

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 3 (2021)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/ADSD2201>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/ATTS9913>**А. С. Звонцов, А. П. Кислов**Торайғыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАССИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ**

В статье рассмотрены вопросы метрологического обеспечения оптической связи.

Показаны типы соединителей и варианты комплектации муфт для оптических кабелей дальней связи, вносящие собственные затухания в сеть передачи данных, не превышающие установленные существующими стандартами в области телекоммуникаций.

Приведены различные способы измерения параметров оптических волокон и пассивных компонентов на различных этапах строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий связи.

Разобраны теоретические и практические вопросы, связанные с передачей света по оптическим волокнам.

Представлены основные передаточные характеристики многомодового оптического волокна и нелинейные эффекты, возникающие в оптоволокне при передаче сигналов по пассивным оптическим компонентам.

Полученные результаты метрологических измерений, подтверждающие существующие технические решения для создания централизованной оптической архитектуры структурированных кабельных систем и для улучшения качества оптических коммуникаций.

Определенные полученные показатели позволят производить работы по проектированию и монтажу физической инфокоммуникационной инфраструктуры, включающей в себя следующие функциональные подсистемы: вертикальная подсистема, система активного сетевого оборудования, горизонтальная подсистема, система рабочего места.

Даны расчеты, показывающие, что оптимизированные для лазерного излучения многомодовые волокна обладают минимальными значениями межмодовой и хроматической дисперсиями, и дальнейшее

развитие физического уровня инфокоммуникационной сетевой модели ISO OSI позволит полностью перейти на данные типы оптоволоконных систем с более высоким коэффициентом широкополосности.

Ключевые слова: коэффициент широкополосности, многомодовое волокно, межмодовая дисперсия, хроматическая дисперсия, оптический рефлектометр, оптические возвратные потери, предельные величины отражения, оптические соединители, пассивные компоненты.

Введение

Волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС) состоит не только из передатчика сигнала, кабеля и приемника оптического сигнала, но и из многих элементов, без которых функционирование линии невозможно. К таким элементам относятся как активные, так и пассивные компоненты.

К активным элементам относятся лазерные и светодиодные источники многоцелевого назначения, модуляторы, фотодиоды различного применения.

Согласно рекомендации G 671 МСЭ-Т к пассивным оптическим элементам относятся:

- мультиплексоры и демультимплексоры, включая WDM устройства;
- разветвители, ответвители, разделители;
- аттенюаторы;
- оптические соединители;
- соединительные муфты;
- ремонтные вставки.

Каждый тип сети требует использования определенного числа как общих, так и специальных типов пассивных устройств.

По мере роста сложности и увеличения протяженности волоконно-оптической кабельной системы роль пассивных компонентов возрастает.

Практически все системы ВОЛС, предназначенные для магистральных информационных сетей, локальных вычислительных сетей, а также для сетей кабельного телевидения охватывают сразу всё многообразие пассивных волоконно-оптических компонентов.

Каждое устройство, используемое в схеме передачи светового сигнала, является источником вносимых потерь.

Материалы и методы

1 Измерение потерь в оптических соединителях и модульно-кассетных решений.

Оптические волокна также вносят затухания: как многомодовые, так и одномодовые.

Для муфтовых соединений существуют потери в разъемных соединителях как на длине волны 1,3 мкм, так и на длине волны 1,55 мкм. Эти потери обычно измеряются в децибеллах. Данные о потерях, соответствующие определенному уровню качества системы передачи информации, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Потери в разъемных соединителях для муфтового соединения

Уровень качества	Потери для одного разъема I_c , дБ
1	0,75
2	0,4
3	0,2
4	0,1

Затухание оптического тракта при муфтовом соединении рассчитывается по формуле

$$L = 2 \cdot N \cdot I_c + \alpha \cdot l \quad (1)$$

Формула для расчета максимально допустимого затухания в одном муфтовом разъеме

$$I_c = \frac{L - \alpha l}{2N} \quad (2)$$

где α – допустимое затухание кабеля при муфтовом соединении, дБ/км.

В нашем случае принимаем за 3,5 дБ/км;

l – длина тракта, км, показанная на рисунке 1. В нашем случае принимаем за 0,1074 км;

N – число касет в муфте;

L – допустимые потери для оптоволоконной категории OM4. По стандарту ISO/IEC 11801 принимаем за 1,5 дБ.

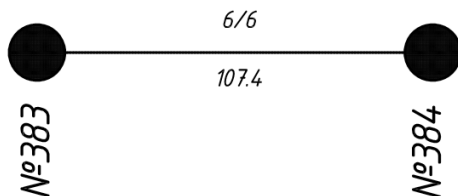


Рисунок 1 – Проектируемая длина участка линии связи существующей кабельной трассы, применяемая при расчете оптических потерь

Пример оптической муфты и вариант ее комплектации показан на рисунках 2 и 3 соответственно.

При числе кассет в муфте $N=4$ по формуле (2) получаем

$$IL_c = \frac{1,5 - 3,5 \cdot 0,1074}{2 \cdot 4} = \frac{1,124}{8} = 0,14 \approx 0,1 \text{ дБ}$$



Рисунок 2 – Оптическая муфта 2179 CS

Таким образом, вносимые потери на участке соответствуют согласно таблице 1 уровню качества 4. Подставив данное значение в (1), получим

$$IL = 2 \cdot 4 \cdot 0,1 + 3,5 \cdot 0,1074 = 1,176 \text{ дБ}$$

Согласно полученным потерям

$$1,176 \text{ дБ} < 1,5 \text{ дБ}$$

Такая величина, согласно требованиям стандарта ISO/IEC 11801, является допустимой для муфтового соединения оптоволоконной категории OM4.

Емкость кабеля, волокон	Тип кассеты	Количество кассет	Наименование для заказа
12	2524	/1	Комплект оптической муфты 2179-CS-12/1-TRAY
24	2524	/1	Комплект оптической муфты 2179-CS-24/1-TRAY
24	2524	/2	Комплект оптической муфты 2179-CS-24/2-TRAY
36	2524	/2	Комплект оптической муфты 2179-CS-36/2-TRAY
36	2524	/3	Комплект оптической муфты 2179-CS-36/3-TRAY
48	2524	/2	Комплект оптической муфты 2179-CS-48/2-TRAY
48	2524	/3	Комплект оптической муфты 2179-CS-48/3-TRAY
12	2524	/1	Комплект оптической муфты 2179-CS-12/1-TRAY
24	2524	/2	Комплект оптической муфты 2179-CS-24/2-TRAY
36	2524	/3	Комплект оптической муфты 2179-CS-36/3-TRAY
48	2524	/4	Комплект оптической муфты 2179-CS-48/4-TRAY

Рисунок 3 – Примеры комплектации оптической муфты 2179 CS

Исходя из данных формул, рассчитаем возможные потери для муфт с различным типом кассет. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Величины потерь на одном разъеме и на участке для муфтового соединения

Количество кассет N , ед.	Вносимые потери для одного разъема I_c , дБ	Вносимые потери на участке L , дБ
2	0,281	1,176
3	0,187	1,576
4	0,141	1,176
5	0,112	1,376
6	0,093	1,576

Результаты и обсуждение

Измерение параметров эффективной длины многомодового тракта без учета дисперсионных характеристик для кабелей категории OM3 и OM4.

Нарастить предельную дальность связи можно такими средствами, как:

– применение многомодовых волокон с компенсацией межмодовой и хроматической дисперсии;

– использование оптических соединителей вместо модульно-кассетных решений;

– учет внутренних резервов современной элементной базы.

Определение параметров предельной эффективной длины многомодового тракта в модульно-кассетном решении имеет следующий вид

$$E = l \cdot A + IL + 2,24 \cdot \frac{f_r}{f_0} - 0,6 + r_{nd} \quad (3)$$

где E – энергетический потенциал оптического сетевого интерфейса, дБ. В качестве оценки принимаем величину допустимого затухания в тракте, приведенного в стандарте ISO/IEC 11801. В нашем случае 5,4 дБ;

r_{nd} – недисперсионный штраф по мощности, дБ. Принимаем равной 1 дБ для интерфейсов, энергетический потенциал которых больше 4 дБ (>4дБ);

L – допустимые потери для оптоволокна, дБ. В нашем случае 1,5 дБ;

A – ожидаемая величина затухания, дБ/км. Коэффициент затухания для каждого оптического волокна обычно указывается производителем. Для кабеля производства Corning принимаем в качестве расчетного значения для данного параметра величину 3,5 дБ/км;

l – длина многомодового тракта, км;

f_r – тактовая частота источника светового излучения, Гц;

f_0 – верхняя граничная частота тракта источника светового излучения, Гц.

Для интерфейсов Ethernet принимаем значение тактовой частоты

$$f_r = \varepsilon \cdot V \quad (4)$$

где ε – коэффициент для оборудования, учитывающий тип кодирования линейного сигнала. Принимаем за 1,031 для оптической сетевой аппаратуры 1 G, 10 G, 40 G, 100 G;

V – скорость передачи данных, Гбит/с. В качестве примера расчета примем за 40 GbE.

Верхняя граничная частота тракта определяется как

$$f_0 = \frac{\Delta F}{l} \quad (5)$$

где ΔF – коэффициент широкополосности линейного кабеля, МГц·км.

Для кабеля типа OM4 он равен 4700 МГц·км, OM3–2000 МГц·км соответственно.

l – длина многомодового тракта, км.

Тогда выражение $2,24 \cdot \frac{f_r}{f_0}$ переписывается в виде

$$2,24 \cdot \frac{f_r}{f_0} = \frac{2,24 \cdot \varepsilon \cdot V \cdot l}{\Delta F} \quad (6)$$

После преобразования выражение (6) будет иметь вид

$$E = l \cdot A + IL + \frac{2,24 \cdot \varepsilon \cdot V \cdot l}{\Delta F} - 0,6 + r_{nd} \quad (7)$$

Из выражения (10)

$$l = \frac{0,6 - r_{nd} + E - IL}{A + \frac{2,24 \cdot \varepsilon \cdot V}{\Delta F}} \quad (8)$$

Для заданных значений параметров $\Delta F = 4700$ МГц·км и $V = 40$ GbE значение эффективной длины многомодового тракта составляет 151,2 м.

Увеличение эффективной длины многомодового тракта с учетом дисперсионных параметров для кабелей категории OM3 и OM4.

Соединители оптических волокон обеспечивают соединение концов двух оптических волокон. Такое соединение не является постоянным и может устанавливаться и разрываться несколько раз. Оптические соединители необходимы в тех местах сети, где нужно иметь гибкость с точки зрения конфигурации.

Соединители оптических волокон применяются в сетях всех типов, портах входа и выхода оборудования передачи, а также могут использоваться для подключения тестового и измерительного оборудования.

Главный эффект от введения этих соединителей в оптическую линию – увеличение затухания передаваемого сигнала и отражение части сигнала.

Основными требованиями к оптическим соединителям являются следующие:

- малые вносимые потери;
- устойчивость к внешним механическим воздействиям;
- высокая надежность.

Потребность в увеличении скорости и объема передаваемой информации по линиям связи вызывает необходимость совершенствования параметров ВОЛС, ограничивающих увеличение пропускной способности и влияющих на скорость передачи данных. Одним из таких параметров является межмодовая и хроматическая дисперсии, представляющие собой зависимости скорости распространения сигнала от длины волны излучения.

За счет модуляции передаваемого в телекоммуникационной системе сигнала, его спектр занимает некоторый диапазон частот и передается группой волн.

Существуют следующие основные методы измерения модовой дисперсии:

- метод фиксированного анализатора (Fixed Analyzer, FA);

- поляриметрический метод (stokes parameter evaluation, JME);
- метод задержки импульса (The pulse-delay method);
- импульсный метод (The pulse-broadening method).

В расчетах мы применим последний.

Исходя из формулы нахождения межмодовой дисперсии

$$\tau = \frac{k}{\Delta F} \quad (9)$$

принимая значение формы импульса $k = 0,19$ и значение минимальной модальной полосы пропускания 2000 МГц для кабеля категории OM3 и параметры $k = 0,34$ и $\Delta F = 4700 \text{ МГц}$ для кабеля OM4.

Тогда межмодовая дисперсия для типа OM3 согласно формуле (9) равна

$$\tau = \frac{0,19}{2000 \text{ МГц} \cdot \text{км}} = 95 \cdot 10^{-12} \text{ с/км}$$

Для типа OM4 $72,3 \cdot 10^{-12} \text{ с/км}$ соответственно

В соответствии с рекомендациями ITU-T G.650 существуют три регламентированных метода измерения хроматической дисперсии:

- фазовый метод измерения (Phase shift technique);
- интерферометрический метод (Interferometric technique);
- импульсный метод измерения (Pulse delay technique).

Различие методов измерения хроматической дисперсии связано с использованием разных методов измерения временных задержек

В расчетах мы принимаем последний – импульсный метод измерения.

Он основан на стандарте ITU-T G.650 и зависит от прямого измерения задержки световых импульсов с различными длинами волн при прохождении через волокно заданной длины.

Сигналы различной длины за счет хроматической дисперсии передаются с неодинаковой скоростью, что приводит к увеличению длительности импульса на выходе оптического волокна.

Выводы

Для оптических кабелей OM3, OM4 приведены расчеты величин потерь на одном разьеме и вносимых потерь на участке для муфтового соединения с учетом количества задействованных кассет и длины кабельной трассы.

Показано, что полученные с помощью оптического рефлектометра OTDR импульсные характеристики тестируемого оптоволокна на участке регенерации волоконно-оптической линии связи совпадают с расчетными показателями предельных оптических возвратных потерь и общепринятыми коэффициентами обратного отражения разъемных оптических соединителей.

Приведена динамика показателей предельных оптических возвратных потерь и предельных величин обратного отражения для муфтовых соединений как одного из основных способов наращивания пассивной составляющей волоконно-оптической линии связи, значения которых также подтверждены измерительной платформой рефлектометра EXFO с применением программного модуля OTDR Эксперт.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Криворучко, В. А., Звонцов, А. С.** Управление физическим уровнем инфокоммуникационной сетевой модели ISO OSI [Текст] // Научный журнал. – М. : Современная гуманитарная академия, 2014. – № 10. – С. 57–69

2 **Артюшенко, В. М.** Проектирование и расчет мультисервисных кабельных систем : учебное пособие / В. М. Артюшенко, А. Б. Семенов, Т. С. Аббасова; под ред. А. Б. Семенова. – М. : ИНФРА-М, 2020. – 174 с. – (Высшее образование : Бакалавриат).

3 **Портнов, Э. Л.** Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи. – М. : Горячая линия – Телеком, 2009.

4 **Семенов, А. Б.** Введение в структурированные кабельные системы [Текст] : учебное пособие / А. Б. Семенов, В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова; под ред. А. Б. Семенова. – М. : Научный консультант, 2018. – 206 с.

5 **Семенов, А. Б.** Волоконно-оптические подсистемы современных СКС [Текст] / А. Б. Семенов. – М. : ДМК Пресс; Компания «АйТи», 2015. – 632 с.

6 **Фриман, Р.** Волоконно-оптические системы связи. – М. : ЗАО «РИЦ «Техносфера», 2003.

7 **Хромой, Б. П.** Метрология и измерения в телекоммуникационных системах. – М. : ИРИАС, 2008. – 560 с.

8 **Мандель, А. Е.** Метрология в оптических телекоммуникационных системах : учебное пособие / А. Е. Мандель. – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 139 с. – [Текст: электронный] // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/72128.html>

9 **Фокин, В. Г.** Волоконно-оптические системы передачи : практикум / В. Г. Фокин. – Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2011. – 58 с. – [Текст: электронный] // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/35603.html>

10 **Бородихин, М. Г.** Волоконно-оптические системы передачи : практикум / М. Г. Бородихин, К. Е. Заславский; под редакцией

К. Е. Заславский. – Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2010. – 139 с. – [Текст: электронный] // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/55443.html>

REFERENCES

1 **Krivoruchko, V. A., Zvontsov, A. S.** Upravlenie fizicheskim urovnem infokommunikacionnoj setевой modeli ISO OSI [Management of information communication network ISO OSI model's physical level] [Text]. In Nauchnyj zhurnal. – Moscow : Sovremennaya gumanitarnaya akademiya, 2014. – № 10. – P. 57–69.

2 **Artyushenko, V. M.** Proektirovanie i raschet mul'tiservisnyh kabel'nyh sistem : uchebnoe posobie [Design and calculation of multiservice cable systems] [Text]. – V. M. Artyushenko, A. B. Semenov, T. S. Abbasova; ed by A. B. Semenova. – Moscow : INFRA-M, 2020. – P.174. – (Vysshee obrazovanie : Bakalavriat).

3 **Portnov, E. L.** Principy postroeniya pervichnyh setej i opticheskie kabel'nye linii svyazi [Principles of construction of primary networks and optical cable communication lines] [Text]. – Moscow : Goryachaya liniya – Telekom, 2009.

4 **Semenov, A. B.** Vvedenie v strukturirovannye kabel'nye sistemy : ucheb. posobie [Introduction to structured cabling system] [Text]. – A. B. Semenov, V. M. Artyushenko, T. S. Abbasova; pod red. A. B. Semenova. – Moscow : Nauchnyj konsul'tant, 2018. – 206 p.

5 **Semenov, A. B.** Volokonno-opticheskie podsistemy sovremennyh SKS [Fiber-optic subsystems of modern SCS] [Text] / A. B. Semenov. – Moscow : DMK Press; Kompaniya «AjTi», 2015. – 632 p.

6 **Friman, R.** Volokonno-opticheskie sistemy svyazi. [Fiber-optic communication systems] [Text]. – Moscow : ZAO «RIC «Tekhnosfera», 2015.

7 **Hromoj, B. P.** Metrologiya i izmereniya v telekommunikacionnyh sistemah. [Metrology and measurements in telecommunication systems] – Moscow : IRIAS. 2008. – 560 p.

8 **Mandel, A. E.** Metrologiya v opticheskikh telekommunikacionnykh sistemah : uchebnoe posobie [Metrology in optical telecommunication systems : tutorial] / A. E. Mandel'. – Tomsk : Tomskij gosudarstvennyj universitet sistem upravleniya i radioelektroniki, 2014. – 139 p. – [Текст: электронный]. In Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [Electronic resource]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/72128.html>

9 **Fokin, V. G.** Volokonno-opticheskie sistemy peredachi : praktikum [Fiber optic transmission systems: workshop] / V. G. Fokin. – Новосибирск : Sibirskij

gosudarstvennyj universitet telekommunikacij i informatiki, 2011. – 58 p. – [Tekst: elektronnyj]. In Elektronno-bibliotechnaya sistema IPR BOOKS: [Electronic resource]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/35603.html>

10 **Borodihin, M. G.** Volokonno-opticheskie sistemy peredachi: praktikum [Fiber optic transmission systems : workshop] / M. G. Borodihin, K. E. Zaslavskij; pod redakciej K. E. Zaslavskij. – Novosibirsk : Sibirskij gosudarstvennyj universitet telekommunikacij i informatiki, 2010. – 139 p. – [Tekst: elektronnyj] // Elektronno-bibliotechnaya sistema IPR BOOKS: [Electronic resource]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/55443.html>

Материал поступил в редакцию 28.08.21.

*А. С. Звонцов, А. П. Кислов
Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал 28.08.21 баспаға түсті.

ОТАНДЫҚ ОПТИКАЛЫҚ БАЙЛАНЫС ЖОЛДАРЫНЫҢ ПАССИВТІ ҚҰРАМДАРЫН МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ ҚОЛДАУ

Мақалада оптикалық байланысты метрологиялық қамтамасыз ету мәселелері қарастырылған.

Қашықтықтағы оптикалық кабельдер үшін муфталарды аяқтаудың қосқыштарының түрлері мен нұсқалары көрсетілген, олар телекоммуникация саласындағы қолданыстағы стандарттарда белгіленгеннен аспайтын деректерді беру желісінің өзіндік әлсіреуін енгізеді.

Талшықты-оптикалық байланыс желілерінің құрылысы мен жұмысының әр түрлі кезеңдерінде оптикалық талшықтар мен пассивті компоненттердің параметрлерін өлшеудің әр түрлі әдістері ұсынылған.

Жарықтың оптикалық талшықтар арқылы өтуіне байланысты теориялық және практикалық мәселелер талданды.

Мультимодты оптикалық талшықты берудің негізгі сипаттамалары және пассивті оптикалық компоненттер арқылы сигнал беру кезінде оптикалық талшықта пайда болатын сызықтық емес әсерлер келтірілген.

Құрылымдық кабельдік жүйелердің орталықтандырылған оптикалық архитектурасын құрудың және оптикалық байланыстың

сапасын жақсартудың қолданыстағы техникалық шешімдерін растайтын метрологиялық өлшеулердің нәтижелері.

Кейбір алынған индикаторлар келесі функционалдық ішкі жүйелерді қамтитын физикалық инфокоммуникациялық инфрақұрылымды жобалау және орнату бойынша жұмыстарды жүргізуге мүмкіндік береді: тік кіші жүйе, белсенді желілік жабдықтар жүйесі, көлденең ішкі жүйе, жұмыс орны жүйесі.

Лазерлік сәулелену үшін оңтайландырылған мультимодты талшықтар интермоды және хроматикалық дисперсиялардың минималды мәніне ие екендігін көрсететін есептеулер келтірілген, ал ISO OSI инфокоммуникация желісінің моделінің физикалық қабатын одан әрі дамыту талшықты-оптикалық жүйелердің осы түріне толық көшуге мүмкіндік береді. өткізу қабілеттілігінің жоғары коэффициенті.

Кілтті сөздер: өткізу қабілеттілігі коэффициенті, мультимодты талшық, интермодты және хроматикалық дисперсия, оптикалық уақыттың рефлекторы, оптикалық қайтарым жоғалуы, артқы шағылудың шекті мәндері, оптикалық және гильзалық қосқыштар, талшықты-оптикалық байланыс желілерінің пассивті компоненттері

**A. S. Zvontsov, A. P. Kislov
Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 28.08.21.*

METROLOGICAL SUPPORT OF PASSIVE COMPONENTS OF FIBER-OPTICAL COMMUNICATION LINES

The article is devoted to the issues of metrological support of optical communication.

It shows the types of connectors and options for completing couplings for long-distance optical cables that can introduce their own attenuations into the data transmission network not exceeding those established by existing standards in the field of telecommunications.

Various methods of measuring the parameters of optical fibers and passive components at various stages of construction and operation of fiber-optic communication lines are presented.

Theoretical and practical issues related to the transmission of light through optical fibers are analyzed.

The main transfer characteristics of a multimode optical fiber and nonlinear effects arising in an optical fiber during signal transmission over passive optical components are presented.

The obtained results of metrological measurements corroborate the existing technical solutions for creating a centralized optical architecture of structured cable systems and for improving the quality of optical communications.

Certain obtained figures will make it possible to carry out work on the design and installation of a physical infocommunication infrastructure, which includes the following functional subsystems: vertical subsystem, active network equipment system, horizontal subsystem, and workplace system.

The presented calculations show that multimode fibers optimized for laser radiation have minimum values of intermode and chromatic dispersions, and further development of the physical layer of the ISO OSI infocommunication network model will allow a complete transition to these types of fiber-optic systems with a higher bandwidth ratio.

Keywords: modal bandwidth, multimode fiber, intermode dispersion, chromatic dispersion, optical time domain reflectometer, optical return loss, limiting values of back reflection, optical and sleeve connectors, passive components of fiber-optic communication lines.

Теруге 28.08.2021 ж. жіберілді. Басуға 11.09.2021 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

2,69 Mb RAM

Шартты баспа табағы 8,11. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: З. С. Исакова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3847

Сдано в набор 28.08.2021 г. Подписано в печать 11.09.2021 г.

Электронное издание

2,69 Mb RAM

Усл. печ. л. 8,11. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: З. С. Исакова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3847

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz