

---

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ  
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

---



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ  
ОАО «ФСК ЕЭС»**

**СТО 56947007-  
33.180.10.175-2014**

---

**Оптические неметаллические самонесущие кабели,  
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](mailto: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

<b>Введение</b> .....	5
<b>1 Область применения</b> .....	5
<b>2 Нормативные ссылки</b> .....	5
<b>3 Обозначения и сокращения</b> .....	6
<b>4 Технические требования</b> .....	8
4.1 Требования к оптическим волокнам.....	8
4.2 Требования к конструкции ОКСН.....	10
4.3 Требования к механическим параметрам ОКСН.....	11
4.4 Требования к электрическим параметрам ОКСН.....	13
4.5 Требования к стойкости ОКСН внешним климатическим воздействиям.....	13
4.6 Требования к сроку службы ОКСН.....	13
4.7 Типовые технические требования на поставку ОКСН.....	14
4.8 Требования к упаковке и маркировке ОКСН.....	17
4.9 Требования к сопроводительной документации на ОКСН.....	18
4.10 Требования к безопасности ОКСН.....	19
4.11 Требования к транспортировке и хранению ОКСН.....	19
4.12 Требования к подвесным оптическим муфтам для ОКСН.....	19
4.13 Требования к натяжным и поддерживающим зажимам, линейной арматуре для крепления ОКСН.....	20
4.14 Требования к монтажу и эксплуатации ОКСН.....	21
4.15 Требования к аттестации и сертификации ОКСН.....	22
<b>5 Методы испытаний</b> .....	23
5.1 Общие положения.....	23
5.2 Методы испытаний ОКСН.....	23
5.2.1 Проверка конструкции ОКСН.....	23
5.2.2 Проверка оптических параметров ОКСН.....	24
5.2.3 Испытание ОКСН на стойкость к растяжению.....	24
5.2.4 Испытание ОКСН на стойкость к раздавливанию.....	26
5.2.5 Испытание ОКСН на стойкость к перекатке на ролике.....	27
5.2.6 Испытание ОКСН на стойкость к воздействию эоловой вибрации.....	28
5.2.7 Испытания ОКСН на стойкость к изгибу.....	29
5.2.8 Испытание ОКСН на вытяжку.....	30
5.2.9 Испытание на стойкость ОКСН к галопированию (пляске).....	33
5.2.10 Испытание ОКСН на стойкость к осевым закручиваниям.....	34
5.2.11 Испытание ОКСН на стойкость к ударам.....	34
5.2.12 Испытания ОКСН на трекингостойкость.....	35
5.2.13 Испытания на стойкость к воздействию УФ - излучения.....	39
5.2.14 Испытания на стойкость ОКСН к циклическому воздействию температур.....	39

5.2.15 Испытание ОКСН на стойкость к продольному проникновению воды .....	40
5.3 Методы испытаний муфт для ОКСН .....	41
5.3.1 Испытание на герметичность .....	41
5.3.2 Испытание на стойкость муфты к воздействию вибрационных нагрузок .....	41
5.3.3 Испытание на стойкость к поражению дробью .....	42
5.3.4 Испытание на стойкость заделки выходящих из муфты концов ОКСН к кручению и на изгиб .....	42
5.3.5 Испытание на прочность заделки ОКСН в муфте .....	43
5.3.6 Испытания на стойкость муфты к воздействию дождя .....	43
5.3.7 Испытание на стойкость муфты к воздействию соляного тумана .....	44
<b>Библиография</b> .....	<b>45</b>

## **Введение**

Настоящие Общие технические условия разработаны в рамках актуализации и пересмотра существующих «Типовых технических требований на поставку оптического неметаллического самонесущего кабеля для организации ВОЛС-ВЛ на линиях электропередачи» утвержденных ОАО «ФСК ЕЭС» в 2004 году, «Общих технических требований к самонесущим неметаллическим оптическим кабелям, предназначенным для подвески на линиях электропередачи» и «Общих технических требований к подвесным оптическим муфтам», рекомендованных к применению РАО «ЕЭС России» в 2002 году.

В рамках работы было учтено обновление отраслевых государственных и международных стандартов и нормативов. Учтен современный опыт проектирования и эксплуатации ВОЛС-ВЛ с применением ОКСН.

## **1 Область применения**

1.2 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 ОКСН.

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

1.1 Настоящие Общие технические условия обязательны для ОАО «ФСК ЕЭС» при проектировании ВОЛС на действующих и вновь проектируемых ВЛ, КВЛ, поставщиков и изготовителей ОКСН, 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 Р МЭК 794-1-93 Кабели оптические. Общие технические требования.

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.

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

ГОСТ 27474-87 (МЭК 587-84) Материалы электроизоляционные. Методы испытания на сопротивление образованию токопроводящих мостиков и эрозии в жестких условиях окружающей среды.

ГОСТ Р 52266-2004 Кабельные изделия. Кабели оптические. Общие технические условия.

### **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 ОКСН под воздействием растягивающего тяжения, приложенного при монтаже и среднегодовой температуре эксплуатации.

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

**Кордель** – элемент из изолирующего материала произвольного сечения, применяемый в качестве заполнителя или для образования каркаса ОКСН.

**Максимально допустимая растягивающая нагрузка (МДРН)** – максимальная растягивающая нагрузка, возникающая в процессе эксплуатации под воздействием собственного веса ОКСН и максимальных

внешних климатических нагрузок, при которой сохраняются требуемые оптические параметры ОВ и срок службы ОКСН.

**Механическая прочность на разрыв (МПР)** – минимальная расчетная разрывная прочность ОКСН.

**Монтажная растягивающая нагрузка (МРН)** – нагрузка, прикладываемая к ОКСН при его монтаже.

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

**НД** – нормативная документация.

**ОВ** – оптическое волокно.

**ОКСН** – оптический кабель самонесущий неметаллический, содержащий оптические волокна, армирующими элементами которого являются стеклопластиковые прутки и/или арамидные нити, объединенные в единую конструкцию, обеспечивающую его работоспособность в заданных условиях эксплуатации.

**Оптическая муфта** – устройство для соединения ОВ двух и более ОКСН.

**Оптический кабель (ОК)** – кабельное изделие, предназначенное для организации связи и содержащее ОВ, объединенные в единую конструкцию.

**Оптический модуль (ОМ)** – элемент ОКСН, оболочка которого изготовлена из металлического или полимерного материала, и содержащий оптические волокна.

**Оптический сердечник** – центральный элемент ОКСН, содержащий один или несколько оптических модулей.

**Полиэтилен (ПЭ)** – полимерный материал из класса полиолефинов. (Т-ПЭ – трекингостойкий ПЭ, HF-ПЭ – безгалогенный ПЭ).

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

**Строительная длина кабеля** – длина ОКСН поставляемая на одном барабане заводом-изготовителем для строительства ВОЛС-ВЛ. Строительная

длина определяется в проекте и включает в себя длину ОКСН между муфтами и технологического запаса.

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

**ЦСЭ** – центральный стеклопластиковый элемент.

**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.

Таблица 4.1 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				-



Продолжение Таблицы 4.1

Параметр	Тип волокна в соответствии с рекомендациями МСЭ-Т				Методы испытаний
	G.652	G.653	G.654	G.655	
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 0,22 -	- 0,22 -	- 0,2 -	- 0,22 0,25	Рек. G.650 МСЭ-Т, Раздел 5.4; МЭК 793-1-C1
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 ОКСН), 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 1530-1565нм	3,5 18 -	- 3,5 -	- 20 -	- - ±(0,1-10,0)	Рек. G.650 МСЭ-Т, Раздел 5.5; МЭК 793-1-C5C
Коэффициент поляризационной модовой дисперсии пс/км <sup>1/2</sup> , не более:	0,2	-	-	0,2	-

Наклон дисперсионной характеристики в области длины волны нулевой дисперсии, в интервале длин волн, пс/нм <sup>2</sup> км, не более	1285-1330 нм	0,093	-	-	-	-
	1525-1575 нм	-	0,085	0,06	-	

*Окончание Таблицы 4.1*

Параметр	Тип волокна в соответствии с рекомендациями МСЭ-Т				Методы испытаний
	G.652	G.653	G.654	G.655	
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 должны соответствовать требованиям главы 4.19 [1].

## 4.2 Требования к конструкции ОКСН

4.2.1 ОКСН должны соответствовать общим требованиям к конструкции оптических кабелей, приведенным в ГОСТ Р 52266, а также дополнительным требованиям приведенным ниже. Нижеприведенный список требований является минимальным и при необходимости может быть дополнен специальными дополнительными требованиями определяемыми разработчиком ОКСН и спецификой его конструктивного исполнения.

4.2.2 Конструкция ОКСН должна обеспечивать механическую прочность и оптические параметры волокон в течение всего срока службы кабеля (не менее 25 лет).

4.2.3 Сердечник ОКСН должен представлять собой конструкцию, состоящую из ЦСЭ, вокруг которого скручены ОМ (в случае необходимости, с корделями). Не допускается изготовление и применение ОКСН без ЦСЭ.

4.2.4 ОМ должен представлять собой трубку из полимерного материала, внутри которой свободно укладываются ОВ в количестве от 1 до 24 шт. Свободное внутреннее пространство ОМ должно быть заполнено гидрофобным наполнителем.

4.2.5 Кордели должны быть изготовлены из ПЭ или иных полимерных материалов.

4.2.6 Межмодульное пространство ОКСН по всей его длине должно иметь сплошное заполнение гидрофобным наполнителем или иными водоблокирующими материалами.

4.2.7 Поверх скрутки ОМ должна быть наложена обмотка из полимерных или иных скрепляющих лент и нитей.

4.2.8 Поверх сердечника должна быть наложена промежуточная оболочка из ПЭ.

4.2.9 Поверх промежуточной оболочки должны быть наложены арамидные силовые элементы.

4.2.10 Поверх арамидных силовых элементов должна быть наложена наружная оболочка из Т-ПЭ или HF-ПЭ толщиной от 1,7 до 2,2 мм. Рекомендуемое максимально допустимое отклонение наружного диаметра оболочки не должны превышать  $\pm 0,2$  мм.

4.2.11 Под пластмассовыми оболочками должны быть проложены вспарывающие корды, обеспечивающие разделку ОКСН.

4.2.12 На поверхности наружной оболочки ОКСН не должно быть трещин, раковин, вздутий, а также других дефектов, выводящих наружный диаметр за нормируемые предельные отклонения.

4.2.13 Материалы, применяемые для изготовления ОКСН, должны быть приведены в ТУ на ОКСН с указанием фирм-изготовителей.

4.2.14 В ОКСН не должно быть обрывов ОВ и сварных соединений ОВ.

4.2.15 Конструкция ОКСН при их изготовлении и эксплуатации должна исключать применение специальных мер безопасности.

### **4.3 Требования к механическим параметрам ОКСН**

4.3.1 ОКСН должны быть стойкими к воздействию растягивающих нагрузок прикладываемых к нему в процессе монтажа и эксплуатации (см. 4.3.1.1-4.3.1.5).

4.3.1.1 ОКСН должны выдерживать МДРН, которая возникает при эксплуатации установленного на ВЛ кабеля под воздействием наибольших расчетных значений ветра, гололеда или ветра с гололедом. МДРН определяется изготовителем ОКСН для каждого конкретного маркоразмера в пределах 3,0-50,0 кН с учетом требований заказчика на основании условий его подвески на ВЛ (длины пролетов, перепады высот, климатические условия и т.д.). Допускается изготовление ОКСН с МДРН свыше 50,0 кН.

4.3.1.2 Для каждого маркоразмера ОКСН изготовителем должна быть указана МРН, которую допускается прикладывать к ОКСН в процессе монтажа при его протяжке через монтажные ролики диаметром не менее 40 диаметров ОКСН. Рекомендуется указывать величину МРН в процентах от МДРН.

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

4.3.1.4 Для каждого маркоразмера ОКСН изготовитель должен указать величину его вытяжки в течение времени его эксплуатации, как правило, при максимальном значении МРН.

4.3.1.5 Для проектирования подвески ОКСН изготовитель должен указать для каждого маркоразмера ОКСН начальный (монтажный), после реализации вытяжки, конечный модули упругости, значения которых определяется расчетным путем и подтверждаются испытаниями.

4.3.2 ОКСН должны быть стойкими к одиночному ударному воздействию с начальной энергией удара:

- для ОКСН с МДРН от 4,0 кН до 6,0 кН – не менее 10 Дж;
- для ОКСН с МДРН от 6,0 до 50,0 кН – не менее 20 Дж.

4.3.3 ОКСН должны выдерживать не менее 20 циклов изгибов на угол  $\pm(90\pm 5)^\circ$  при радиусе не менее 20-ти кратного наружного диаметра и при минимально допустимой температуре монтажа, но не выше минус 10 °С.

4.3.4 ОКСН должны выдерживать не менее 10 циклов осевых закручиваний на угол  $\pm(360\pm 20)^\circ$  на длине не более 4 м при минимально допустимой температуре монтажа, но не выше минус 10 °С.

4.3.5 ОКСН должны быть стойкими к воздействию раздавливающей нагрузки не менее 0,2 кН/см.

4.3.6 ОКСН 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/диаметр ОКСН в мм  $\pm 10$ ». Размах (удвоенная амплитуда) колебаний в пучности полуволны – 1/3 диаметра ОКСН  $\pm 10$  %.

4.3.7 ОКСН в составе с рекомендованными изготовителем ОКСН 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 соотношения крутильных и поступательных движений ОКСН может возбуждать автоколебательный процесс. ОКСН должны выдерживать не менее 100 000 циклов колебаний с

двойной амплитудой, равной  $1/25$  длины пролета и частотой, соответствующей резонансной частоте колебаний с длиной полуволны, равной длине пролета.

4.3.8 ОКСН должны быть стойкими к 10-ти перемоткам с барабана на барабан с радиусом шейки равным 20-ти номинальным диаметрам кабеля.

#### **4.4 Требования к электрическим параметрам ОКСН**

4.4.1 Наружная оболочка ОКСН выполненная из ПЭ должна быть стойкой к воздействию наведенного потенциала электрического поля, величина которого указывается изготовителем для каждой степени загрязнения в соответствии с главой 1.9 [8], при которых, он гарантирует его срок службы.

4.4.2 Допускается использовать результаты и данные испытаний, проводимых изготовителем материала наружной оболочки ОКСН при условии обеспечения условий испытаний в соответствии параметрам степеней загрязнения по действующей классификации согласно главе 1.9 [8].

#### **4.5 Требования к стойкости ОКСН внешним климатическим воздействиям**

4.5.1 Наружная оболочка ОКСН должна быть герметичной, влагостойкой, стойкой к воздействию атмосферных осадков, к УФ-излучению, соляному туману.

4.5.2 ОКСН должны быть стойкими к воздействию повышенной рабочей температуры среды, величина которой определяется районом подвески кабеля и которая должна быть не менее плюс 70 °С.

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

4.5.4 ОКСН должны быть стойкими к воздействию циклической смены температур среды, диапазон величин которых определяется районом подвески кабеля и должен быть не менее диапазона от минус 60 °С до плюс 70 °С.

#### **4.6 Требования к сроку службы ОКСН**

4.6.1 Конструкция ОКСН, 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.

## 4.7 Типовые технические требования на поставку ОКСН

4.7.1 Технические требования к ОКСН должны формироваться на основании:

- 1) определения числа ОВ и их оптических параметров;
- 2) анализа климатических условий по трассе ВОЛС-ВЛ и выявление климатического условия, приводящего к максимальной нагрузке на ОКСН с учетом главы 4.4 [1];
- 3) выбора точек подвеса ОКСН по результатам проведения расчетов наведенного потенциала с учетом требований главы 4.15 [1];
- 4) расчета допустимых стрел провеса ОКСН в учетом требования главы 4.15 [1];

4.7.2 Технические требования должны быть сведены в таблицу или таблицы (с указанием участков) следующей формы:

Таблица 4.7 Типовой состав технических требований на поставку кабеля типа ОКСН

Параметр	Значение
1	2
1. Класс напряжения ВЛ, кВ	
2. Число ОВ в соответствии G.652 или G.653, или G.654, или G.655 (могут быть сформулированы более подробные требования к оптическим параметрам и, при необходимости, может быть оговорена поставка волокна от одного изготовителя)	
3. Максимальная длина пролета на всем участке проектируемой ВОЛС-ВЛ, м	
4. Перепад высот для пролета максимальной длины, м	
5. (Указать одно из ниже приведенных требований)	
5.1 Максимальная стрела провеса при максимальной климатической нагрузке после вытяжки, м	
5.2 Стрела провеса при гололеде после вытяжки, м	
5.3 Допустимое горизонтальное отклонение кабеля при максимальной ветровой нагрузке после вытяжки, м	
5.4 Отношение стрелы провеса к длине пролета при среднеэксплуатационной нагрузке или при монтаже при среднеэксплуатационной температуре	

5.5 Максимальный перепад высот на всем участке проектируемой ВОЛС-ВЛ, м	
---	--

Окончание Таблицы 4.7

Параметр	Значение
1	2
5.6 Длина пролета с максимальным перепадом высот, м	
6. Климатические характеристики зоны ВОЛС-ВЛ	
6.1 Стенка льда, мм	мм
при температуре минус	°С
6.2 Скоростной напор ветра при гололеде на высоте подвески кабеля	кг/м <sup>2</sup>
6.3 Максимальный скоростной напор ветра на высоте подвески кабеля	кг/м <sup>2</sup>
при температуре	°С
6.4 Среднеэксплуатационная температура	°С
6.5 Степень загрязнения атмосферы согласно [8]:	
7. Ограничения по максимально допустимому тяжению кабеля по условиям обеспечения прочности анкерных опор, кг	
8. Ограничение по допустимому наружному диаметру кабеля по условию обеспечения прочности промежуточных опор, мм	
9. Максимальное значение потенциала электрического поля в точке подвески кабеля	
10. Строительные длина поставки кабеля	
10.1 максимальная, м	
10.2 минимальная, м	
10.3 средняя (если нет фактических), м	

4.7.3 Поставщик ОКСН в технико-коммерческом предложении должен представить параметры кабеля в соответствии с ниже приведенным перечнем:

- 1) внешний диаметр, мм;
- 2) число и характеристики оптических волокон;
- 3) сечение ОКСН (расчетное), мм<sup>2</sup>;
- 4) вес, кг/км;
- 5) МПР, кг;

- 6) МДРН, кг;
- 7) МРН, кг;
- 8) коэффициент линейного термического расширения, °С;
- 9) модуль упругости монтажный (начальный), кг/мм<sup>2</sup>;
- 10) модуль упругости конечный, кг/мм<sup>2</sup>;
- 11) модуль упругости вытяжки (ползучести), кг/мм<sup>2</sup> ;
- 12) рабочий диапазон температур, °С;
- 13) минимальная допустимая температура монтажа, °С;
- 14) минимальный радиус изгиба ОКСН, м.

4.7.4 Поставщик ОКСН в составе документации по технико-коммерческому предложению должен предоставить результаты расчетов тяжений и стрел провеса кабеля при климатических условиях и в пролетах, указанных в Таблице 4.7.

4.7.5 Поставщик ОКСН в составе документации по технико-коммерческому предложению должен представить детальную инструкцию по монтажу кабеля.

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

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

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

4.7.9 На ОКСН 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.

4.7.10 Покупатель имеет право на ознакомление с производством ОКСН и на участие в приемочных испытаниях до отгрузки продукции с предприятия изготовителя, а также на проведение дополнительных испытаний по согласованной программе между Покупателем и Поставщиком.

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



## 4.8 Требования к упаковке и маркировке ОКСН

4.8.1 Упаковка и маркировка ОКСН должны выполняться в соответствии с Приложением А [9]. Барабаны с ОКСН должны быть не возвращаемыми.

4.8.2 ОКСН должны поставляться на деревянных барабанах с диаметром шейки не менее 40 номинальных диаметров кабеля, одной строительной длиной на барабане.

4.8.3 Расположение ОКСН на барабане должно исключать возможность захлестывания витков кабеля и взаимного проникновения слоев его намотки на барабане при транспортировке и инсталляции.

4.8.4 Концы ОКСН должны быть герметично заделаны от проникновения внутрь сердечника жидкостей и газов. Концы кабеля должны быть закреплены и легкодоступны.

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

4.8.6 Во всех барабанах отверстие в шейке должны быть укреплены стальными втулками и фланцевыми пластинами, исключающими деформацию барабана при погрузке-разгрузке, транспортировке, установке на механизмы и монтаже ОКСН на опорах.

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

4.8.8 ОКСН должны иметь маркировку, отчетливо нанесенную на наружную оболочку. Маркировка должна быть износостойкой и сохраняться не менее 3-х лет с момента подвеса ОКСН на ВЛ. Сохранность и износостойкость маркировки должна подтверждаться гарантиями изготовителя ОКСН. По требованию заказчика поставщик (изготовитель) должен предоставить результаты испытания маркировки на сохранность и износостойкость. Маркировка должна содержать следующую информацию:

- 1) товарный знак или код или наименование завода-изготовителя;
- 2) условное обозначение ОКСН (без указания коэффициента затухания и номера технических условий);
- 3) год изготовления;
- 4) маркировка погонного метра длины ОКСН с точностью  $1,00 \pm 0,01$  м.

По согласованию с заказчиком в маркировку может быть включена дополнительная информация.

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

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

#### **4.9 Требования к сопроводительной документации на ОКСН**

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

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

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

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

## **4.10 Требования к безопасности ОКСН**

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

## **4.11 Требования к транспортировке и хранению ОКСН**

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 ОКСН не должны подвергаться воздействию паров кислоты, щелочей и других агрессивных сред.

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

4.11.3 ОКСН 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 ОКСН**

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

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

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

4.12.4 В случае если конструкция ОКСН содержит ОВ различных типов, то в конструкции муфт должно быть предусмотрено размещение сростков ОВ 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 ОКСН, для соединения которых она предназначена и позволять производить ремонт кабелей в течение всего срока службы.

4.12.6 Конструкция муфт должна позволять производить её крепление на опорах ВЛ.

4.12.7 Конструкция муфт должна обеспечивать герметичность ОВ в муфте.

4.12.8 Конструкция муфт должна иметь детали для надежного крепления в ней ЦСЭ и других армирующих элементов ОКСН.

4.12.9 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.

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 ОКСН должна быть стойкой к изгибу и кручению.

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

#### **4.13 Требования к натяжным и поддерживающим зажимам, линейной арматуре для крепления ОКСН**

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

4.13.2 Натяжные и поддерживающие зажимы, гасители вибрации, струбцины для крепления спусков ОКСН (т. е. все элементы линейной арматуры) должны обеспечивать длительную и надежную работу ОКСН, подвешиваемого на опорах ВЛ. Конструкция и технические параметры натяжных и поддерживающих зажимов определяются Изготовителем ОКСН 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 ОКСН, исключать прокручивание кабеля в зажиме при механических воздействиях до 85 % от МПР и не приводить к повреждению кабеля в процессе эксплуатации.

4.13.4 Конструкция зажимов должна обеспечивать надежное крепление и сохранение оптических параметров ОКСН 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.

4.13.5 Конструкция зажимов с арматурой, входящей в их состав, должна выдерживать воздействие эоловой вибрации не менее  $10^8$  циклов.

4.13.6 Конструкция и качество изготовления натяжных и поддерживающих зажимов не должны приводить к возникновению коронного разряда при уровне наведенного потенциала электрического поля до 25 кВ. При необходимости поставщик зажимов должен предложить специальные устройства для предотвращения возникновения коронных разрядов.

#### **4.14 Требования к монтажу и эксплуатации ОКСН**

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

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

4.14.3 Подвеска ОКСН должна осуществляться в натяжных, поддерживающих зажимах и иной крепежной арматуре, рекомендованной для его монтажа изготовителем ОКСН.

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

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

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

4.14.7 Поставщик должен представить инструкции по монтажу ОКСН, арматуры и муфт, а также стрелы провеса и тяжения в начальном и установившемся режимах для различных климатических условий в соответствии с требованиями к типу ОКСН и в соответствии с Таблицей 4.7.

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

#### **4.15 Требования к аттестации и сертификации ОКСН**

4.15.1 На ОКСН 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 ОКСН, 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 положения**

5.1.1 Приведенные основные методы испытаний ОКСН, 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 ОКСН 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 ОКСН. Соединения ОВ и все крепления (вводы) ОКСН в муфте, а также и элементы, которые могут сместиться должны быть промаркированы. Соединения и элементы, подлежащие маркировке, определяются конкретными конструктивными особенностями ОКСН и муфты.

5.1.5 Измерения затухания при испытаниях проводится на длине волны 1550 нм по ГОСТ Р МЭК 793-1 методом С10А с использованием опорного канала. Допускается проводить измерение методом обратного рассеяния (метод С10В) с использованием оптического рефлектометра с погрешностью не более 0,05 дБ/дБ.

5.1.6 Все измерительное 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 ОКСН**

#### **5.2.1 Проверка конструкции ОКСН**

5.2.1.1 Проверку конструкции и внешнего вида ОКСН 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 ОКСН**

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 ОКСН на стойкость к растяжению**

5.2.3.1 Испытание на стойкость к растяжению проводится в соответствии с [11].

5.2.3.2 Испытание должно проводиться в рекомендованных разработчиком ОКСН натяжных зажимах. Оба конца ОКСН или один из концов ОКСН 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 ОКСН относительно натяжного зажима и смещения ОВ в муфте, до начала испытания должны быть проставлены соответствующие маркеры. Испытания проводятся на образце ОКСН 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.

5.2.3.4 Концы ОКСН 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. В центральной части зоны растяжения устанавливается специальное устройство для измерения удлинения ОКСН. Положение зажимов на кабеле маркируется.

5.2.3.5 При испытаниях 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 ОКСН проводятся в следующей последовательности:

а) нагрузка увеличивается ступенями до МДРН. Величина ступени составляет не более 10 % от МДРН;

Для каждой ступени записываются значения нижеуказанных величин:

– нагрузка и удлинение ОКСН;



- увеличение затухания в ОВ;
- удлинение или напряжение ОВ.

По результатам испытания строится график зависимости удлинения ОКСН от нагрузки и определяется значение начального (монтажного) модуля упругости ОКСН, которое затем сравнивается с расчетной величиной, предоставляемой изготовителем ОКСН.

ОКСН считается выдержавшим испытание, если:

- определенное значение начального (монтажного) модуля упругости не отличается от расчетного значения, представленного изготовителем ОКСН более чем на 10 %;
- увеличение затухания не превышает погрешности измерительного прибора;
- отсутствуют видимые повреждения элементов конструкции ОКСН;
- при МДРН не наблюдалось проскальзывания ОКСН в зажимах, разрушения элементов зажимов;
- удлинение или напряжение ОВ при МДРН не больше указанной величины изготовителем ОКСН;
- отсутствует смещение ОВ в муфте.

б) ОКСН подвергается 50-ти циклам нагрузки-разгрузки от 10% МДРН до МДРН с частотой приблизительно 1-3 цикла в минуту.

В процессе испытания контролируют приращение затухания в ОВ и удлинение ОКСН в следующие моменты времени:

- до приложения нагрузки;
- через 1 мин после достижения ступени нагрузки;
- при 10% от МДРН;
- через 1 мин после выдержки при 10 % от МДРН;
- при МДРН;
- через 1 мин после выдержки при МДРН.

По результатам испытания определяются конечный модуль и сравниваются с расчетной величиной, предоставляемой изготовителем ОКСН.

ОКСН считается выдержавшим испытание, если:

- определенное значение конечного модуля упругости не отличается от расчетного значения, представленного изготовителем ОКСН более чем на 10 %;
- увеличение затухания не превышает погрешности измерительного прибора;
- отсутствуют видимые повреждения элементов конструкции ОКСН;
- при МДРН не наблюдалось проскальзывания ОКСН в зажимах, разрушения элементов зажимов;
- удлинение или напряжение ОВ при МДРН не больше указанной величины изготовителем ОКСН;
- отсутствует смещение ОВ в муфте.

в) Испытание на стойкость к длительным нагрузкам и обрыву ОКСН при растяжении. Испытание проводится в следующем порядке:

- нагрузка поднимается до 70 % от МПР, время выдержки 3 часа, разгрузка;
- нагрузка поднимается до 85 % от МПР, время выдержки 3 часа, разгрузка;
- нагрузка поднимается до МПР.

В процессе испытания контролируют удлинение ОКСН и затухание в ОВ.

ОКСН считается выдержавшим испытание, если:

- разрывная прочность составляет не менее расчетной величины, указанной изготовителем ОКСН и отсутствуют видимые повреждения элементов конструкции ОКСН при нагрузках до 95 % от МПР;
- при нагрузках до 85 % от МПР увеличение затухания не превышает погрешности измерительного прибора.

Зажим считается выдержавшим испытание, если при нагрузках не менее 95 % от МПР не наблюдалось проскальзывания ОКСН в зажимах, разрушения элементов зажимов или их расплетания (для спиральных зажимов).

#### **5.2.4 Испытание ОКСН на стойкость к раздавливанию**

5.2.4.1 Испытание на стойкость к раздавливанию проводят по ГОСТ Р МЭК 794-1 метод Е3, [11].

5.2.4.2 Испытание проводится на образце ОКСН длиной достаточной для проведения испытания, при этом длина измеряемого ОВ должна быть не менее 100 м. Оптические волокна ОКСН должны быть подключены к

испытательному прибору. Допускается соединение оптических волокон шлейфом.

5.2.4.3 Длина участка, подвергаемого раздавливанию 100 мм. Испытание проводится три раза на разных участках ОКСН. Расстояние между соседними участками должно быть не менее 500 мм. При перемещении от одного участка к другому ОКСН не должен вращаться.

5.2.4.4 К каждому испытываемому участку ОКСН прикладывается нагрузка 2,2 кН в течение 1 мин, а затем нагрузка 1,1 кН в течение 10 мин.

5.2.4.5 В процессе испытания контролируют затухания в следующие моменты времени:

- до приложения нагрузки;
- после снятия нагрузки 2,2 кН;
- через каждые 2 мин после достижения нагрузки 1,1 кН;
- через 1 мин после снятия нагрузки 1,1 кН.

5.2.4.6 ОКСН считается выдержавшим испытание, если:

- увеличение затухания не превышает 0,1 дБ в процессе испытаний и не превышает погрешности измерительного прибора после завершения испытаний;
- отсутствуют видимые повреждения оболочки или элементов ОКСН.

## **5.2.5 Испытание ОКСН на стойкость к перекатке на ролике**

5.2.5.1 Испытание выполняется в соответствии с рекомендациями [11].

5.2.5.2 Испытание проводится в рекомендованных для монтажа и эксплуатации натяжных зажимах.

5.2.5.3 Испытание проводится на образце ОКСН длиной не менее 9 м. Натяжные зажимы должны быть смонтированы на расстоянии не менее 3-х метров друг от друга.

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

5.2.5.5 Образец ОКСН монтируется в ролике с углом перегиба 70° с тяжением равным МРН. Диаметр монтажного раскаточного ролика определяется изготовителем ОКСН.

5.2.5.6 Минимум 2-х метровый участок центральной части образца подвергается 120-ти протяжкам через ролик (60 раз в каждом направлении).

Перед первой протяжкой должны быть промаркированы начало, конец и середина данного участка образца ОКСН.

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

5.2.5.8 После завершения испытаний проводится визуальный осмотр испытываемой длины, который устанавливает отсутствие повреждения наружной оболочки ОКСН. Так же проводится разделка образца и осмотр на предмет наличия/отсутствия повреждений внутренних элементов ОКСН.

5.2.5.9 ОКСН считается выдержавшим испытание, если:

- деформация ОКСН не превышает 0,5 мм;
- увеличение затухания не превышает 0,1 дБ в процессе испытаний и не превышает погрешности измерительного прибора после завершения испытаний.

## **5.2.6 Испытание ОКСН на стойкость к воздействию эоловой вибрации**

5.2.6.1 Испытания проводятся в соответствии с [11] в рекомендованных разработчиком ОКСН натяжных зажимах.

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

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

5.2.6.4 Тяжение ОКСН при испытании должно равняться МРН для данного ОКСН.

5.2.6.5 Нагрузка на ОКСН контролируется с помощью динамометра. Для стабилизации тяжения при колебаниях температуры применяются специальные компенсирующие устройства в виде противовеса с грузом. Положение зажимов на ОКСН маркируется.

5.2.6.6 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 спирали зажима на изгибную жесткость ОКСН. Возбудитель вибрации устанавливается в такой точке пролета, чтобы между ним и поддерживающим зажимом укладывалось минимум шесть полуволен вибрации.

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

5.2.6.8 Начальные оптические измерения должны быть сделаны после предварительного натяжения ОКСН 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.

5.2.6.9 В процессе испытаний ОКСН 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 =  $830/\text{диаметр ОКСН в мм} \pm 10$ ). Двойная амплитуда в пучности свободной полуволны вибрации должна соответствовать уровню, равному одной трети диаметра ОКСН  $\pm 10\%$ .

5.2.6.10 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.

5.2.6.11 ОКСН считается выдержавшим испытание, если:

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

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

## **5.2.7 Испытания ОКСН на стойкость к изгибу**

5.2.7.1 Испытания проводят по ГОСТ Р МЭК 794-1 метод Е6, [11] при температуре монтажа указанной изготовителем ОКСН, как правило не выше минус 10 °С (предпочтительнее минус 30 °С).

5.2.7.2 Специальное устройство обеспечивает двухсторонние изгибы ОКСН на угол  $\pm 90^\circ$  при одновременном воздействии растягивающего усилия. Диаметр ролика должен быть меньше чем или равным 20-ти внешним диаметрам ОКСН либо равняться диаметру статического изгиба, устанавливаемому изготовителем ОКСН. Перевод ОКСН из вертикального положения в крайнее правое положение и с последующим переводом его в крайнее левое положение с возвратом в исходное вертикальное положение считается одним циклом. Скорость движения поворотного плеча - не менее  $30 \pm 1$  циклов/мин. Всего должно быть сделано 25 циклов.

5.2.7.3 Оптические волокна ОКСН должны быть подключены к испытательному прибору. Допускается соединение ОВ шлейфом. Затухание в ОВ контролируют на протяжении всего испытания.

5.2.7.4 ОКСН считается выдержавшим испытание, если:

- увеличение затухания не превышает 0,1 дБ в процессе испытаний и не превышает погрешности измерительного прибора после завершения испытаний;
- овальность оптического сердечника не превышает допустимой овальности, установленной изготовителем ОКСН;
- отсутствуют видимые повреждения элементов конструкции ОКСН.

## 5.2.8 Испытание ОКСН на вытяжку

Согласно [9] испытания на вытяжку ОКСН должны проводиться в соответствии с методикой и требованиями, описанными в [13].

5.2.8.1 Подготовка к испытаниям

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

5.2.8.1.2 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 ОК;

$a$  – расстояние между местом закрепления ОКСН в зажиме до начала испытываемого участка кабеля.

5.2.8.1.3 После вырезания образца ОКСН от строительной длины он должен находиться в максимально выпрямленном состоянии.

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

5.2.8.1.5 Испытание должно проводиться при температуре образца равной  $23 \pm 5$  °С. В ходе эксперимента измерение температуры образца должно осуществляться в его середине. В случае изменения температуры в процессе испытаний значения удлинения ОКСН должны быть скорректированы с учетом изменения температуры.

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

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

#### 5.2.8.2 Проведение испытаний

5.2.8.2.1 Подготовленный образец должен быть помещен в установку для испытаний на вытяжку. Приложение нагрузки должно быть плавным в течение 5 мин  $\pm 10$  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.

5.2.8.2.2 Согласно [1], в ходе испытаний на вытяжку ОКСН, тяжение должно составлять 50 % от МДРН или допустимому монтажному тяжению. Изготовитель ОКСН при наличии обоснования может рекомендовать иные значения тяжений при испытании на вытяжку.

5.2.8.2.3 Результаты измерения температуры и вытяжке ОКСН 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 ОКСН.

5.2.8.2.4 Рекомендуемое время фиксации удлинения ОКСН 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  $\Delta$  – постоянная величина, таким образом, при проведении 10-ти последовательных фиксаций удлинения время увеличится в 10 раз (например, 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.

### 5.2.8.3 Обработка результатов

5.2.8.3.1 Результатом испытаний является характеристика  $\log$  значения вытяжки от  $\log$  значения времени.

5.2.8.3.2 Характеристика вытяжки полученная в ходе испытаний в течение 1000 ч может и должна быть приведена к вытяжке ОКСН 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  $\varepsilon_c$  – это удлинение в % вызванное вытяжкой;

$t$  – время в часах от начала эксперимента;

$a, b$  – безразмерные коэффициенты.

Характеристика зависимости вытяжки от времени для ОКСН, 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.

5.2.8.3.3 Результатом обработки испытаний являются:

- значения коэффициентов  $a, b$ ;
- номинальная температура образца во время испытаний и максимальные её отклонения;
- результат пересчета вытяжки на время 25 лет;
- построенная характеристика «нагрузка-удлинения» ОКСН и определенное по этой характеристике значение модуля упругости ОКСН после вытяжки.



5.2.8.4 ОКСН считается выдержавшим испытания, если определенное значение модуля упругости после вытяжки не отличается от расчетного значения, представленного изготовителем ОКСН более чем на 10 %.

### **5.2.9 Испытание на стойкость ОКСН к галопированию (пляске)**

5.2.9.1 Испытания ОКСН проводят в соответствии с [11] в рекомендованных изготовителем ОКСН натяжных зажимах. Оба конца кабеля или один из концов кабеля в зависимости от метода контроля оптического затухания должны быть смонтированы в муфте, рекомендованной для монтажа и эксплуатации

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

5.2.9.3 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 ОКСН под воздействием растягивающей нагрузки ОКСН с обоих концов должен быть свернут в петли диаметром  $1 \div 1,5$  м до момента нагружения.

5.2.9.4 Тяжение ОКСН при проведении испытания должно быть не меньше 50 % от МРН и/или не больше чем 500 кг. Для некоторых типов конструкций ОКСН, чтобы вызвать пляску, тяжение может быть снижено до 250 кг.

5.2.9.5 Примерно на равных расстояниях от натяжных зажимов должен быть смонтирован поддерживающий зажим. Высота крепления поддерживающего зажима должна быть такой, чтобы статический угол прогиба ОКСН относительно горизонтали не превышал  $1^\circ$ .

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

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

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

5.2.9.9 Прежде чем к ОКСН будет приложено окончательное тяжение, должно быть сделано начальное измерение затухания сигнала в ОВ при тяжении равном примерно 5 % от МРН.

5.2.9.10 ОКСН должен быть подвергнут минимум 100 000 циклам галопирования. Частота колебаний должна соответствовать резонансной частоте галопирования кабеля с одной полуволной. Двойная амплитуда одной

полуволны колебаний в активном пролете должна поддерживаться на уровне  $1/25$  длины активного пролета. Положение зажимов на ОКСН маркируется.

5.2.9.11 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.

5.2.9.12 По окончании испытания на пляску участок ОКСН, находящийся в активном пролете должен быть натянут с тяжением равным МДРН. Коэффициент затухания при этом должен быть не более погрешности измерительного прибора.

5.2.9.13 ОКСН считается выдержавшим испытание, если:

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

### **5.2.10 Испытание ОКСН на стойкость к осевым закручиваниям**

5.2.10.1 Стойкость ОКСН к осевым закручиваниям проверяется в соответствии с ГОСТ Р МЭК 794-1 метод Е7, [11].

5.2.10.2 Испытания проводятся на образце ОКСН длиной не более 4м. Количество циклов проводимого испытания – 10. Оптические волокна ОКСН должны быть подключены к испытательному прибору. Допускается соединение оптических волокон шлейфом.

5.2.10.3 ОКСН считается выдержавшим испытание, если:

- увеличение затухания не превышает 0,1 дБ в процессе испытаний и не превышает погрешности измерительного прибора после завершения испытаний;
- отсутствуют видимые повреждения элементов конструкции ОКСН.

### **5.2.11 Испытание ОКСН на стойкость к ударам**

5.2.11.1 Стойкость к ударам проверяется в соответствии с ГОСТ Р МЭК 794-1 (метод Е4) и [11].

5.2.11.2 Радиус ударной поверхности должен быть 10 мм или 300 мм.

5.2.11.3 Энергия удара для радиуса 300 мм должна быть 10 Дж и 3 Дж для радиуса 10 мм.

5.2.11.4 ОКСН подвергается по одному ударному воздействию в трех точках, при этом точки ударного воздействия должны быть удалены друг от друга на расстоянии не менее 500 мм.

5.2.11.5 Оптические волокна ОКСН должны быть подключены к испытательному прибору. Допускается соединение оптических волокон шлейфом.

5.2.11.6 ОКСН считается выдержавшим испытание, если:

– увеличение затухания не превышает 0,1 дБ в процессе испытаний и не превышает погрешности измерительного прибора после завершения испытаний;

– отсутствуют необратимые повреждения элементов конструкции ОКСН (трещины, разрывы оболочки).

### **5.2.12 Испытания ОКСН на трекингостойкость**

В п. 5.2.12.1 приведена традиционная методика испытаний, позволяющая определить трекингостойкость наружной оболочки ОКСН под влиянием электрических процессов эрозии в условиях загрязнения путем создания соляного тумана.

В п. 5.2.12.2 приведена рекомендуемая методика испытаний, позволяющая определить трекингостойкость ОКСН с учетом влияния различных уровней загрязнения атмосферы на трекингостойкость наружной оболочки ОКСН при условии обеспечения соответствия эксперимента параметрам степеней загрязнения по их действующей классификации согласно главе 1.9 [8].

Допускается использовать результаты и данные испытаний, проводимых изготовителем материала наружной оболочки ОКСН при условии обеспечения условий испытаний в соответствии параметрам степеней загрязнения по действующей классификации согласно главе 1.9 [8].

5.2.12.1 Испытания производятся в соответствии с методикой, приведенной в разделе С2 [9], ГОСТ 27474.

5.2.12.1.1 Подготовка к испытаниям.

5.2.12.1.1.1 Для испытаний используется образец, края которого загерметизированы.

5.2.12.1.1.2 После герметизации образец должен быть жестко горизонтально закреплен в камере, что позволит приблизить условия

эксперимента к его реальному состоянию в эксплуатации под воздействием растягивающей нагрузки.

5.2.12.1.1.3 Расстояние от образца до электродов должно быть достаточным для исключения возникновения прямых разрядов на образец. Как правило, достаточным критерием для определения требуемого расстояния является соблюдение условия не менее 25 мм/кВ.

5.2.12.1.1.4 Способ крепления образца должен быть идентичен предполагаемому к применению на практике, например – с использованием спиральной арматуры. Тяжение должно быть выбрано таким образом, чтобы вытяжка на время проведения испытаний не привела к существенному уменьшению тяжения ОКСН. Рекомендуется осуществлять проверку тяжения каждые 100 ч. В случае если тяжение изменилось более чем на 10 % от изначального, ОКСН должен быть подтянут до начального значения тяжения.

5.2.12.1.1.5 Соляной раствор должен расплыться в камере достаточным числом форсунок (не менее 1 форсунки на 2 м<sup>3</sup> пространства камеры). Соляной раствор готовится как 10±0,5 кг хлорида натрия на 1000 л дистиллированной и деионизированной воды. Используемые форсунки должны позволять получать капли размером от 5 до 20 мкм и обеспечивать расход раствора 0,4±0,1 л/час на 1 м<sup>3</sup> пространства камеры. Как правило, эти параметры достигаемы посредством подачи в форсунки раствора под давлением 3,3 Бар. Форсунки должны быть равномерно расположены в камере и позволять создавать соляной тумана равной концентрации по всей камере. Струи распыляемого раствора не должны быть направлены непосредственно на образец. Для обеспечения естественного выпуска воздуха в стене камеры должно быть предусмотрено отверстие сечением не менее 80 мм<sup>2</sup>.

5.2.12.1.1.6 Для питания должен быть использован испытательный трансформатор промышленной частоты с действующим значением 250 мА и уставкой отключения 1 А. Расстояние от ОКСН до земли должно быть не менее 300 мм.

#### 5.2.12.1.2 Проведение испытаний

5.2.12.1.2.1 После подвески и приложения к ОКСН растягивающей нагрузки, он должен быть протерт влажным хлопчато-бумажным или бумажным полотенцем и подвергнут воздействию соляного тумана.

5.2.12.1.2.2 После проверки требуемого размера капель, однородности тумана внутри камеры и расстояния между электродами к ним в течение 1000 часов должно быть приложено напряжение.

5.2.12.1.2.3 Для ОКСН, предполагаемых к эксплуатации в условиях повышенного трекингообразования за счет высокого уровня наведенного

потенциала или высокой концентрации загрязняющих веществ, уровень напряжений должен быть 3 кВ/см между электродами.

5.2.12.1.2.4 Соляной раствор не может быть использован многократно. Прерывания испытания для выполнения проверок допустимы при условии их длительности не более 15 минут и периодичности не чаще 24 ч.

5.2.12.1.3 ОКСН считается прошедшим испытание если:

– после окончания испытания, внешний осмотр образца не выявляет участков с повреждением оболочки, которое оголяет внутренние материалы ОКСН как по всей длине образца, так и в районе зажимов;

– следы трекинга должны наблюдаться не более чем на 30 % от изначальной толщины оболочки. Измерения должны проводиться калиброванным толщиномером по поперечному срезу образца.

5.2.12.2 Испытания производятся в соответствии с методикой, представленной в разделе С3 [9].

5.2.12.2.1 Подготовка к испытаниям.

5.2.12.2.1.1 Для проведения испытания используется образец ОКСН длиной 50 см. Концы образца должны быть загерметизированы.

5.2.12.2.1.2 В центральной части образца крепятся два электрода из алюминиевой фольги на расстоянии 100 мм друг от друга. Рекомендуется использовать фольгу, предназначенную для бытового или промышленного применения. Также, допускается использовать любые другие металлические электроды той же формы и размеров. Электроды должны иметь трапециевидную форму и обернуты вокруг ОКСН.

5.2.12.2.1.3 Автотрансформатор Х1 (см. рисунок 5.2.10) контролирует напряжение первичной обмотки высоковольтного трансформатора Х2. Возможны другие исполнения системы питания при условии обеспечения возможности подачи и регулировки напряжения на ограничивающем сопротивлении до 40 кВ.

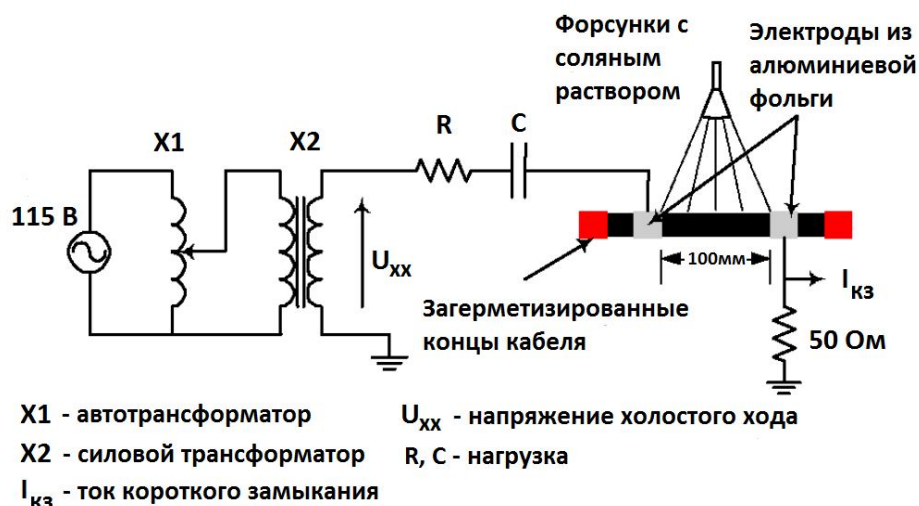


Рисунок 5.2.10 Схема установки для испытаний

5.2.12.2.1.4 Нагрузка состоит из резистора  $R$  с подключенным последовательно конденсатором  $C$ . Это сопротивление определяется отношением напряжения трекинга в режиме XX (т. е., при погашенной дуге) к току КЗ дуги (ток в слое загрязнения непосредственно перед образованием дуги). Резистор в 50 Ом служит в качестве миллиамперметра.

5.2.12.2.1.5 Допускается использовать множество образцов ОКСН в случае если каждый из них будет подключен к  $U_{XX}$  через RC-контур.

5.2.12.2.1.6 Соляной раствор смешивается в пластиковой полости, которая также используется как резервуар для хранения. Насос качает раствор через контур с клапаном управления потоком, фильтром, измерителем расхода жидкости к дождевыми форсункам. После распыления раствор собирается в форме из нержавеющей стали и стекает обратно в резервуар. Расход и концентрация раствора должны оставаться постоянными в течение всего времени испытания.

5.2.12.2.1.7 Концентрация раствора должна составлять 1 % (Необходимо подождать 12 ч после добавлении соли в воду, чтобы позволить ей раствориться полностью). Концентрацию раствора следует проверять каждые 24 ч, чтобы убедиться что её значение не менее 1 %.

5.2.12.2.1.8 Расход раствора должен составлять от 2-3 л в минуту.

5.2.12.2.2 Метод испытаний.

5.2.12.2.2.1 Осуществляется подбор значений  $R_{ЭКВ}$ ,  $C_{ЭКВ}$  и  $U_{XX}$ . Значения  $R_{ЭКВ}$  и  $C_{ЭКВ}$  характеризуют соответствующую степень загрязнения и должны быть приведены к существующей классификации степеней загрязнения, представленных в главе 1.9 [8]. В качестве  $U_{XX}$  выбирается значение наведенного потенциала.

5.2.12.2.2 Образец ОКСН подвергается повторяющимся циклам опрыскивания соляным раствором с последующим естественным высушиванием. Образцы опрыскиваются в течение 2 минут и затем сушатся в течение 13 минут. В течение периода высушивания на поверхности ОКСН будут иметь место дуговые разряды. Испытания проводятся при комнатных влажности и температуре.

5.2.12.2.3 ОКСН считается выдержавшим испытание, если:

– дуговые разряды (трекинги) не привели к эрозии оболочки ОКСН после проведения 300 циклов распыления в условиях, соответствующих заданному району по загрязнению.

– следы трекинга должны наблюдаться не более чем на 30 % от изначальной толщины оболочки. Измерения должны проводиться калиброванным толщиномером по поперечному срезу образца.

### **5.2.13 Испытания на стойкость к воздействию УФ - излучения**

5.2.13.1 Испытания проводят по ГОСТ 20.57.406 (метод 211-1) на ОКСН, длиной не менее 10 м свернутом в бухту с внутренним радиусом не менее 20 диаметров кабеля.

5.2.13.2 ОКСН считается выдержавшим испытание, если при осмотре оболочки кабеля без применения увеличительных приборов отсутствуют трещины и иные повреждения.

5.2.13.3 Допускается использовать результаты и данные испытаний, проводимых изготовителем материала наружной оболочки ОКСН.

### **5.2.14 Испытания на стойкость ОКСН к циклическому воздействию температур**

5.2.14.1 Испытание на стойкость ОКСН к циклическому воздействию температур проводят в соответствии с ГОСТ Р МЭК 794-1 (метод F1), [11,12]. Испытания должны проводиться со смонтированными муфтами.

5.2.14.2 Длина образца ОКСН должна быть не менее 500 м.

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

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

5.2.14.5 Оптические волокна ОКСН должны быть подключены к измерительному прибору. Допускается соединение оптических волокон шлейфом.

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

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

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

- температура в камере понижается до температуры окружающей среды.

5.2.14.7 В процессе испытания контролируют затухания в следующих точках:

- до начала воздействия - по окончании предварительной выдержки;
- во время воздействия – в начале и в конце температурного режима в максимальных точках каждого цикла;

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

5.2.14.8 ОКСН считается выдержавшим испытание, если:

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

- отсутствует смещение ОВ или элементов ОКСН внутри муфты.

### **5.2.15 Испытание ОКСН на стойкость к продольному проникновению воды**

5.2.15.1 Испытания ОКСН на стойкость к продольному проникновению воды должны проводиться в соответствии с [12], метод F5B.

5.2.15.2 Испытания проводят на образце ОКСН длиной не более 3м. ОКСН располагают горизонтально и столб воды высотой не менее 1 м должен давить на оптический сердечник в течение 24 ч при температуре +20 °С ± 5 °С.

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

5.2.15.4 ОКСН считается выдержавшим испытание, если отсутствует проникновение воды через оптический сердечник или оптический модуль



кабеля. Если используется флуоресцентный краситель, то для осмотра ОКСН может быть применен источник ультрафиолетового света.

### **5.3 Методы испытаний муфт для ОКСН**

#### **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 ОКСН: 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 муфты к воздействию вибрационных нагрузок**

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

5.3.2.1 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.

5.3.2.2 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 кабеля подключить к измерительным приборам. Допускается соединение всех ОВ в шлейф. Оптические измерения должны вестись непрерывно в течение всего испытания.

5.3.2.3 Муфта считается выдержавшей испытание, если:

- нет смещения и ослабления резьбовых соединений;
- смещения элементов муфты и ОКСН;

- нет обрывов ОВ и увеличения величины затухания не более чем на 0,05 дБ.
- 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 ОКСН к кручению и на изгиб**

5.3.4.1 Испытание на стойкость заделки выходящих концов ОКСН к кручению проводят на муфте, находящейся под избыточным давлением 0,5 атм. (0,5 кгс/см<sup>2</sup>). Испытательный цикл состоит из кручения ОКСН 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 ОКСН на изгиб проводят на муфте, находящейся под избыточным давлением 0,5 атм. (0,5 кгс/см<sup>2</sup>). Муфту закрепляют на столе в горизонтальном положении. К концу ОКСН, 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 ОКСН 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 кабеля подключить к измерительным приборам. Допускается соединение всех ОВ в шлейф.

5.3.4.5 В процессе испытания контролируют затухания в следующие моменты времени:

- до начала воздействия каждого испытания;
- после окончания каждого испытания.

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

- разгерметизации муфты (см. 5.3.1);
- нет смещения и ослабления резьбовых соединений;
- смещения элементов ОКСН;
- смещения ОВ внутри муфты;
- увеличение затухания в ОВ более погрешности измерительного прибора.

### **5.3.5 Испытание на прочность заделки ОКСН в муфте**

5.3.5.1 Для контроля отсутствия смещения ОКСН относительно муфты и смещения ОВ в муфте, до начала испытания должны быть проставлены соответствующие маркеры.

5.3.5.2 Муфта испытывается на горизонтальной площадке, тяжение прикладывается только к одному ОКСН и плавно увеличивается в процессе испытания, пока не достигнет 115 кг или пока не будут обнаружены сдвиги промаркированных частей или повреждения деталей самой муфты.

5.3.5.3 Далее нагрузку плавно увеличивают до 500 кг или пока не будут обнаружены сдвиги промаркированных частей или повреждения деталей самой муфты. Полученные значения являются информационными.

5.3.5.4 Муфта считается выдержавшей испытание, если не произошло её разгерметизации (см. 5.3.1) и сдвига маркированных частей при нагрузке 115 кг.

### **5.3.6 Испытания на стойкость муфты к воздействию дождя**

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

- температура в камере повышается до +70 °С и выдерживается 3 часа;
- 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 наличия воды внутри муфты.

5.3.6.5 Муфта считается выдержавшей испытание, если:

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

### **5.3.7 Испытание на стойкость муфты к воздействию соляного тумана**

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 (см. 5.3.1).

## 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. Правила Устройства Электроустановок (ПУЭ) – 7 издание. Утверждены приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.
9. МЭК 60794-4-20-2012. Кабели волоконно-оптические. Часть 4-20. Подвесные волоконно-оптические кабели вместе с линиями электропередачи. Групповые технические условия для волоконно-оптических (полностью диэлектрических самоподдерживающихся) кабелей. (IEC 60794-4-20-2012 Optical fiber cables. Part 4-20. Aerial optical cables along electrical power lines. Family specification for ADSS (All Dielectric Self Supported) optical cables.).
10. ОСТ.45.02-97 Знак соответствия. Порядок маркирования технических средств электросвязи. Введен в действие 01.01.1998 г. информационным письмом Госкомсвязи России № 6249 от 24.11.97.

11. IEEE 1222-2011 Испытания и характеристики оптического кабеля самонесущего неметаллического (ОКСН), предназначенного для применения на линиях электропередач. (IEEE 1222-2011. IEEE Standard for Testing and Performance for All-Dielectric Self-Supporting (ADSS) Fiber Optic Cable for Use on Electric Utility Power Lines, 2011).

12. 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).

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