ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р МЭК 60793-1-44— 2013**

# ВОЛОКНА ОПТИЧЕСКИЕ

## Часть 1-44

## Методы измерений и проведение испытаний

## Длина волны отсечки

**IEC 60793-1-44:2011**
**Optical fibres – Part 1-44: Measurement methods and test procedures – Cut-off wavelength**
**(IDT)**

**Издание официальное**

**Москва**
**Стандартинформ**
**2014**

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности (ОАО «ВНИИКП») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 46 «Кабельные изделия»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06 сентября 2013 г. № 911-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 60793-1-44:2011 «Волокна оптические. Часть 1-44. Методы измерений и проведение испытаний. Длина волны отсечки» (IEC 60973-1-44:2011 «Optical fibres – Part 1-44: Measurement methods and test procedures – Cut-off wavelength»).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок – в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.ru)*

© Стандартинформ, 2014

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

# ВОЛОКНА ОПТИЧЕСКИЕ

## Часть 1-44

## Методы измерений и проведение испытаний. Длина волны отсечки

Optical fibres. Part 1-44. Measurement methods and test procedures. Cut-off wavelength

**Дата введения —2015—01—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает единые требования к измерению длины волны отсечки одномодового оптического волокна (далее – волокно), таким образом содействуя оценке пригодности волокон и кабелей для использования их в коммерческих целях.

В настоящем стандарте указаны методы измерения длины волны отсечки оптического волокна и кабеля.

Для измерения кабельной длины волны отсечки $\lambda_{cc}$ применяют два метода:

- метод А – с использованием отдельного волокна (не встроенного в кабель);
- метод В – с использованием волокна, помещенного в кабель.

Для измерения волоконной длины волны отсечки $\lambda_c$ используют только один метод (метод С).

Метод испытания в настоящем стандарте описывает процедуры для определения длины волны отсечки образца волокна либо в отдельном состоянии ($\lambda_c$), либо помещенного в кабель ($\lambda_{cc}$). В настоящем стандарте приведены три стандартные конфигурации: любая другая конфигурация будет указана в подробной спецификации на волокно/кабель. Эти процедуры применяют ко всем категориям волокон классов В и С (см. нормативные ссылки).

Во всех методах требуется проведение эталонного измерения. Существуют две методики эталонного сканирования, любая из которых может быть применена во всех методах:

- методика эталонного изгиба;
- методика с использованием многомодового волокна категории А1, принимаемого за эталонное.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие международные стандарты[1)]:

МЭК 60793-1-1 Волокна оптические. Часть 1-1. Методы измерений и проведение испытаний. Общие положения и руководство (IEC 60793-1-1 Optical fibres – Part 1-1: Measurement methods and test procedures – General and guidance)

МЭК 60793-1-40 Волокна оптические. Часть 1-40. Методы измерений и порядок проведения испытаний. Затухание (IEC 60793-1-40 Optical fibres – Part 1-40: Measurement methods and test procedures –Attenuation)

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт

[1)] Следует применять последние издания указанных стандартов, включая все последующие изменения.

отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

## 3 Предварительная информация

Теоретическое значение длины волны отсечки – это наименьшее значение длины волны, при котором только основная мода может распространяться в одномодовом волокне, рассчитываемое из профиля показателя преломления волокна.

В оптических волокнах переход из многомодового режима в одномодовый осуществляется не на одной изолированной длине волны, а равномерно на диапазоне длин волн. Для определения рабочих характеристик волокна в телекоммуникационных сетях теоретическое значение длины волны отсечки менее полезно, чем меньшее реально измеренное значение, полученное на проложенном волокне.

Измеренную длину волны отсечки определяют как значение длины волны, большее значения длины волны, при котором отношение между общей мощностью, включая возбужденные моды более высокого порядка, и мощностью основной моды уменьшается менее чем до 0,1 дБ. В соответствии с этим определением на длине волны отсечки мода второго порядка ($LP_{11}$) затухает на 19,3 дБ больше основной моды ($LP_{01}$).

Поскольку измеренное значение длины волны отсечки зависит от длины и изгибов волокна, результирующее значение длины волны отсечки зависит от того, заключено ли волокно в кабеле или является коротким отдельным отрезком волокна. Следовательно, существуют два общих типа длины волны:

- кабельная длина волны отсечки, измеряемая на отдельном волокне (метод А) или волокне, заключенном в кабель (метод В);
- волоконная длина волны отсечки, измеряемая на коротком отрезке отдельного волокна с первичным покрытием.

Кабельная длина волны отсечки представляет собой предпочтительную характеристику, которую измеряют и указывают в подробной спецификации на волокно/кабель.

## 4 Обзор методов

Все вышеуказанные методы основаны на методе передаваемой мощности, заключающемся в измерении изменения при изменении длины волны передаваемой мощности испытуемого волокна по сравнению с эталонным сканированием зависимости передаваемой мощности от длины волны. Эталонное сканирование нормирует флуктуации, зависящие от длины волны, в измерительном оборудовании в целях соответствующего определения моды $LP_{11}$ и точного определения длины волны отсечки.

Для получения эталонного сканирования применяют одну из двух методик:

- с использованием образца с дополнительным изгибом меньшего радиуса;
- с использованием отдельного многомодового волокна категории А1.

При проведении данной процедуры определяют длину волны отсечки образца волокна, либо помещенного в кабель, либо расположенного отдельно. Для каждого метода установлена своя стандартная конфигурация; конфигурация, отличающаяся от стандартной, будет указана в подробной спецификации на волокно/кабель.

Волоконная длина волны отсечки $\lambda_c$, измеряемая при стандартной длине и условиях изгиба, указанных в настоящем стандарте, как правило, больше чем $\lambda_{cc}$. При стандартном расположении отрезков кабеля измеренное значение $\lambda_c$,как правило, превышает передающую длину волны системы. Следовательно, кабельная длина волны отсечки представляет собой более полезную характеристику функциональных возможностей системы.

В коротких кабелях, например пигтейле меньшей длины (и, возможно, с большим радиусом изгиба), чем указано в данном методе, может возбуждаться модовый шум в области значений длин волн, близких к длине волны отсечки при наличии в составе кабеля неразъемных соединений, вносящих шумы более 0,5 дБ.

## 5 Отображающие функции

Отображающая функция представляет собой формулу, которая с использованием измеренных значений для одного типа длины волны отсечки позволяет прогнозировать значения для другого типа длины волны отсечки.

Эмпирическая отображающая функция индивидуальна для конкретного типа и конструкции волокна. Формируют отображающую функцию путем проведения опыта, для которого отбирают образцы волокна, представляющие спектр значений длин волн отсечки для данного типа волокна, затем измеряют значения, используя два метода, для которых нужно построить отображающую функцию. Линейная регрессия соответствующих значений часто позволяет построить удовлетворительную отображающую функцию. При установлении критерия для выбора волокна учитывают остаточные погрешности регрессии.

Потребитель и изготовитель должны достигнуть согласия относительно степени достоверности каждой установленной отображающей функции.

## 6 Эталонный метод испытаний

Метод А для кабельной длины волны отсечки, при котором используется отдельное волокно, принят в качестве эталонного метода испытания (RTM). Этот метод применяют при разрешении спорных ситуаций.

Испытательное оборудование для каждого метода указано в разделе 7.

## 7 Испытательное оборудование

### 7.1 Источник излучения

Используют источник отфильтрованного белого света с шириной линии не более 10 нм, стабильный по положению и интенсивности излучения. Источник света должен функционировать в диапазоне длин волн 1000 – 1600 нм, соответствующем диапазону большинства волокон класса В. Возможность функционирования источника света в диапазоне 800 – 1700 нм предусматривают для некоторых волокон категорий В4 и В5 или некоторых волокон класса С.

### 7.2 Модуляция

Световое излучение источника модулируют в целях предотвращения влияния рассеянного света на результаты испытания и содействия в восстановлении сигнала. Для этих целей используют механический модулятор с эталонным выходным сигналом.

### 7.3 Оптика возбуждения

Оптику возбуждения, например систему линз или многомодовое волокно, используют для переполнения испытуемого волокна сверх полного диапазона измеряемых длин волн. Данное возбуждение относительно нечувствительно к положению входного торцевого конца одномодового волокна и достаточно для возбуждения в образце основной моды и мод более высокого порядка.

При использовании многомодового волокна переполнение эталонного волокна может вызывать нежелательный волновой эффект в области спектра передаваемой мощности. Возбуждение ограничивают для исключения волнового эффекта. Один пример ограниченного возбуждения представлен в методе А, затухание в волокне методом его обрыва – в МЭК 60793-1-40. Другим примером ограничения возбуждения служит использование модового фильтра в виде оправки с намотанным на него волокном с достаточным вносимым затуханием (приблизительно 4 дБ).

### 7.4 Оборудование для поддержки и позиционирования образца

Обеспечивают устойчивое положение входного и выходного концов образца во время проведения испытания. Для этого могут быть использованы вакуумный держатель, магнитный держатель или соединители. Концы волокна поддерживают таким образом, чтобы они могли неоднократно располагаться в оптике возбуждения и детектирования. При измерении $\lambda_{cc}$ по методу В обеспечивают соответствующую поддержку концов кабеля.

### 7.5 Фильтр оболочечных мод

Принимают меры для удаления из образца мощности оболочечных мод. При некоторых обстоятельствах покрытие волокна выполняет эту функцию, в противном случае, должны быть применены

методы или устройства для извлечения мощности оболочечных мод на входном и выходном концах волокна.

### 7.6 Оправка для размещения волокна

#### 7.6.1 Общие положения

Обеспечивают устойчивое положение входного и выходного концов образца во время проведения измерения. Концы волокна поддерживают таким образом, чтобы они могли неоднократно и устойчиво располагаться по отношению к оптике возбуждения и детектирования, при этом в образце не должно возникать микроизгибов.

Размещение и длина образца, а также оборудование для поддержки волокна являются ключевыми элементами метода измерений. Они характеризуют типы длины волны отсечки.

Дополнительно могут быть использованы альтернативные способы размещения волокна, если полученные опытным путем результаты эквивалентны результатам, полученным при стандартном размещении в пределах 10 нм, или они больше значений, полученных при стандартных конфигурациях.

#### 7.6.2 Кабельная длина волны отсечки. Метод А

На каждом конце образца образуют петлю диаметром 80 мм и петлю диаметром более или равным 280 мм в центральной части образца (рисунок 1).

Примечание — Две петли на одном конце могут быть заменены на одну петлю на каждом конце.

#### 7.6.3 Кабельная длина волны отсечки. Метод В

На каждом конце образца образуют петлю диаметром 80 мм (рисунок 2).

Примечание — Две петли на одном конце могут быть заменены на одну петлю на каждом конце.

#### 7.6.4 Волоконная длина волны отсечки. Метод С

Используют круглую оправку для первоначального размещения волокна для измерения длины волны отсечки ( рисунок 4а). В качестве альтернативы для размещения волокна используют разрезную, полукруглую оправку радиусом 140 мм, части которой могут перемещаться, не допуская провисания волокна (рисунки 3 и 4b).

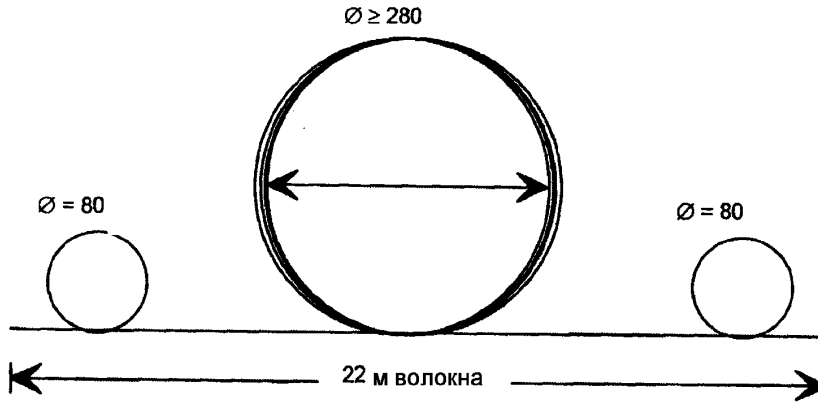



Рисунок 1 – Размещение кабеля для измерения длины волны отсечки по методу А

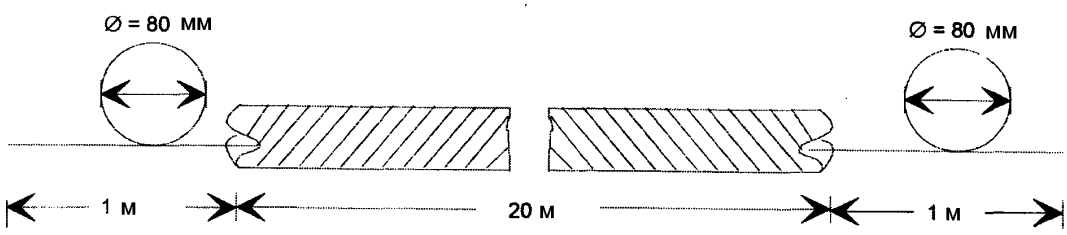



Рисунок 2 – Размещение кабеля для измерения длины волны отсечки по методу В

Примечание — Допускается минимальный изгиб кабеля, достаточный для соединения двух концов целого образца с измерительным устройством.

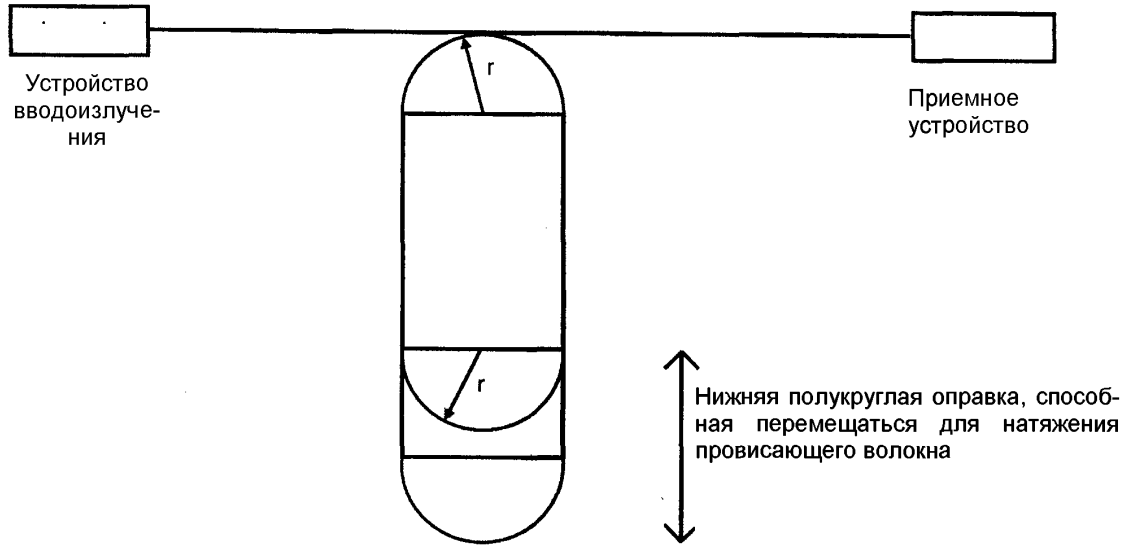
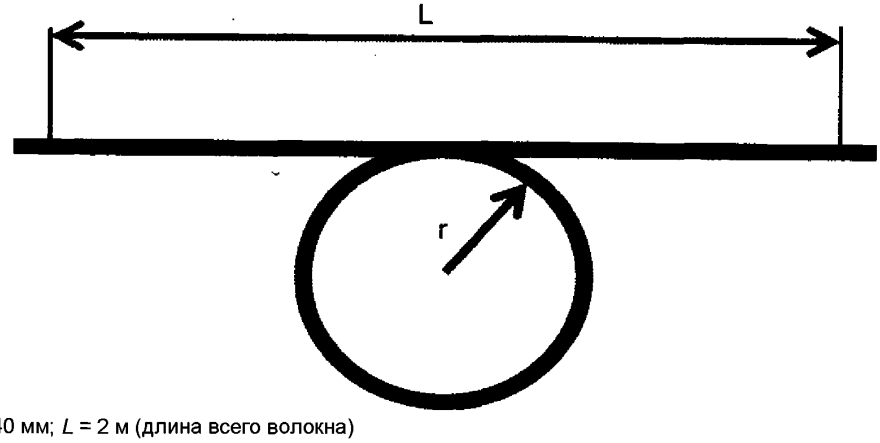
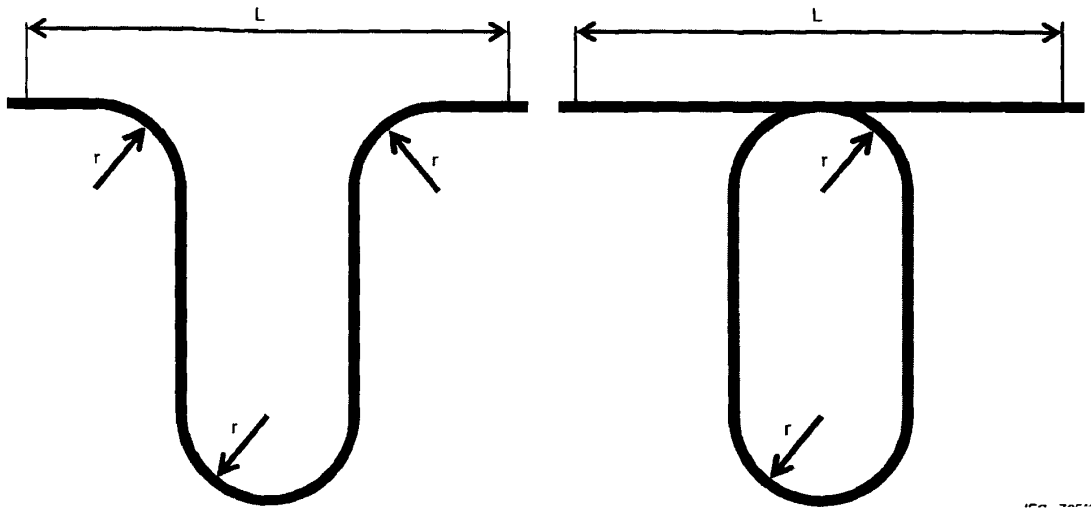



Рисунок 3 – Размещение волокна по умолчанию для измерения $\lambda_c$




$r$ = 140 мм; $L$ = 2 м (длина всего волокна)

Рисунок 4а – Исходное размещение волокна для измерения длины волны отсечки. Круглая оправка




$r$ = 140 мм; $L$ = 2 м (длина всего волокна)

Рисунок 4b – Альтернативное размещение волокна для измерения длины волны отсечки. Разрезная оправка

Рисунок 4 – Размещение волокна для измерения длины волны отсечки

### 7.7 Оптика обнаружения сигнала

Вся мощность из образца передается в активную область детектора. Для этой цели используют, например, систему оптических линз, стыковое неразъемное соединение с многомодовым волокном, присоединенное к детектору с помощью пигтейла, или прямое соединение.

### 7.8 Узел детектора и электроника обнаружения сигнала

Используют детектор, чувствительный к выходному излучению в диапазоне измеряемых длин волн и линейный в диапазоне значений интенсивности излучения. Типовая система может состоять из германиевого или InGaAs (индий-галлий-мышьяк) фотодиода, работающего в фотогальваническом режиме, и токочувствительного предусилителя с синхронным детектированием с помощью встроенного усилителя. В общем случае для анализа данных требуется компьютер.

## 8 Отбор и подготовка образцов

### 8.1 Длина образца

Выбирают образец длиной в соответствии с измеряемым параметром и, если измеряемый параметр – это кабельная длина волны отсечки, то и в соответствии с используемым методом измерения (см. соответствующее приложение А или В для измерения кабельной длины волны отсечки или приложение С для измерения волоконной длины волны отсечки).

### 8.2 Торцевая поверхность образца

Подготавливают плоскую торцевую поверхность, перпендикулярную к оси волокна, на входном и выходном концах каждого образца.

## 9 Проведение испытания

### 9.1 Позиционирование образца в испытательном оборудовании

**9.1.1 Общие требования для всех методов**

Входной и выходной концы образца располагают на одной линии

с оптикой возбуждения и детектирования. Во время проведения измерения условия возбуждения и детектирования не изменяют.

Если не указано иное, то при установке образца в испытательное оборудование и при использовании фильтра оболочечных мод стараются избегать любых дополнительных изгибов волокна с диаметром изгиба, меньшим указанных в требованиях к конфигурации для конкретного измерения.

**9.1.2 Требования к размещению волокна для каждого метода**

Образец размещают в соответствии с разделом 7:

- кабельная длина волны отсечки, метод А (приложение А);
- кабельная длина волны отсечки, метод В (приложение В);
- волоконная длина волны отсечки, метод С (приложение С).

### 9.2 Измерение выходной мощности

**9.2.1 Обзор**

Регистрируют значения выходной мощности $P_s(\lambda)$ в диапазоне длин волн с приращением 10 нм или менее. Диапазон должен быть достаточно широким для охвата ожидаемого значения длины волны отсечки. По данным значениям, как указано ниже, строят кривую, подобную изображенной на рисунке 5 (используя методику эталонного изгиба) или рисунке 6 (используя методику эталонного многомодового волокна).

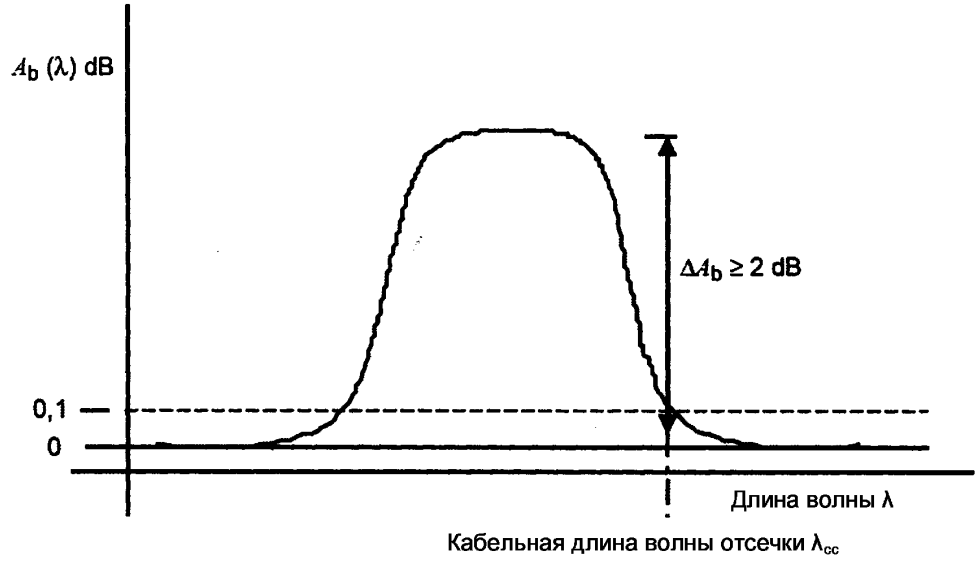



Рисунок 5 – Измерение длины волны отсечки при использовании методики эталонного изгиба




$A_m(\lambda)$ – спектральный коэффициент пропускания, относящийся к многомодовому волокну, dB

Рисунок 6 – Измерение длины волны отсечки при использовании методики эталонного многомодового волокна

**9.2.2 Методика эталонного изгиба**

При неизменных условиях на входе и выходе волокно изгибают между входным и выходным концом с малым диаметром изгиба. Точное значение малого диаметра изгиба может быть определено до проведения измерения; оно должно быть достаточно мало для ослабления мод второго порядка, но не слишком мало во избежание эффектов макроизгиба при больших значениях длины волны. Значения радиуса между 10 и 30 мм являются типовыми для большинства волокон категорий B1.1 – B5. Для некоторых волокон категории B6 радиус должен быть намного меньше и данная методика измерения для этих волокон может оказаться неподходящей (см. примечание к 10.1).

Регистрируют передаваемую спектральную мощность $P_b(\lambda)$ в том же диапазоне длин волн и при тех же спектральных приращениях, как и при проведении исходного измерения на образце.

**9.2.3 Методика эталонного многомодового волокна**

Образец заменяют на короткий отрезок (менее 10 м) многомодового волокна категории A1, используемого в качестве эталона. Регистрируют передаваемую мощность сигнала $P_m(\lambda)$ в том же диапазоне длин волн и при тех же спектральных приращениях, как и при проведении исходного измерения на образце.

Примечание — Значение мощности, рассчитанное с использованием методики многомодового эталонного волокна $P_m(\lambda)$, может храниться в компьютере для применения при повторных измерениях на разных образцах.

## 10 Расчеты

**10.1 Методика эталонного изгиба**

Рассчитывают спектральный коэффициент пропускания образца без изгиба малого радиуса по отношению к условию с изгибом малого радиуса

$$A_b(\lambda) = 10 \log_{10} \frac{P_s(\lambda)}{P_b(\lambda)}, \quad (1)$$

где $A_b(\lambda)$ – спектральный коэффициент пропускания, относящийся к изгибу малого радиуса, дБ;

$P_s(\lambda)$ – выходная мощность;

$P_b(\lambda)$ – передаваемая спектральная мощность через образец с изгибом малого радиуса.

На рисунке 5 показан схематичный результат. Краевые значения длины волны определены при измерениях на образце с изгибом малого радиуса и без изгиба малого радиуса. По рисунку 5 опреде-

ляют наибольшее значение длины волны, при котором $A_b(\lambda)$ = 0,1 дБ. Это и есть длина волны отсечки при условии, что $\Delta A_b(\lambda) \geq 2$ дБ.

Если $\Delta A_b(\lambda) < 2$ дБ или это не представляется возможным определить по графику, расширяют область исследуемых значений длины волны и расширяют условия возбуждения для одномодового волокна или уменьшают малый радиус изгиба. Повторяют эти регулировки и измерения до $\Delta A_b(\lambda) > 2$ дБ.

Примечание — В некоторых случаях для волокон, нечувствительных к изгибам (категории В6), $\Delta A_b$ не достигнет потерь в 2 дБ из-за природы данных волокон. Рекомендуется использовать методику многомодового эталонного волокна как эталонное сканирование для этих волокон.

### 10.2 Методика эталонного многомодового волокна

Рассчитывают спектральный коэффициент пропускания образца по отношению к многомодовому волокну

$$A_m(\lambda) = 10 \log_{10} \frac{P_s(\lambda)}{P_m(\lambda)}, \quad (2)$$

где $A_m(\lambda)$ – спектральный коэффициент пропускания, относящийся к многомодовому волокну, дБ;

$P_s(\lambda)$ – выходная мощность;

$P_m(\lambda)$ – передаваемая спектральная мощность через многомодовое эталонное волокно.

На рисунке 6 показан схематичный результат.

Строят аппроксимирующую прямую линию для части графика $A_m(\lambda)$ в области длинных волн, перемещая ее вверх на 0,1 дБ, в виде пунктирной линии на рисунке 6. Определяют наибольшее значение длины волны, при котором данная смещенная линия пересекает график $A_m(\lambda)$. Это и есть длина волны отсечки при условии, что $\Delta A_m \geq \geq 2$ дБ. Между точками измеренных данных $A_m(\lambda)$ определяют линейной интерполяцией.

Если $\Delta A_m(\lambda) < 2$ дБ или это не представляется возможным определить по графику, расширяют область исследуемых значений длины волны и расширяют условия возбуждения для одномодового волокна. Повторяют эти регулировки и измерения до $\Delta A_m(\lambda) > 2$ дБ и до тех пор, пока часть графика в области длинных волн не достигнет длины, пригодной для аппроксимации ее прямой линией.

Примечания

1 При использовании методики многомодового эталонного волокна для волокон, имеющих большие значения длины волны отсечки, при проведении измерений совместно с эталонными волокнами с большими значениями затухания вследствие наличия в волокне гидроксильных ионов, при определении длины волны отсечки могут быть указаны ошибочные значения.

2 В некоторых случаях для волокон, нечувствительных к изгибам (категории В6), методику эталонного изгиба не считают оптимальной методикой эталонного сканирования. Для данных волокон рекомендуется применение методики многомодового эталонного волокна.

### 10.3 Методика подбора кривой для повышения точности (по выбору)

#### 10.3.1 Общие положения

При отсутствии паразитных горбов на кривой или чрезмерного шума в области верхних значений длины волны точные значения длины волны отсечки допускается определить без подбора аппроксимирующей кривой.

Если для повышения точности считают необходимым использование подбора аппроксимирующей кривой, то данная процедура включает в себя шесть этапов. На первых двух этапах определяют область $LP_{01}$ или область верхних значений длины волны. На следующих двух этапах определяют переходную область, где затухание $LP_{11}$ начинает увеличиваться. На пятом этапе получают характеристики этой области в соответствии с теоретической моделью. На последнем этапе рассчитывают длину волны отсечки из характеристических параметров.

Данный анализ применяют для $\lambda_c$ и $\lambda_{cc}$, измеренных любым из методов, при использовании методики эталонного изгиба или методики эталонного многомодового волокна.

Выражение $\alpha(\lambda)$ обозначает $A_b(\lambda)$ или $A_m(\lambda)$.

#### 10.3.2 Этап 1. Определение области верхних значений длины волны

10.3.2.1 Использование методики эталонного изгиба

Данный метод для определения нижнего значения в области верхних значений длины волны заключается в определении значения длины волны, при котором наблюдается максимальное затухание. Для значений длины волны, больших значения длины волны, при котором наблюдается максимальное затухание, нижним значением в данной области считают значение длины волны, при котором следующая функция принимает минимальное значение: $\alpha(\lambda) - 8 + 8\lambda$ , где $\lambda$ – длина волны, мкм.

Верхнее значение в области верхних значений длины волны равно нижнему значению в области верхних значений длины волны плюс 150 нм.

10.3.2.2 Использование методики эталонного многомодового волокна

Данный метод для определения нижнего значения в области верхних значений длины волны заключается в определении значения длины волны, соответствующего максимальному наклону кривой, значения длины волны, при котором разница первого порядка $[\alpha(\lambda) - \alpha(\lambda + + 10$ нм$)]$ принимает наибольшее значение. Для значений длины волны больших, чем значение длины волны при максимальном наклоне кривой, нижним значением длины волны в данной области считают значение длины волны, при котором затухание минимально.

**10.3.3 Этап 2. Определение кривой затухания**

Кривую затухания $\alpha(\lambda)$ в области верхних значений длины волны определяют в виде линейного уравнения

$$\alpha(\lambda) = A_u + B_u, \qquad (3)$$

где $\lambda$ – длина волны, мкм;

$A_u$ и $B_u$ – медианные значения затухания, дБ.

**a) Использование методики эталонного изгиба**

Принимают $B_u$ равным 0 и $A_u$ – равным медианным значениям затухания для области верхних значений длины волны. Затем определяют функцию $a(\lambda)$ для представления разности между затуханием и линейным приближением области верхних значений длин волн

$$a(\lambda) = \alpha(\lambda) - A_u - B_u\lambda, \qquad (4)$$

где $a(\lambda)$ – функция, представляющая собой разность между затуханием и линейным приближением, дБ;

$\lambda$ – длина волны, мкм;

$A_u$ и $B_u$ – определены для уравнения (3).

**b) Использование методики эталонного многомодового волокна**

Значения затухания подбирают с использованием специальной методики во избежание эффектов положительных горбов на кривой:

a) определяют $A_u$ и $B_u$ методом симплексной регрессии так, чтобы сумма абсолютных значений погрешности была минимальной и чтобы все погрешности не были отрицательными;

b) определяют медианное значение погрешностей и прибавляют его к $A_u$.

Затем определяют функцию $a(\lambda)$ для представления разности между затуханием и линейным приближением области верхних значений длин волн, используя уравнение (4).

**10.3.4 Этап 3. Определение верхнего значения длины волны в переходной области**

В соответствии с данным методом для определения нижнего значения в области верхних значений длины волны начинают с определения верхнего значения в области верхних значений длины волны, с этапа 1, верхнее значение длины волны в переходной области равно: 10 нм плюс максимальное значение длины волны, при котором $a(\lambda) > 0{,}1$ дБ.

**10.3.5 Этап 4. Определение нижнего значения длины волны в переходной области**

Существуют два способа определения нижнего значения длины волны в переходной области. Ниже приведено два примера:

a) начиная с верхнего значения длины волны в переходной области с этапа 3, определяют длину волны, при которой $a(\lambda)$ имеет локальный максимум и разница между этим максимумом и следующим локальным минимумом (при больших значениях $\lambda$) максимальна;

b) определяют наибольшее значение длины волны ниже верхнего значения в переходной области так, чтобы $a(\lambda)$ было больше 2 дБ и:

- присутствовал локальный максимум для $a(\lambda)$, или

- присутствовал локальный максимум для $a(\lambda) - a(\lambda + 10$ нм).

**10.3.6 Этап 5. Описание переходной области с помощью теоретической модели**

Модель представляет собой линейную регрессию преобразования

$$Y(\lambda) = 10 \log_{10} \left[ -\frac{10}{C} \log_{10} \left( \frac{10^{\frac{a(\lambda)}{10}} - 1}{\rho} \right) \right], \quad (5)$$

где $Y(\lambda)$ – линейная регрессия преобразования;

$a(\lambda)$ – из уравнения (4);

$$C = 10 \log_{10} \left[ \frac{\rho}{(10^{0,01} - 1)} \right], \quad (6)$$

и, если не указано другое, $\rho = 2$.

Осуществляют подгонку преобразования $Y(\lambda)$ к следующей линейной модели с использованием данных из переходной области

$$A_t + B_t \lambda = -Y(\lambda) . \quad (7)$$

Для того, чтобы ограничить влияние положительных горбов кривой, регрессию допускается провести при ограниченном учете погрешностей таким образом, чтобы отрицательные погрешности на кривой затухания не превышали отрицательных погрешностей, полученных при определении характеристик в области верхних значений длины волны. Данная методика подбора значений может быть реализована с помощью симплексных методов.

Затем принимают $E = \min[a(\lambda)]$ для $\lambda$ в области верхних значений длины волны.

Для переходной области определяют значения $A_t$ и $B_t$ из уравнения (7) так, чтобы сумма абсолютных значений погрешности была минимальной, и так, чтобы не было погрешности менее $-v(\lambda)$, где $v(\lambda)$ получают из $w(\lambda)$ и $z(\lambda)$ и определяют следующим образом

$$w(\lambda) = 10^{\frac{a(\lambda) - E}{10}}; \quad (8)$$

$$z(\lambda) = 10 \log_{10} \left[ -\frac{10}{C} \log_{10} \left( \frac{w(\lambda) - 1}{\rho} \right) \right], \quad (9)$$

где $v(\lambda)$, $w(\lambda)$ и $z(\lambda)$ представляют собой промежуточные расчеты, используемые для упрощения выражения.

Тогда

$$v(\lambda) = Y(\lambda) - z(\lambda). \quad (10)$$

**10.3.7 Этап 6. Расчет длины волны отсечки $\lambda_c$**

Оценивают наклон кривой в переходной области и рассчитывают длину волны отсечки.

Если $B_t$ больше, чем малое отрицательное значение (например, от –1 до –0,1), то уменьшают верхнее значение длины волны в переходной области на 10 нм и повторяют этап 5. В противном случае рассчитывают $\lambda_c$ следующим образом:

$$\lambda_c = -\frac{A_t}{B_t}, \quad (11)$$

где $\lambda_c$ – волоконная длина волны отсечки, мкм;

$A_t$ и $B_t$ – из уравнения (7).

Примечание — Кабельную длину волны отсечки $\lambda_{cc}$ рассчитывают тем же образом, что и волоконную длину волны отсечки $\lambda_c$ в соответствии с вышеуказанным этапом 6. Заменяют $\lambda_c$ на $\lambda_{cc}$ в уравнении (11).

## 11 Результаты

### 11.1 Информация, получаемая по каждому измерению

По каждому измерению должна быть представлена следующая информация:
- дата проведения и наименование измерения;
- обозначение образца;
- результаты измерения.

### 11.2 Информация, предоставляемая по требованию

По требованию должна быть предоставлена следующая информация:
- метод, используемый при измерении кабельной длины волны отсечки: А или В;
- длина образца;
- используемая эталонная методика (эталонного изгиба или эталонного многомодового волокна);
- тип используемого многомодового волокна (при использовании методики эталонного многомодового волокна);
- описание используемых ключевых элементов оборудования: источника света, оптики возбуждения, фильтра оболочечных мод, механизмов поддержки образца и оптики детектирования;
- описание монохроматора (диапазон спектрального сканирования, ширина спектра и приращения);
- описание методик детектирования и регистрации сигнала;
- описание используемой конфигурации испытуемого образца;
- типовой график спектральной кривой $A_b(\lambda)$ или $A_m(\lambda)$;
- данные последней калибровки измерительного оборудования.

## 12 Информация в подробной спецификации на волокно/кабель

В подробной спецификации на волокно/кабель должна содержаться следующая информация:
- тип волокна или кабеля, на котором проводят измерения;
- критерии приемки или отбраковки;
- информация, представляемая в отчете;
- любые отклонения от используемой методики проведения измерений.

**Приложение А**
**(обязательное)**

## Требования относящиеся к методу А. Кабельная длина волны отсечки $\lambda_{cc}$ (при использовании волокна, не встроенного в кабель)

### А.1 Длина образца

Используют оптическое волокно общей длиной 22 м.

### А.2 Методика – положение образца на оправке

Как показано на рисунке 1, срединную часть образца волокна длиной 20 м сворачивают с минимальным радиусом витка 140 мм с целью имитировать поведение волокна в составе кабеля. Для имитации воздействия устройств для разрезания оптических волокон на каждом конце волокна длиной 1 м каждый образуют петлю диаметром 80 мм. Поскольку $\lambda_{cc}$ указывают как максимальное значение, данная конфигурация позволяет обеспечить соответствие требованию, так как любые другие воздействия на волокно при его встраивании в кабель, прокладке и эксплуатации кабеля могут только приводить к уменьшению в дальнейшем значения кабельной длины волны отсечки.

**Приложение В**
**(обязательное)**

## Требования, относящиеся к методу В. Кабельная длина волны отсечки $\lambda_{cc}$ (при использовании волокна, помещенного в кабель)

### В.1 Длина образца

Используют оптический кабель общей длиной 22 м, с каждого конца которого на длине 1 м волокно извлечено из кабеля.

### В.2 Методика – положение образца на оправке

Из образца извлекают волокно на длине 1 м с каждого конца кабеля и размещают образец как указано на рисунке 2. Средний участок кабеля в оболочке длиной 20 м должен быть в основном распрямлен, чтобы размещение кабеля не оказывало значительного эффекта на результаты последующего измерения. Для имитации воздействия устройств для разрезания оптических волокон на каждом из двух концов волокна, извлеченного из кабеля, длиной 1 м образуют петлю диаметром 80 мм или две петли диаметром 80 мм на одном конце волокна, извлеченного из кабеля.

**Приложение С**
**(обязательное)**

## Требования, относящиеся к методу С. Волоконная длина волны отсечки $\lambda_c$

### С.1 Длина образца

Используют оптическое волокно общей длиной (2 ± 0,2) м.

### С.2 Методика – положение образца на оправке

Образец изгибают в форме слабо ограниченной петли, представляющей собой один полный виток в форме круга радиусом 140 мм. В другом случае петля, образуемая на волокне, может состоять из двух арок (каждая 180°) радиусом 140 мм, соединяемых прямыми отрезками волокна. Данная конфигурация показана на рисунке 3, где нижняя полукруглая оправка способна перемещаться для натяжения провисающего волокна; при этом не требуется перемещения оптики или значительного натяжения остальной части образца волокна.

Остальная часть волокна, по большей части, не должна быть подвергнута внешним нагрузкам. Допускаются изгибы большего радиуса, но они не должны оказывать значительного влияния на результат измерений.

**Приложение ДА**
**(справочное)**

## Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДА.1

| Обозначение ссылочного международного стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта |
|---|---|---|
| МЭК 60793-1-1 | — | * |
| МЭК 60793-1-40 | IDT | ГОСТ Р МЭК 60793-1-40–2012 «Волокна оптические. Часть 1-40. Методы измерений и проведение испытаний. Затухание» |

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в ОАО «ВНИИКП».

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

## Библиография

[1] МЭК 60793-2-10 Волокна оптические. Часть 2-10. Технические условия на изделие. Групповые технические условия на многомодовые волокна категории А1
(IEC 60793-2-10) (Optical fibres – Part 2-10: Product specifications– Sectional specification for category A1 multimode fibres)

[2] МЭК 60793-2-50 Волокна оптические. Часть 2-50. Технические условия на изделие. Групповые технические условия на одномодовые волокна класса В
(IEC 60793-2-50) (Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single -mode fibres)

[3] МЭК 60793-2-60 Волокна оптические. Часть 2-60. Технические условия на изделие. Групповые технические условия на одномодовые волокна класса С для внутренних межсоединений
(IEC 60793-2-60) (Optical fibres – Part 2-60: Product specification – Sectional specification for category C single -mode intraconnection fibres)

УДК 681.7.068:006.354 ОКС 33.180.10 Э59 ОКП 63 6570

Ключевые слова: волокна оптические, длина волны отсечки, испытательное оборудование, методы испытаний, обработка результатов

Подписано в печать 01.09.2014. Формат 60x84 1/8.

Усл. печ. л. 2,33. Тираж 32 экз. Зак. 4011

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
123995 Москва, Гранатный пер., 4.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru