

Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля, не чувствительного к потерям на макроизгибе, для использования в сетях доступа (Выдержка)

Новый тип оптического волокна с повышенной стойкостью к изгибам разработан и выпускается рядом ведущих фирм США, Японии, Италии, Южной Кореи. Оптическое волокно версии G 657 находит широкое применение в оптических кабелях для прокладки в сетях многоэтажных домов, офисов и т.д.

О преимуществах оптических волокон с повышенной стойкостью к изгибам:

Рекомендация МСЭ-Т G.657

Характеристики одномодового волокна и кабеля, не чувствительного к потерям на изгибе, для использования в сетях доступа

Введение

Во всем мире происходит стремительное развитие технологий для сетей широкополосного доступа. К таким технологиям относится технология применения одномодового волокна, обеспечивающая среду передачи с высокой пропускной способностью, которая может удовлетворять возрастающий спрос на широкополосные услуги.

Накоплен обширный опыт установки и эксплуатации сетей на базе одномодового волокна и кабеля, и [МСЭ-Т G.652], в которой описываются его характеристики, обновляется в соответствии с этим опытом. Вместе с тем, специфика использования в оптических сетях доступа обуславливает различные требования в отношении волокна и кабеля. Требования, предъявляемые к волокну и кабелю, могут быть оптимизированы иначе, чем для транспортных сетей общего назначения, что объясняется наличием плотной сети распределительных и ответвительных кабелей, ограниченной площадью и большим числом операций в этой части сети. Целью настоящей Рекомендации является поддержка такой оптимизации путем рекомендации различных значений атрибутов для существующих одномодовых волокон и кабелей G.652, а также рекомендации других классов типов одномодового волокна.

1. Сфера применения

В настоящей Рекомендации содержится описание двух категорий волоконно-оптических одномодовых кабелей, пригодных для использования в сетях доступа, в том числе в помещениях в оконечной части таких сетей.

Волокна категории А применимы в спектральных полосах O, E, S, C и L (то есть во всем диапазоне от 1260 до 1625 нм). Волокна и требования, относящие-

ся к этой категории, являются подмножеством волокон G.652.D и обладают теми же характеристиками передачи и соединения. К основным усовершенствованиям относятся улучшенные характеристики потерь на изгибе и спецификации, допускающие более плотное размещение, — оба эти фактора способствуют связности.

Волокна категории В пригодны для передач на волнах длиной 1310, 1550 и 1625 нм на ограниченные расстояния, связанных с транспортом сигналов внутри помещений. Эти волокна характеризуются иными, по сравнению с волокнами G.652, свойствами сращивания и соединения, но допускают очень малые радиусы изгибов.

Значение терминов, используемых в настоящей Рекомендации, и руководящие указания, которым необходимо следовать при проведении измерений для проверки различных характеристик, содержатся в [МСЭ-Т G.650.1] и [МСЭ-Т G.650.2]. Характеристики волокна этих категорий, включая определения относящихся к ним параметров, методы их испытаний и соответствующие значения будут уточняться по мере проведения исследований и накопления опыта.

2. Ссылки

Указанные ниже Рекомендации МСЭ-Т и другие источники содержат положения, которые путем ссылки на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие источники могут подвергаться пересмотру; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается изучить возможность применения последнего издания Рекомендаций и других источников, перечисленных ниже. Список действующих в настоящее время Рекомендаций

МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка на документ в данной Рекомендации не придает ему как отдельному документу статус рекомендации.

[ITU-T G.650.1] ITU-T Recommendation G.650.1 (2004), Definitions and test methods for linear, deterministic attributes of single-mode fibre and cable.

[ITU-T G.650.2] Рекомендация МСЭ-Т G.650.2 (2005 г.), Определения и методы тестирования статистических и нелинейных взаимосвязанных атрибутов одномодового волокна и кабеля.

[ITU-T G.652] Рекомендация МСЭ-Т G.652 (2005 г.), Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля.

[IEC 60793-1-47] IEC 60793-1-47 (2006), Optical fibres – Part 1-47; Measurement methods and test procedures – Macrobending loss.

3. Термины и определения

Для целей настоящей Рекомендации применяются определения и руководящие принципы, которым необходимо следовать при проведении измерений для проверки различных характеристик, данные в [МСЭ-Т G.650.1] и [МСЭ-Т G.650.2]. Значения округляются до количества разрядов, указанных в таблицах рекомендуемых величин, до выполнения оценки соответствия

4 Сокращения

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения:

DGD Differential Group Delay ДГЗ Дифференциальная групповая задержка

PMD Polarization Mode Dispersion Поляризационная модовая дисперсия

5. Атрибуты волокна

Характеристики оптического волокна, которые обеспечивают необходимую при проектировании структуру для производства волокна, проектирования систем и использования в наружных линейно-кабельных сооружениях, рекомендуются в [МСЭ-Т G.652]. В данном разделе основное внимание уделяется атрибутам, которые оптимизируют волокно и кабель для использования в широкополосных оптических сетях доступа, особенно их улучшенным характеристикам на макроизгибе, которые поддерживают системы организации волокон малого объема и укладку с малыми радиусами в помещениях оборудования связи и в помещениях абонентов в многоквартирных и отдельных многоквартирных жилых домах.

В этом пункте рекомендуются только те характеристики волокна, которые обеспечивают минимально необходимую при проектировании основу для изготовления волокна. Диапазоны или пределы

по величинам представлены в таблицах п. 7. Из них значительное влияние на длину волны среза волокна в кабеле и на PMD может оказывать изготовление кабеля или установка. В ином случае рекомендуемые характеристики будут одинаково применяться к отдельным волокнам, волокнам, которые заключены в кабель, намотанным на барабане, и волокнам в проложенном кабеле.

5.1 Диаметр модового пятна

Номинальное значение и допуск на это номинальное значение определяются для длины волны 1310 нм. Определяемый номинал находится в пределах диапазона, указанного в п. 7. Определяемый допуск не превышает значения, указанного в п. 7. Отклонение от номинала не превышает установленного допуска.

5.2 Диаметр оболочки

Рекомендуемое номинальное значение диаметра оболочки составляет 125 мкм. Также определяется допуск, и он не должен превышать величины, указанной в п. 7. Отклонение оболочки от номинала не превышает установленного допуска.

5.3 Эксцентриситет сердцевин

Эксцентриситет сердцевин не превышает величины, определенной в п. 7.

5.4 Сплюсненность

5.4.1 Сплюсненность модового пятна

На практике сплюсненность модового пятна волокна, номинально имеющих круглые модовые пятна, считается достаточно низкой и потому не влияющей на распространение и сращивание.

Следовательно, не считается необходимым рекомендовать конкретное значение сплюсненности модового пятна. Как правило, нет необходимости измерять сплюсненность модового пятна для целей приемки.

5.4.2 Сплюсненность оболочки

Сплюсненность оболочки не превышает величины, указанной в п. 7.

5.5 Длина волны среза

Различают три имеющих практическое значение типа длины волны среза:

- длина волны среза кабеля λ_{cc} ;
- длина волны среза волокна λ_c ;
- длина волны среза кабельной перемычки λ_{cj} .

Взаимосвязь измеренных величин λ_c , λ_{cc} и λ_{cj} зависит от конкретного конструктивного исполнения волокна и кабеля и условий испытаний. При том, что в общем случае $\lambda_{cc} < \lambda_{cj} < \lambda_c$, установить общее количественное соотношение непросто. Наибольшее значение имеет обеспечение одномодовой передачи при минимальной длине ка-

беля между стыками при минимальной рабочей длине волны.

Это может быть осуществлено путем рекомендации максимальной длины волны среза кабеля λ_{cc} одномодового волокна, заключенного в кабель, которая должна составлять 1260 нм, или — для типовых перемычек — путем рекомендации максимальной длины волны среза кабельной перемычки, которая должна составлять 1250 нм, или — для худшего случая протяженности и изгибов — путем рекомендации максимальной длины волны среза волокна, которая должна составлять 1250 нм.

Длина волны среза кабеля λ_{cc} должна быть ниже максимума, указанного в п. 7.

5.6 Потери на макроизгибе

Потери на макроизгибе изменяются в зависимости от длины волны, радиуса изгиба и числа витков на стержне конкретного радиуса. Потери на макроизгибе не превышают максимума, приведенного в п. 7 для указанных длин(ы) волн, радиуса изгиба и числа витков.

Реальное воздействие малого радиуса волокна проявляется только при относительно малых значениях длины. Поскольку, как правило, выбор радиуса изгиба и длина имеющего изгибы волокна может меняться в зависимости от конструкции системы организации волокон и практики их прокладки, спецификация только одного радиуса изгиба более недостаточна. Несмотря на то, что публикуются результаты моделирования различных типов волокна, общеприменимая модель потерь на изгибе для описания зависимости величины потерь от радиуса отсутствует. По этой причине в п. 7 содержатся рекомендуемые максимальные потери на макроизгибе для различных радиусов изгиба.

Поскольку оптические потери на сгибе увеличиваются с увеличением длины волны, достаточно спецификации потерь для максимальной предусмотренной длины волны, то есть либо для 1550 нм, либо для 1625 нм. При необходимости, клиент и поставщик могут согласовать спецификацию наименьшей и наибольшей длины волны.

5.7 Свойства материала волокна

5.7.1 Материалы волокна

Должны быть указаны вещества, из которых изготовлены волокна.

ПРИМЕЧАНИЕ: Следует проявлять осторожность при сваривании сращиваемых волокон, изготовленных из различных веществ. Предварительные результаты указывают, что требования в отношении потерь при сращивании и прочности могут выпол-

няться при сращивании волокон с большим содержанием кварца.

5.7.2 Защитные материалы

Следует указывать физические и химические свойства материалов, используемых для первичного покрытия волокон, и наилучший способ его удаления (при необходимости). Аналогичные указания даются для одиночного волокна в оболочке.

5.7.3 Уровень проверочного напряжения

Определяемое проверочное напряжение σ_p не должно быть ниже минимума, указанного в п. 7.

5.8 Профиль коэффициента преломления

Обычно не требуется знать профиль коэффициента преломления волокна.

5.9 Продольная однородность хроматической дисперсии

Этот атрибут обычно менее актуален для применений в сети доступа. Более подробно см. [МСЭ-T G.652].

5.10 Коэффициент хроматической дисперсии для волокон класса А

Как определено в Приложении А [МСЭ-T G.650.1] измеряемое групповое запаздывание или коэффициент хроматической дисперсии в зависимости от длины волны подбираются с помощью трехчленного уравнения Зельмеера. (Руководящие указания по интерполяции значений дисперсии на неизмеряемых длинах волн см. в п. 5.5 [МСЭ-T G.650.1]).

Уравнение Зельмеера может использоваться для подбора данных в каждом диапазоне (1310 нм и 1550 нм) двумя подборками по отдельности или общим подбором с данными из обоих диапазонов.

Подбор Зельмеера в области 1310 нм может быть недостаточно точным при экстраполяции на область 1550 нм. Поскольку в последней хроматическая дисперсия шире, уменьшенная точность может быть приемлемой; если же это не так, точность может быть повышена путем включения данных из области 1550 нм при осуществлении общего подбора или путем использования отдельного подбора в области 1550 нм. Следует отметить, что общий подбор может уменьшить точность в области 1310 нм.

Коэффициент хроматической дисперсии D определяется путем наложения пределов на параметры кривой хроматической дисперсии, которая является функцией длины волны в области 1310 нм. Предел коэффициента хроматической дисперсии для любой длины волны λ рассчитывается при минимальной длине волны нулевой дисперсии λ_{0min} , максимальной длине волны нулевой дисперсии λ_{0max} и максимальном коэффициенте

Таблица 7-1 — Атрибуты G.657 класса A

нулевой дисперсии $S_{0\max}$ согласно следующему уравнению:

$$\frac{\lambda S_{0\max}}{4} \left[1 - \left(\frac{\lambda_{0\max}}{\lambda} \right)^4 \right] \leq D(\lambda) \leq \frac{\lambda S_{0\max}}{4} \left[1 - \left(\frac{\lambda_{0\min}}{\lambda} \right)^4 \right].$$

Величины $\lambda_{0\min}$, $\lambda_{0\max}$ и $S_{0\max}$ находятся в пределах, указанных в таблицах п. 7.

6. Атрибуты кабеля

Поскольку на геометрические и оптические характеристики волокон, приведенные в п. 5, процесс укладки кабеля практически не влияет, в данном пункте приводятся рекомендации, относящиеся, главным образом, к характеристикам передачи изготовленных в заводских условиях кабельных длин.

Наиболее важное значение имеют условия окружающей среды и условия во время испытаний, которые описываются в руководящих указаниях относительно методов испытаний.

6.1 Коэффициент затухания

Коэффициент затухания задается максимальной величиной для волны одной или более длин в областях 1310 нм и 1550 нм. Величины коэффициента затухания волоконно-оптического кабеля не превышают величин, приведенных в п. 7.

6.2 Коэффициент поляризационной модовой дисперсии для волокон класса A

При необходимости поляризационная модовая дисперсия задается на статистической основе, а не на основе отдельного волокна. Требования относятся только к сигналу линии, рассчитанной на основе информации о кабеле. Метрики статистической спецификации приведены ниже. Методы расчетов представлены в Технической рекомендации МЭК 61282-3, а в Дополнении III [МСЭ-T G.650.1] содержится пример расчетов.

Изготовитель предоставляет расчетные величины линии PMD , PMD_Q , которые служат в качестве верхней границы для коэффициента PMD каскадно соединенных волоконно-оптических кабелей в пределах определенной возможной линии, состоящей из M кабельных секций. Верхняя граница определяется как уровень малой вероятности Q , являющейся вероятностью того, что величина коэффициента объединенной PMD превысит PMD_Q . Для значений M и Q , указанных в п. 7, величина PMD_Q не превышает максимального значения коэффициента PMD , определенного в п. 7.

Измерения и технические характеристики не заключенного в кабель волокна необходимы, но недостаточны для обеспечения полной спецификации волоконного кабеля. Максимальные расчетные величины линии, заданные для не заключенного в

Атрибуты волокна			
Атрибут	Элемент	Значение	
Диаметр модового пятна	Длина волны	1310 нм	
	Диапазон номинальных значений	8,6–9,5 мкм	
	Допуск	±0,4 мкм	
Диаметр оболочки	Номинал	125,0 мкм	
	Допуск	±0,7 мкм	
Эксцентриситет сердцевин	Максимум	0,5 мкм	
Сплюсненность оболочки	Максимум	1,0%	
Длина волны среза кабеля	Максимум	1260 нм	
Потери на макроизгибе (Примечания 1 и 2)	Радиус (мм)	15	10
	Количество витков	10	1
	Максимум при 1550 нм (дБ)	0,25	0,75
	Максимум при 1625 нм (дБ)	1,0	1,5
Проверочное напряжение	Минимум	0,69 ГПа	
Коэффициент хроматической дисперсии	$\lambda_{0\min}$	1300 нм	
	$\lambda_{0\max}$	1324 нм	
	$S_{0\max}$	0,092 пс/нм ² × км	
Атрибуты кабеля			
Коэффициент затухания	Максимум от 1310 нм до 1625 нм (Примечание 3)	0,4 дБ/км	
	Максимум при 1383 нм ±3 нм	(Примечание 4)	
	Максимум при 1550 нм	0,3 дБ/км	
Коэффициент PMD	M	20 кабелей	
	Q	0,01%	
	Максимум PMD_Q	0,20 пс/√ км	
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. — Волокна G.652, применяемые для радиусов, составляющих 15 мм, как правило, могут характеризоваться потерями на макроизгибе в несколько дБ для 10 витков и при длине волны 1625 нм.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. — Потери на макроизгибе могут оцениваться с применением метода навивания на стержень (Метод A [IEC 60793-1-47]) путем подстановки значений радиуса изгиба и количества витков, указанных в настоящей таблице.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 3. — Область данной длины волны может быть расширена до 1260 нм путем добавления наведенных потерь рассеяния Релея, равных 0,07 дБ/км, к значению затухания на 1310 нм. В этом случае длина волны среза не должна превышать 1250 нм.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 4. — Средняя выборочная величина затухания на этой длине волны меньше или равна максимальному значению, указанному для диапазона 1310–1625 нм, после водородного старения согласно [B-IEC 60793-2-50] в отношении категории волокон B1.3.</p>			

Таблица 7-2 — Атрибуты G.657 класса B

Атрибуты волокна				
Атрибут	Элемент	Значение		
Диаметр модового пятна	Длина волны	1310 нм		
	Диапазон номинальных значений	6,3–9,5 мкм		
	Допуск	±0,4 мкм		
Диаметр оболочки	Номинал	125,0 мкм		
	Допуск	±0,7 мкм		
Эксцентриситет сердцевины	Максимум	0,5 мкм		
Сплюснутость оболочки	Максимум	1,0%		
Длина волны среза кабеля	Максимум	1260 нм		
Потери на макроизгибе (Примечания 1)	Радиус (мм)	15	10	7,5
	Количество витков	10	1	1
	Максимум при 1550 нм (дБ)	0,03	0,1	0,5
	Максимум при 1625 нм (дБ)	0,1	0,2	1,0
Проверочное напряжение	Минимум	0,69 ГПа		
Коэффициент хроматической дисперсии		TBD		
Атрибуты кабеля				
Коэффициент затухания	Максимум при 1310 нм	0,5 дБ/км		
	Максимум при 1550 нм	0,3 дБ/км		
	Максимум при 1625 нм	0,4 дБ/км		
Коэффициент PMD (Примечание 3)		TBD		
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. — Потери на макроизгибе могут оцениваться с применением метода навивания на стержень (Метод A [IEC 60793-1-47]) путем подстановки значений радиуса изгиба и количества витков, указанных в настоящей таблице.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. — Коэффициенты хроматической дисперсии не являются определяющими параметрами, поскольку волокно класса B поддерживает часть установки оптимизированной сети доступа с очень малыми радиусами изгиба. Минимальная и максимальная длина волны нулевой дисперсии может рассматриваться равной $\lambda_{0min} = 1300$ нм и $\lambda_{0max} = 1420$ нм, соответственно, при максимальном коэффициенте нулевой дисперсии $S_{0max} = 0,10$ пс/нм² · км.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 3. — Коэффициенты PMD не являются определяющими параметрами, поскольку волокно класса B поддерживает часть установки оптимизированной сети доступа с очень малыми радиусами изгиба.</p>				

кабель волокна, не превышают величин, указанных для волоконного кабеля. Соотношение величин PMD для не заключенного в кабель волокна и волоконного кабеля зависит от особенностей конструкции кабеля и обработки, а также от условия связи мод не заключенного в кабель волокна. В [МСЭ-Т

G.650.2] для измерений PMD не заключенного в кабель волокна рекомендуется применение низкой связи мод, требующей слабого натяжения намотки на катушке большого диаметра.

Ограничения на распределение величин коэффициента PMD могут быть интерпретированы как приблизительно эквивалентные ограничениям, наложенным на статистическое изменение дифференциальной групповой задержки (ДГЗ), изменяющейся случайно во времени и в зависимости от длины волны. Если распределение коэффициента PMD задано для волоконно-оптического кабеля, могут быть определены эквивалентные пределы изменения ДГЗ. Метрики и величины для распределения линии с ДГЗ приведены в Дополнении I [МСЭ-Т G.652].

7. Таблицы рекомендуемых величин

В следующие таблицы сведены рекомендуемые значения для тех категорий волокон, которые отвечают целям настоящей Рекомендации.

В таблице 7-1, Атрибуты для класса A, содержатся рекомендуемые атрибуты и величины, необходимые для поддержки установки сети доступа, оптимизированной в отношении потерь на макроизгибе, а рекомендуемые значения других атрибутов по-прежнему остаются в диапазоне, рекомендованном в G.652D.

В таблице 7-2, Атрибуты для класса B, содержатся рекомендуемые атрибуты и величины, необходимые для поддержки установки оптимизированной сети доступа с очень малыми радиусами изгиба, применяемыми в системе организации волокон и, в частности, для установок в помещениях и для наружной установки. Для значений диаметра модового пятна и коэффициента хроматической дисперсии данный рекомендованный диапазон значений может превышать диапазон значений, рекомендованный в [МСЭ-Т G.652].

Для иллюстрации спецификаций различных макроизгибов для разных определенных в данном пункте классов на рисунке 7-1 представлены рекомендуемые значения.

