

16. IEEE 1138-2009 Испытания и характеристики оптического кабеля, встроенного в грозозащитный трос (ОКГТ), предназначенного для применения на линиях электропередач. (IEEE Standard for Testing and Performance for Optical Ground Wire (OPGW) for Use on Electric Utility Power Lines. Published 30 November 2009).

17. МЭК 60794-1-22-2012 Кабели волоконно-оптические. Часть 1-22. Общие технические условия. Основные методики испытания оптических кабелей. Методы испытаний на воздействие факторов окружающей среды. (IEC 60794-1-22-2012 Optical fiber cables. Part 1-22. Generic specification. Basic optical cable test procedures. Environmental tests methods).