

ТЕХНОЛОГИИ xWDM – ЭТО ПЕРСПЕКТИВНО решения ГК "Натекс"

О.Чернова
fortune@nateks

В прошлом осталось время, когда емкость волоконно-оптических кабелей казалась избыточной. Сегодня в очень многих проложенных волоконно-оптических кабелях задействованы все волокна, и остро стоит проблема увеличения их канальной емкости. Единственное возможное решение – применение технологии спектрального уплотнения (DWDM/CWDM), которая становится обыденной не только на магистральных линиях, но и в сетях абонентского доступа.

ТЕХНОЛОГИИ xWDM

Напомним, в технологии DWDM для каждого канала служит своя частотная полоса, с разносом центральных несущих (сеткой частот) от 100 до 12,5 ГГц (по длине волны от 0,8 до 0,1 нм) в так называемом третьем окне прозрачности (диапазоны 1530–1565 нм (С-диапазон) и 1570–1625 нм (L-диапазон)). При этом в одном оптическом волокне (ОВ) возможно передавать от 40 до 360 каналов в С-диапазоне и до 560 – в L-диапазоне, в зависимости от шага сетки частот, со скоростями до 10 и 40 Гбит/с (в перспективе – до 100 Гбит/с). Реальное коммерчески доступное оборудование сегодня поддерживает до 80 каналов и более. Очевидно, что столь малый шаг между центральными несущими требует чрезвычайно прецизионных лазерных источников и оптических фильтров, поэтому DWDM-оборудование относительно дорого. Однако достоинства этой технологии сделали ее фактически безальтернативной на современных магистральных телекоммуникационных сетях.

Для сетей, не требующих столь высокой канальной емкости, была создана технология спектрального уплотнения с "грубой" сеткой частот – CWDM. Она подразумевает использование до 18 каналов с шагом несущих 20 нм в диапазоне 1271–1611 нм (до 8 каналов в ОВ из-за сильного затухания на более высокочастотном краю диапазона в зоне "водяного пика").

Очевидно, что для ее реализации пригодны гораздо менее прецизионные источники, что существенно удешевляет систему в целом.

Для технологий xWDM сегодня предлагается широкая гамма активного и пассивного оборудования, позволяющего создавать чрезвычайно гибкие сетевые архитектуры как по техническим возможностям, так и по функциональному назначению. К такому оборудованию относятся:

- трансиверы;
- транспондеры;

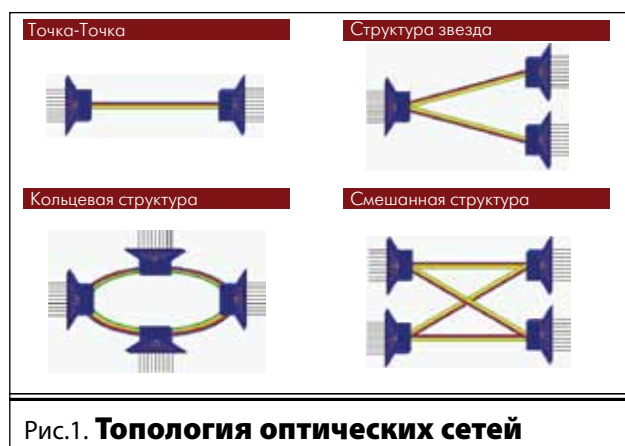


Рис.1. **Топология оптических сетей**

- пассивные оптические мультиплексоры-демультиплексоры, включая модули ввода/вывода отдельных несущих (OADM – Optical Add-Drop Multiplexer);
- модули компенсации дисперсии;
- оптические усилители.

На основе подобного оборудования возможно создание весьма гибких и топологически разнообразных сетевых архитектур (рис.1). Причем возможны комбинации оборудования DWDM и CWDM (рис.2), позволяющие в рамках существующей CWDM-сети передавать большее число каналов. Разумеется, такой подход требует учета особенностей амплитудно-частотной характеристики ОВ, но вполне приемлем.

Один из основных элементов xWDM-сетей – это транспондеры, устройства, принимающие оптический сигнал (например, STM-поток) на одной длине волны, преобразующие его в электрический сигнал, а затем формирующие оптический сигнал на заданной длине волны. Такие устройства используются для полной регенерации сигнала в транспортных сетях, а также в качестве интерфейсных конвертеров для интеграции xWDM-сетей с сетями на основе других технологий, например – SDH. Одно из решений проблемы – применение так называемых "цветных" абонентских источников, когда в SDH-оборудовании используются источники с фиксированной длиной волны, соответствующей сетке частот DWDM (CWDM). В этом случае STM-поток представляет собой сигнал на определенной стандартной длине волны, и для его передачи посредством WDM-сети достаточно пассивных мультиплексоров.

В целом, сети xWDM обеспечивают оператору чрезвычайно гибкие возможности по доставке трафика, а также по модернизации существующих сетей. Например, необходимо модернизировать существующую SDH-сеть с уровня STM-4 до STM-16 (рис.3).

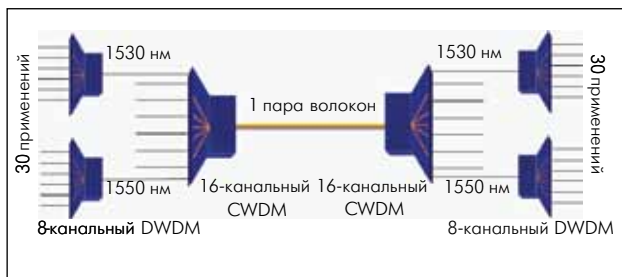


Рис.2. Интеграция DWDM- и CWDM-систем

Полностью менять всю инфраструктуру сети – это достаточно дорогое удовольствие. Кроме того, модернизированная таким образом сеть сможет предоставлять только SDH-сервисы. Другой подход заключается в установке на существующей сети оборудования спектрального уплотнения xWDM (рис.4). В этом случае может потребоваться обновление только отдельных узлов SDH. Но сеть становится универсальной, позволяющей передавать самые разные виды трафика, как синхронного, так и асинхронного (рис.5).

ЛИНЕЙКА FLEXGAIN-WDM КОМПАНИИ "НАТЕКС"

Для построения сетей xWDM компания "Натекс" предлагает достаточно широкую гамму решений, объединенных в линейки оборудования FlexGain-WDM-XXX. Гибкая и масштабируемая архитектура, широкая номенклатура оборудования позволяют поддерживать такие приложения, как мультиплексирование, увеличение дальности передачи (3R-регенерация, оптическое усиление, компенсация дисперсии), преобразование длин волн и типов интерфейсов. В линейку входит как пассивное, так и активное оборудование, специализированное шасси, а также система управления.

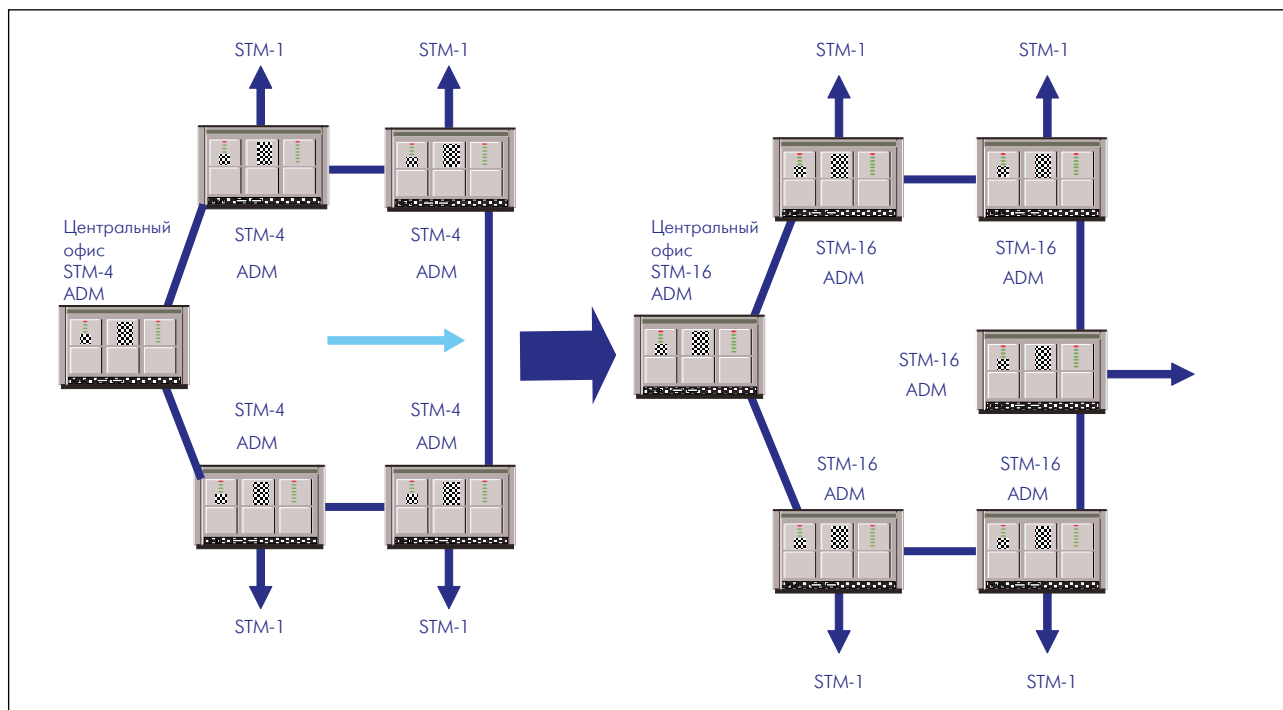


Рис.3. Пример перехода от STM-4 к STM-16

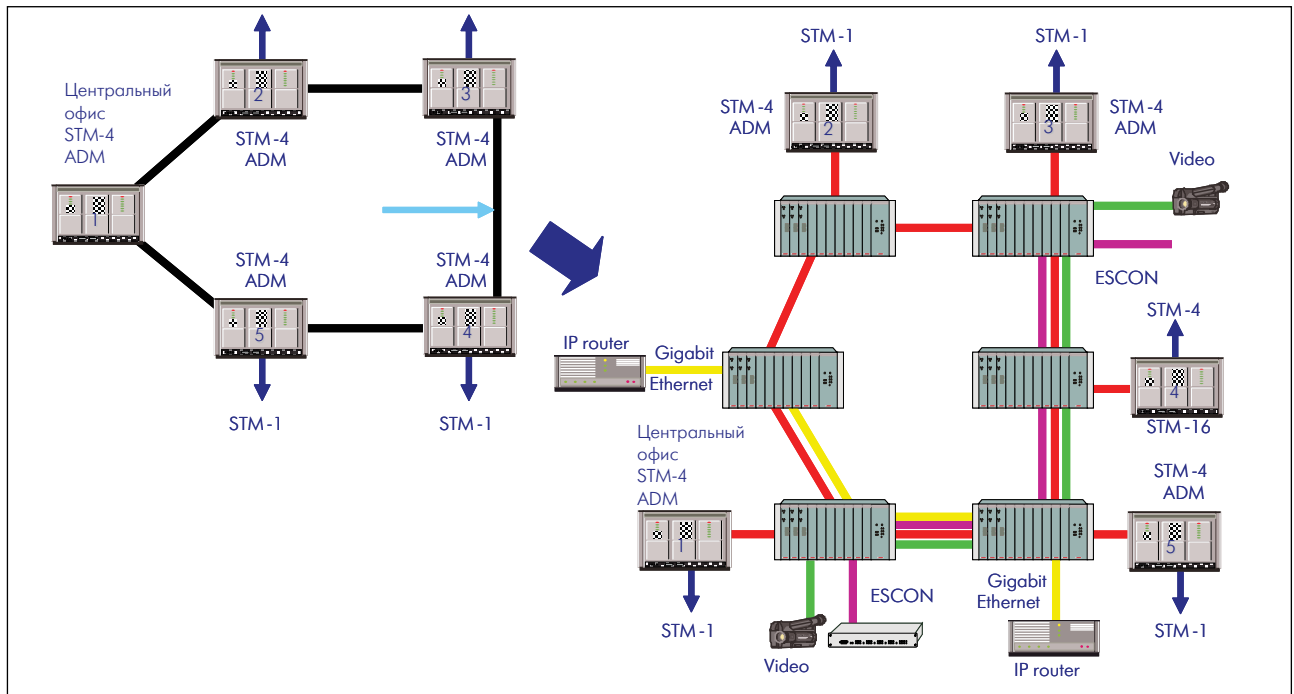


Рис.4. Модернизация SDH-сети на основе xWDM

ТРАНСПОНДЕРЫ И ТРАНСИВЕРЫ

В качестве интерфейсного элемента в сетях xWDM используются транспондеры, преобразующие входящие оптические и электрические потоки данных в модулированные xWDM-несущие. В частности, для скоростей, не превышающих STM-16 (2,5 Гбит/с), в линейку FlexGain-WDM входит 8-канальный транспондер-медиаконвертер с управлением FG-CWDM-8-TP-M (рис.6).

Изделие имеет восемь идентичных каналов, каждый из которых выполнен на базе SFP-модулей. Выбирая нужные интерфейсные трансиверные модули в SFP-формате, можно гибко конфигурировать транспондер для работы на различных длинах волн и дальностях трассы. Для организации двунаправленных каналов предусмотрены трансиверные WDM-модули для работы как по одному волокну на разных длинах волн (прием и передача), так и для работы на двух ОВ. Последние могут поставляться в исполнении CWDM. Добавляя интерфейсные Ethernet-модули 1000BASE-T, можно использовать транспондер как обычный многоканальный медиаконвертер.

В целом, транспондер позволяет преобразовывать широкополосный оптический сигнал в CWDM-сиг-

нал, а также сигнал с одной длины волны в другую; переходить от многомодового ОВ к одномодовому, преобразовывать электрический сигнал в оптический. Он поддерживает скорости передачи информации в канале от 125 до 2400 Мбит/с, что позволяет работать с широким спектром оборудования: от Fast Ethernet и STM-1 до Gigabit Ethernet и STM-16. Скорость работы каждого из каналов не зависит от остальных и настраивается автоматически.

Каждый из каналов медиаконвертера состоит из двух SFP-сокетов, в которые устанавливаются соответствующие SFP-трансиверы, схемы восстановления сигнала типа 2R (восстановление амплитуды и формы импульсов), источника питания и схемы трансляции сигнала аварии LLCF. Сокеты А и В равнозначны между собой. Сигнал, принятый трансивером в сокете А, передается на выход трансивера в сокете В, и наоборот.

Система питания изделия состоит из 2–4 (в зависимости от комплектации) вторичных источников питания, рассчитанных на напряжение 220 В переменного тока или 48 В постоянного, которые работают в режиме горячего резервирования, что обеспечивает изделие высокий уровень надежности.

Параметры EDFA-усилителей семейства FlexGain-WDM

Усилитель	FG-WDM-OBA-17/OSC-A	FG-WDM-OBA-23/OSC-A	FG-WDM-OPA-14-A
Потребляемая мощность, Вт	15	15	10
Чувствительность, дБм	-25...0	-25...0	-36...12
Диапазон усиления АРУ, дБ	10–30	16–36	16–36
Диапазон выходной мощности, дБм	0–18	0–23,5	0–15

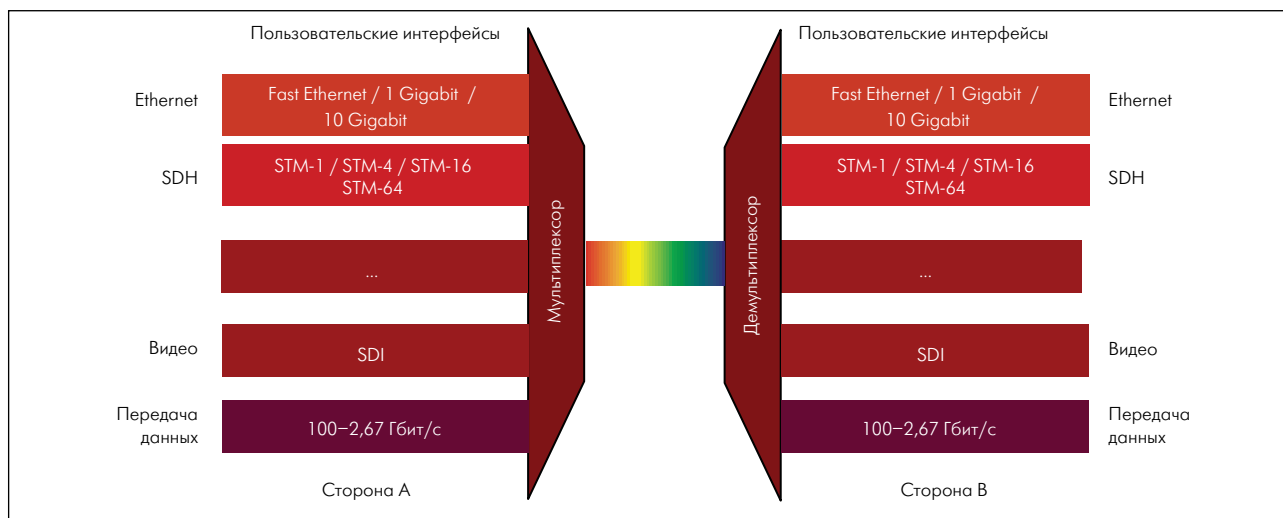


Рис.5. **Спектральное уплотнение разнородных транспортных потоков**

Управление устройством возможно как по протоколу HTTP (web-интерфейс), так и по SNMP.

Для работы с потоками со скоростями 10 Гбит/с (STM-64) служат транспондерные платы FG-WDM-SINGLELINE XFP. Этот экономичный конвертер содержит два порта интерфейсных XFP-модулей. В порты включаются XFP-трансиверы на различные длины волн (850; 1310, 1550 нм, с сетками CWDM/DWDM и др.). Поддержка того или иного вида транспортного протокола (10Gb Ethernet, STM-64 и др.) задается отдельно. Транспондер с соответствующими трансиверными модулями позволяет работать на расстояниях до 80 км. Как интеллектуальный ретранслятор, FG-WDM-SINGLELINE преобразует прозрачный канал передачи данных в соответствующую длину волны CWDM/DWDM. В устройстве можно задать или отключить опцию предупреждающей коррекции ошибок (FEC).

Особо отметим встроенную функцию полного восстановления сигнала 3R (восстановление амплитуды, формы и синхронизации сигналов), что позволит использовать FG-WDM SINGLELINE в качестве ретранслятора. Причем функция восстановления синхронизации опциональна, что отражается на стоимости устройства и позволяет пользователям оптимизировать бюджеты своих проектов.

В качестве XFP-трансиверов в линейку FlexGain-WDM входит гамма устройств различных оптических диапазонов (850 и 1550 нм и др.) Например, серийный трансивер FG-WDM-XFP-1550-80 может работать с переменной скоростью в диапазоне 9,953–11,096 Гбит/с и поддерживать длины волн DWDM ITU-T C-диапазона с шагом сетки несущих 100 ГГц. По стандартному одномодовому ОВ (1,6 пс/нм) максимальная дальность передачи составляет 80 км.

Конструктивно данный XFP-модуль – это полностью интегрированный оптический трансивер, в состав которого входят лазер на заданную длину волны с модулятором, лавинный фотодиод, предусилитель, а также интегральная схема обработки, включая преобразователь сигналов электрического интерфейса с усилителем. Трансивер имеет стабилизатор частоты излучения лазера для поддержки точной длины



Рис.6. **8-канальный транспондер-медиаконвертер с управлением FG-CWDM-8-TP-M**

волны несущей в течение всего срока эксплуатации. Напряжение питания составляет 5 В, общая потребляемая мощность – менее 4 Вт.

Для модулей типа FG-WDM-SINGLELINE в линейку FlexGain-WDM входит специальное шасси – 19-дюймовый каркас FG-WDM-CARRIER в двух вариантах: на 17 слотов (высотой 4,5U) и на четыре слота (1U) (рис.7). Шасси можно оснастить модулем системы управления NMS, что позволяет дистанционно контролировать оборудование посредством протоколов SNMP, HTTP или Telnet.



Рис.7. **Шасси FG-WDM-CARRIER а – на 17 модулей (4,5U), б – на 4 модуля (1U), в – система охлаждения**

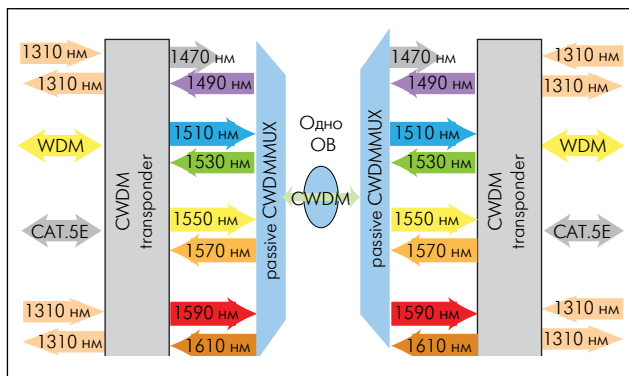


Рис.8. Включение пассивного терминального мультиплексора

В целом, шасси FG-WDM-CARRIER высотой 4,5U – одно из наиболее универсальных, адаптивных шасси в 19-дюймовом формате из представленных на телекоммуникационном рынке. Помимо упомянутых модулей в шасси можно устанавливать все виды регистраторов на скорости 2,5 или 10 Гбит/с, блоки WDM и модули TDM. Источники питания (220 В переменного тока, 24 и 48 В постоянного тока) могут использоваться как в режиме резервирования, так и в смешанном режиме.

Интеллектуальная резервная система охлаждения позволяет определить источник тепла, продлевает время работы охлаждающего модуля, таким образом обеспечивая стабильность работы всей платформы. Сама конструкция системы охлаждения позволяет устанавливать в стойке другие 19-дюймовые блоки непосредственно над или под шасси FG-WDM-CARRIER.

ПАССИВНЫЕ МУЛЬТИПЛЕКСОРЫ

Следующий за транспондером элемент xWDM-сети – пассивный мультиплексор (рис.8). В линейку FlexGain-WDM входит широкий набор такого рода устройств, с сетками частот CWDM и DWDM, на различное число входных каналов – от 4 до 40.

Например, пассивный мультиплексор FG-WDM-DWDM 2U поддерживает 40 каналов в диапазоне 1530,33–1561,42 нм с шагом 0,8 нм. Потери по затуханию (мультиплексор + демультиплексор) не превышают 7,8 дБ. Такие мультиплексоры/демультиплексоры используются в приложениях «точка-точка» совместно с недорогими активными или пассивными системами спектрального уплотнения (DWDM). Подобная система позволяет передавать до 40 приложений по одной паре ОБ без каких-либо дополнительных устройств. Более того, если мультиплексор используется для спектрального уплотнения "окрашенных" STM-каналов (а именно такое SDH-оборудование производит компания "Натекс"), то для таких потоков потребность в трансиверных модулях на входе мультиплексора отпадает, что существенно упрощает систему.

Помимо описанных терминальных мультиплексоров в сетях xWDM используются так называемые оптические мультиплексоры ввода-вывода OADM. В частности, двухканальный CWDM-модуль FG-OADM предназначен для добавления-

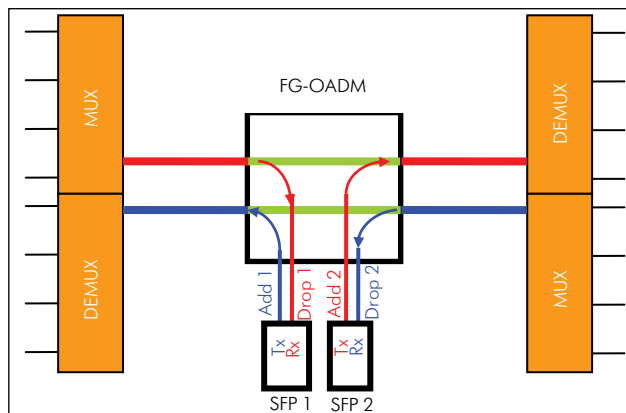


Рис.9. Включение OADM

выделения необходимой длины волны из общего потока CWDM, передаваемого по двум ОБ (рис.9). FG-OADM поддерживает скорость передачи от 2 Мбит/с до 10 Гбит/с. Он выполнен в виде пластикового бокса, пригодного для установки в оптические муфты, с оптическими портами типа LC и другими разъемами. Имеется и исполнение в 19-дюймовом корпусе для монтажа в стойку.

ОПТИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ И КОМПЕНСАТОРЫ ДИСПЕРСИИ

Как и любой другой, оптический сигнал подвержен затуханию. При передаче на расстояния в свыше 80 км (в зависимости от мощности выходного сигнала, типа оборудования и ОБ) его нужно усиливать. Для этого служит гамма оптических усилителей на основе легированных эрбием оптических волокон (EDFA) (см. табл.). Помимо информационных несущих, усилители работают с внеполосным контрольным каналом OSC (1510 нм) с низкой скоростью передачи данных (до 2 Мбит/с).

Отметим, что помимо относительно недорогих оптических EDFA-усилителей в линейку входят и оптические усилители на основе эффекта Рамана. Они обладают большими шириной полосы пропускания и мощностью, позволяют работать на расстояниях до 200 км, но и стоят дороже.

Для увеличения дальности передачи служат и модули компенсации хроматической дисперсии, предназначенные для линий длиной от 20 до 200 км. Устройство работает с шагом сетки частот 100 ГГц на скоростях 10 и 40 Гбит/с. Вносимые потери, в зависимости от типа, составляют от 3 до 5 дБ.

Отметим, что оптическое усиление и компенсация хроматической дисперсии эффективны лишь в определенных пределах. Усилитель не способен сохранить исходное отношение сигнал-шум, оно неизбежно падает. Из-за хроматической дисперсии, дисперсии поляризованных мод импульсы сигнала расширяются, теряя исходную форму. При превышении определенного порога суммарной мощности сигнала в ОБ начинают проявляться различные нелинейные эффекты, также приводящие к снижению отношения сигнал-шум и к потере формы сигнала. Поэтому при передаче на дальние расстояния через определенные промежутки сигнал необходимо регенерировать – преобра-

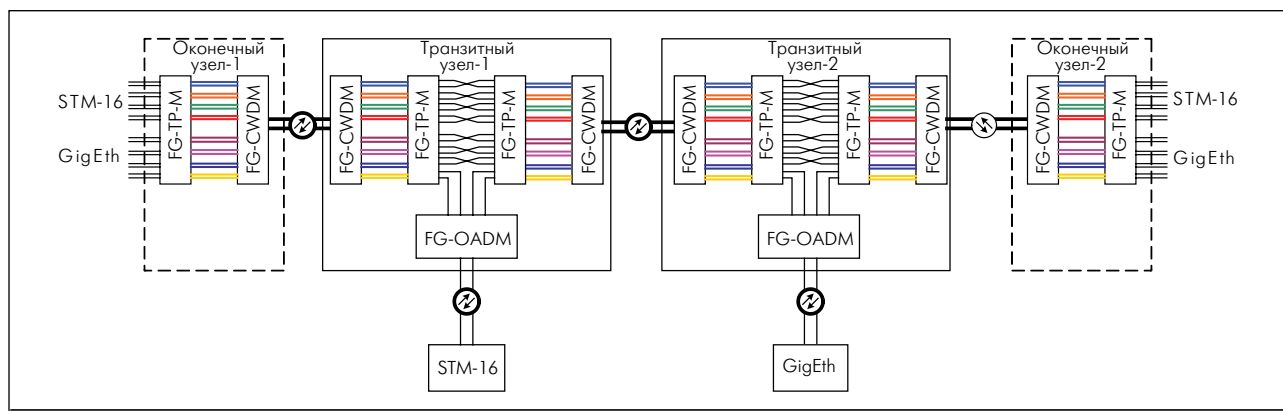


Рис.10. **Линия с регенераторами оптического сигнала и отводами**

зовывать его в электрическую форму, а затем заново формировать оптический сигнал. При этом можно восстанавливать не только форму исходного потока битов, но и синхронизацию всего потока. Очевидный способ построения такого рода регенераторов – последовательное включение "спиной к спине" двух транспондеров и двух пассивных мультиплексоров (рис.10), что легко реализуется посредством рассмотренного оборудования.

В заключение отметим, что линейка оборудования FlexGain-WDM предлагает набор гибких и бюджетных решений для построения и модернизации сетей различного уровня. Она позволяет не

только наиболее оптимально построить сеть под заданный сценарий ее эксплуатации, минимизируя начальные затраты. Впоследствии, по мере развития сети, возможно гибко наращивать ее инфраструктуру, изменять конфигурацию узлов и всей сети в целом.

Существенным достоинством являются встроенные средства диагностики, система управления и мониторинга. Все это позволяет как создавать полностью законченные, управляемые "из конца в конец" решения, так и использовать отдельные элементы линейки FlexGain-WDM в уже существующих оптических транспортных системах, совместно с оборудованием третьих фирм.