

## ТЕХНОЛОГИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ И ВОЛОКОН

СЕМИНАР КОМПАНИИ CORNING



14 декабря 2005 года отделение в странах СНГ компании Corning, США, провело в Москве очередной технический семинар "Развитие технологий оптической связи и волокон" [1]. Насыщенная программа семинара, кроме традиционного обзора динамики рынка оптических волокон (ОВ) и истории создания ОВ разных типов и поколений, включала: обзор последних достижений в технологии FTTH – "волокно к дому" по итогам Международной конференции FTTH (Октябрь 2005г.); сообщение (совместно с компанией "Связь-Электро М" – IPG Group) об использовании ОВ Corning NexCor™ и оптических усилителей (ОУ) компании IPG в сетях кабельного телевидения (КТВ). Успешность использования ОВ и ОУ была подтверждена демонстрацией передачи сигнала оптического КТВ высокой мощности по такому волокну с помощью оборудования IPG. В заключение участники заслушали сообщение о поведении ОВ в экстремальных условиях.

## РЫНОК ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

В представленном обзоре рынка ОВ Стив Кендлер отметил его стабильность в 2004 году (55 млн. км) и небольшой рост капиталовложений в отрасль в целом (2%). Наблюдаемые изменения спроса на ОВ на конец 2005 года в четырех основных сегментах рынка – дальняя связь, городские сети, сети доступа и ЛВС – те же, что и указанные в работе [2]. Цены на ОВ в 2005 годы были стабильны, и возможности их дальнейшего снижения исчерпаны на фоне роста ряда комплектующих материалов.

В мире сохраняются значительные избыточные мощности по производству ОВ и оптического кабеля (ОК), несмотря на то, что основные мировые производители ОВ продолжают останавливать и закрывать заводы, сокращая существующие мощности. В целом это выглядит так (в скобках указаны через запятую числа остановленных, закрытых или вновь открытых заводов): Corning (1,4,1), Draka-Comteq (1,4,2), Fujikura (1,0,0), OFS/Furukawa (5,0,1), Prysmian (Pirelli) (1,2,1), Sumitomo (1,1,1).

Спрос на ОВ в РФ и СНГ составит в 2005 году 1,5 млн. км. В процентном отношении его структура выглядит так: РФ – 59%, Украина – 22%, Казахстан – 9%. В РФ в 2005 году рост спроса на волокно, по сравнению с прошлым годом, существенно замедлился и составил 3%, а капиталовложения основных региональных

Н. Слепов  
nslepov@online.ru

операторов уменьшились на 30% (в основном в результате отсрочки приватизации Связьинвеста).

Рост капиталовложений в 2005 году составил 7% и был вызван появлением новых услуг, например triple play (тройная услуга по передаче голоса, видео и данных, осуществляемая одним оператором), цифрового ТВ высокого разрешения (в рамках развития технологии FTTH – волокно в дом) и дальнейшим развитием традиционных услуг ОВ-сетей и ЛВС (1- и 10-гигабитный Ethernet). Спрос на широкополосный (ШП) доступ ведет ко все большему проникновению ОВ в архитектуру сетей доступа.

С учетом этих услуг, а также традиционного роста трафика Интернета, прогнозируется устойчивый рост спроса на полосу канала со стороны пользователей. Предполагается, что в 2005 году спрос достигнет уровня 1,5 Пбайт/месяц и увеличится до 2 (2006 г.) и 5 Пбайт/месяц (2009 г.).

## ИСТОРИЯ СТАНДАРТОВ НА ОВ

В связи с появлением новой рекомендации ИТУ-Т – стандарта G.656 [3] на ОВ определенный интерес вызвало сообщение Сергея Тена "История создания ОВ разных типов и поколений в ответ на потребности развития систем передачи".

Стандарты на ОВ и ОК разрабатывают как ИТУ-Т (МСЭ), так

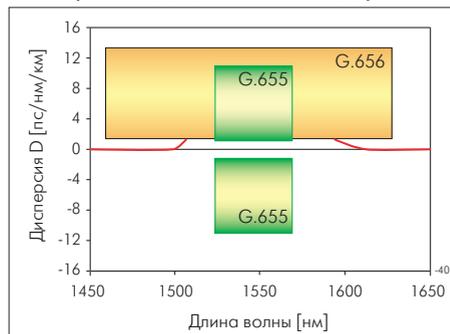
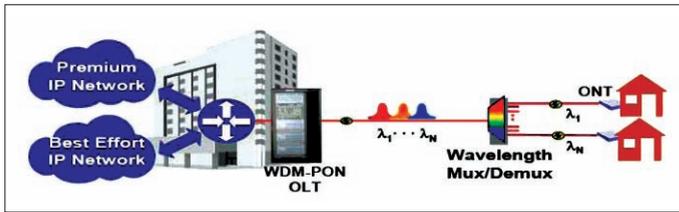


Рис. 1. Область изменения дисперсии волокон G.655 и G.656

и ИЕС (МЭК). МЭК разработал две серии стандартов, нацеленных на производителей ОВ и ОК: ИЕС-60793-1-пп/2-пп – около 60 стандартов на методы измерения параметров ОВ и различные спецификации; ИЕС-60794-1-пп/2-пп/3-пп/4-пп – десятки аналогичных стандартов на ОК. Блок стандартов ИТУ-Т, нацеленных на операторов связи, гораздо скромнее, он содержит всего семь рекомендаций (в скобках – годы первых и последних изменений):

- G.650–G.650.1/2 – определение параметров и методов тестирования ОВ (1993, 1.05);
- G.651 – характеристики градиентного многомодового (ММ) волокна 50/125 мкм (2.98);



**Рис.2. Пассивная оптическая сеть со спектральным уплотнением**

- G.652 – характеристики стандартного одномодового (ОМ) волокна (1984, 3.03);
- G.653 – характеристики ОМ волокна со смещенной дисперсией (1988, 12.03);
- G.654 – характеристики ОМ волокна со смещенной длиной волны отсечки (1988, 6.04);
- G.655 – характеристики ОМ волокна с ненулевой смещенной дисперсией (1996, 3.03);
- G.656 – характеристики волокна и кабеля с ненулевой дисперсией для ШП-транспорта (6.04).

Из этих рекомендаций для глобальных систем связи интересны четыре: G.652/653/655/656, определяющие характеристики ОВ, используемых на практике. Наиболее важной из них является *дисперсионный коэффициент* (D, [пс/нм/км]), или дисперсия. В рабочем диапазоне длин волн (даны в скобках в нанометрах) эти ОВ имеют следующие значения D: G.652: 0–20 (1310–1575); G.653: -3,5...3,5 (1510–1590); G.655: -10...-1/1–10 (1530–1565); G.656: 1–14 (1460–1630). Из этих четырех ОВ только волокно G.653 оказалось непригодным для новой стремительно развивающейся технологии спектрального мультиплексирования WDM из-за нулевой дисперсии на 1550 нм, приводившей к резкому возрастанию искажений сигнала от четырехволнового смешения (ЧВС) в этих системах [3]. Наиболее приспособленным для плотного и высокоплотного WDM (DWDM и HDWDM) оказалось ОВ G.655, а для разреженного WDM (CWDM) – недавно стандартизованное ОВ G.656 (рис. 1) – изюминка в докладе Сергея Тена.

каж): Северная Америка – 45,3 млн. (350 тыс.); Европа – 44,4 млн. (600 тыс.); Южная и Латинская Америка – 5,1 млн. (0); Азия и Австралия – 72 млн. (3,8 тыс.).

Вместе с тем сети ШП-доступа, использующие Ethernet и FTTH на базе *пассивных оптических сетей* PON растут, используя три основные архитектуры: гигабитный Ethernet, или Ethernet-PON (E-PON), и сети B-PON/G-PON на 32 (E-PON) или 64 (G-PON) абонентских выхода. При этом скорость доступа Ethernet и E-PON – 1,25 Гбит/с, а B-PON/G-PON – 0,622/2,5 Гбит/с (см. таблицу). (Более подробно о сетях PON см.: ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2005, №7.)

К этим уже устоявшимся технологиям ШП-доступа нужно добавить еще одну – технологию пассивной оптической сети с волновым мультиплексированием (спектральным уплотнением) – WDM-PON (см. схему на рис. 2). Эта технология предоставляет один оптический канал каждому абоненту (например, канал Ethernet 100 Мбит/с), реализуя фактически архитектуру точка-точка. Даже в этом экономном варианте полоса в расчете на абонента превышает показатели, доступные пользователям всех видов PON (см. таблицу).

**Различные виды PON и Ethernet**

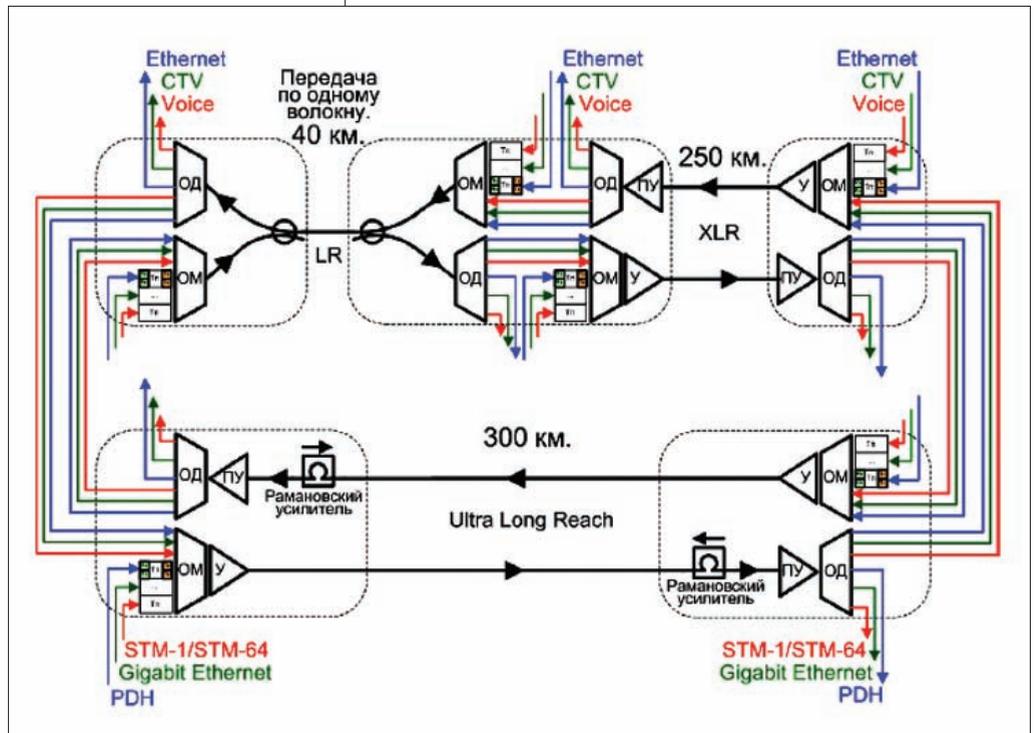
	B-PON	G-PON	E-PON	Ethernet
Стандарт	ITU-T G.983.1-3	ITU-T G.984	IEEE 802ah	IEEE 802.3z
Протокол	ATM	GEM (ATM)	Ethernet	Ethernet
Архитектура	Дерево:1:32	Дерево:1:64/1:32	Дерево:1:32	Точка-точка
Расстояние, км	20	20	20	20
Нисходящий поток, Гбит/с	0,622	1,25/2,5	1,25	1,25
Восходящий поток, Гбит/с	0,622/0,155	0,622/1,25	1,25	1,25
Полезная полоса, Гбит/с	0,528	2,3	0,9	1,0
Полоса на абонента, Мбит/с	16,5	36/72	28	1000/n

WDM-PON активно развивается. В обзоре приведен пример оборудования компании Korea Telecom. Собственно WDM-часть использует две оптические области: С – для передачи восходящего потока PON и L – для передачи нисходящего потока PON. Используя стандартный расклад – 32 абонентских узла (ONT) на 1 оконечный узел оптической сетевой линии (OLT), получаем, что шкаф

### ВОЛОКНО К ДОМУ

Второй обзор Сергея Тена был посвящен конференции и выставке "Волокно к дому 2005", состоявшейся в Лас-Вегасе (США) в октябре 2005 года – теме, уже освещавшейся на семинарах компании Corning [2]. На данном семинаре упор, как и раньше, был сделан на экономических аспектах, планах реализации в разных странах, динамике рынка услуг FTTH, использовании технологий PON (в том числе и на основе WDM и Ethernet) для реализации услуг ШП-доступа.

Сергей Тен отметил, что объем мирового рынка ШП-доступа на середину 2005 года составил 180 млн. абонентов и продолжает расти. Доминирующей на нем по-прежнему остается технология xDSL, а доля технологий FTTH равна 1–1,5% (указана в скоб-



**Рис.3. Магистральная сеть DWDM с использованием пассивных мультиплексоров ввода-вывода**

с 4 OLT-полками (по 10 карт на полку) в состоянии обслужить 1280 абонентов, используя обычные коммутаторы быстрого Ethernet.

### ВОЛОКНО NEXCOR

Доклад Стива Кендлера о волокне компании Corning нового типа NexCor, позволившего поднять порог подаваемой в ОВ оптической мощности аналогового сигнала для систем КТВ (PON) в два раза и тем самым увеличить вдвое (с 32 до 64) коэффициент разветвления абонентских окончаний, был не так интересен, поскольку во многом повторял материал, представленный на предыдущих семинарах, который мы освещали раньше, включая таблицу параметров волокна NexCor [4].

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЛОКНА NEXCOR В СЕТЯХ WDM-PON

Большой интерес вызвало подготовленное для этого семинара сообщение Владимира Трешикова – директора компании "Связь-Электро М" (IPG Group) об использовании ОВ Corning NexCor™ и ОУ компании IPG в сетях КТВ, построенных на основе сочетания технологии DWDM и PON с использованием отечественного оборудования НТО "ИРЭ Полюс" (IPG Group). В частности, была представлена система магистральной 8/12 канальной DWDM (с возможностью расширения числа каналов до 40), позволяющая строить оптическую сеть с пролетами длиной 80 км (12/40 каналов LR), 250 км (8 каналов XLR) и 300 км (8 каналов ULR), используя сочетание эрбиевых и рамановских ОУ (для пролетов XLR и ULR) (рис. 3). На по-

следнем участке, используя волокно NexCor, допускается развертывание PON с коэффициентом разветвления аналогового сигнала КТВ, равным 1:64.

Успешность использования была подтверждена демонстрацией передачи сигнала оптического КТВ высокой мощности по такому ОВ с помощью оборудования IPG.

В заключительной части семинара Сергей Акопов осветил инженерные проблемы, связанные с поведением ОВ в экстремальных условиях, вызванных предельными и запредельными (до 200–300°C) температурами окружающей среды, радиационными воздействиями различного уровня и их влиянием на показатели надежности ОВ, а также другие важные вопросы практического использования ОВ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Развитие технологий оптической связи и волокон: Материалы семинара Corning. Москва, 14 декабря 2005.
2. Слепов Н.Н. Весенний семинар компании Corning в Москве. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2005, №5, с.82–84.
3. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи: 2-е исправл. изд. – М.: Радио и связь, 2003. – 468с.
4. Слепов Н.Н. Семинар компании Corning в Москве. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2004, №5, с.86–87.