

# G-PON: ОПТИЧЕСКИЕ СЕТИ ДОСТУПА XXI ВЕКА

Пассивные оптические сети доступа PON, впервые стандартизованные как сети ATM-PON, или A-PON (ITU-T G.983.1), на базе технологии ATM в 1998 году, быстро прогрессировали не только в отношении увеличения скорости передачи (первоначально скорости восходящего, или обратного, потока составляли 155 Мбит/с, а нисходящего, или прямого, — 622 Мбит/с), но и использования новых технологий (SDH, WDM), интерфейсов и функций. Так появились широкополосные PON, или В-PON (2001 год), допускающие динамическое назначение полосы (DBA) для приложений и поддерживающие существенно большее число интерфейсов, включая Ethernet и телефонию (FXS), а затем (2003 год) и гигабитные PON, или G-PON.

Технология G-PON как логичное развитие В-PON допускала увеличение скорости до 2,5 Гбит/с, а также применение метода гигабитной инкапсуляции (GEM) — стандартной процедуры формирования полезной нагрузки пассивных оптических сетей G-PON. Обзору оборудования компании Terawave для сетей G-PON посвящена предлагаемая статья, написанная по материалам презентации, представленной компанией.

## ПРЕИМУЩЕСТВА G-PON

Использование технологии G-PON, по сравнению с другими технологиями PON, дает следующие преимущества (расшифровка сокращений — во врезке или словаре [1]):

- четырехкратное увеличение скорости передачи (полосы пропускания прямого канала) — до 2,5 Гбит/с (идеальное с точки зрения использования приложений IPTV);

Б.Ауэрбах  
bauerbuch@terawave.com

- наличие глубокопроработанных стандартов как на технологию G-PON, так и на управляющие протоколы (G.984.1–G.984.4);
- использование симметричного и асимметричного вариантов прямого и обратного каналов;
- возможность переноса сигналов синхронизации через среду передачи;
- высокая эффективность использования полосы пропускания (>90%);
- увеличение до 28 дБм (FSAN Class B+) оптического бюджета мощности;
- увеличение до 64 (то есть вдвое) максимального числа абонентских узлов на одно волокно (максимальный радиус сети: 10 км при коэффициенте разветвления 1:64; 20 км — при 1:32).

## РЕАЛИЗУЕМЫЕ СЕРВИСЫ

Указанные преимущества G-PON позволяют реализовать практически все виды сервиса:

- передачу видео с помощью IP-протокола (IPTV) во всех режимах — односточечном, многоточечном и широковещательном, включая видео по требованию (VOD) в односточечном режиме;
- передачу голоса с помощью IP-протокола (VoIP, фактически IP-телефония через ТфОП, с поддержкой протоколов H.248, SIP, MGCP);
- передачу данных: Ethernet 10/100/1000Base-T; сервисы ЛВС (E-LAN) и виртуальных сетей (VPLS, VPN); реализация функции безопасности транспортного уровня (TLS);
- сервисы TDM для частных линий: дробные E1/T1, фреймированные и нефреймированные E1/T1.

## АРХИТЕКТУРА G-PON ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ FTTH

Перечисленные сервисы могут доставляться из центрального офиса/узла CO (1) провайдера услуг абонентам с помощью сети G-PON, упрощенная схема которой показана на рис.1. Эта схема реализу-

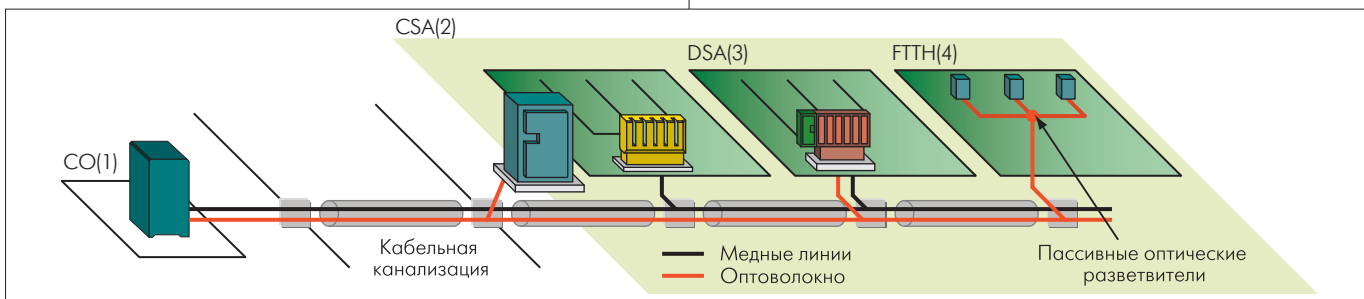


Рис. 1. Архитектура PON, использующая технологии FTTH

**Таблица 1. Параметры оборудования G-PON OLT**

G-PON OLT	WAN-интерфейсы	Тип исполнения	PON-интерфейсы	Синхронизация	Управление	Примечание
TW800 OLT	2×GE или 1×10GE (OB); 2×STM-16/STM-4 или STM-1 (по выбору)	Устанавливается в стойку 19", 1RU ETSI/ANSI	4×G-PON; G.984.x 1,25-2,5/0,622-1,2 Гбит/с (прямой/обратный трафик)	Синхровход E1 или адаптивный источник синхронизации от GE	Система управления Terawave TMS. Аварийная сигнализация	Для сетей с оборудованием компании Terawave
TW801 OLT	Имеет те же характеристики, что и TW800 OLT, но совместим с устройством GeoStream Access					
GeoStream Access Gate-way Hub 1000	Коммутатор-концентратор класса DSLAM, поддерживает до 1984 линий DSL и 4 внешних порта STM-1/4. Модульное исполнение шасси позволяет поддерживать различные типы xDSL-карт в любом наборе: ADSL, SDSL, VDSL, а также интегрированный голос (VoA, VoIP), E1/E3, GE					Продукт, поддерживаемый оборудованием Terawave

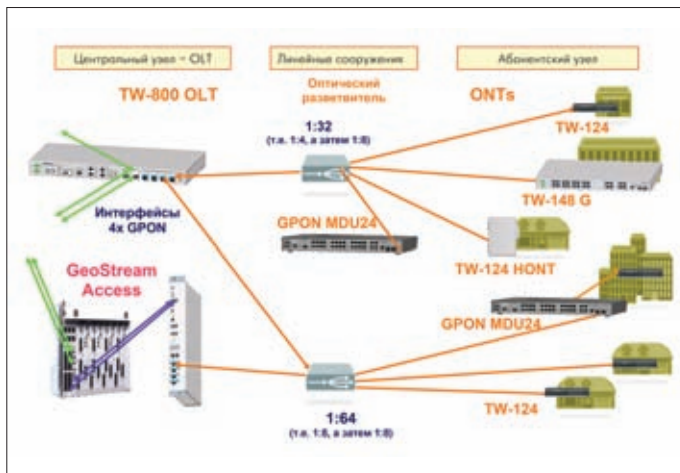
**Таблица 2. Параметры коммутатора-концентратора G-PON MDU**

G-PON OLT	LAN-интерфейсы	Тип исполнения	PON-интерфейсы	Коммутация	Управление	Питание
G-PON MDU Switch	24/48 портов (2 блока) T: 10/100Base-T (Cat. 5); F: 100Base-BX10-D; V: VDSL2 (медные линии); L: LRE (медные линии); 1×GE; 4×T1/E1 (порты)	Устанавливается в стойку 19", 1RU ETSI/ANSI	1 или 2×G-PON – оптический интерфейс	L2-коммутатор с поддержкой IGMP, MPLS и распределенных сетей	Местный/удаленный SNMP-мониторинг; управление полосой пропускания портов	12В DC или 110-240В AC с адаптером UAC; PoE (на группе из 8 портов)

ет три известные технологии доставки сервиса по оптическому волокну FTТх:

- FTТCSA – оптическое волокно (OB) до *центральной зоны обслуживания CSA* (2). Технология увеличивает полосу пропускания за счет OB на участке CO-CSA, однако доля медной части сети доступа до абонентов еще велика и ограничивает широкополосность;
- FTТNode, FTТMDU – OB до абонентского узла (3), или *зоны цифрового обслуживания DSA*, формируемой из *кварталов жилых домов MDU* (3); доля медной части сети здесь сокращена и не превышает 1 км;
- FTТH (FTТHome) – OB до дома абонента (4); доля медной части практически сведена к нулю, поэтому может быть достигнута максимальная широкополосность, ограничиваемая только технологией доставки (то есть G-PON).

распределительная сеть (OSP); абонентские узлы/помещения (CP), представленные блоком ONT – *оптическим сетевым окончанием* на стороне подключения к оборудованию абонентов (пользователей сервисов) через *пользовательские/абонентские сетевые интерфейсы UNI*.

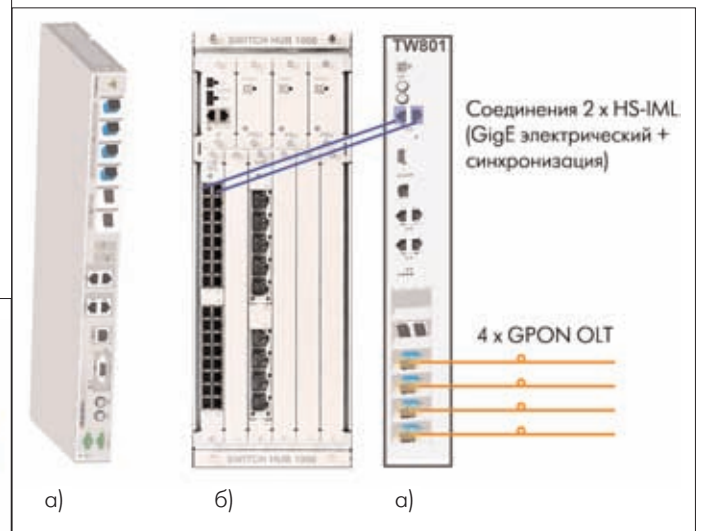


**Рис. 2. Функциональные связи оборудования для сетей G-PON**

**Внутренняя архитектура PON** полностью описана в рекомендации ITU-T G.984.1 (см. также в работе [2]). В соответствии с ней сеть PON можно разделить на три функциональные части: центральный узел/офис (CO), представленный блоком OLT – *окончанием оптической линии* на стороне подключения к магистральным сетям (источникам сервисов) через *сервисные сетевые интерфейсы SNI*;

**Таблица 3. Параметры оборудования G-PON ONT**

G-PON OLT	LAN-интерфейсы	Тип исполнения	PON-интерфейсы	Коммутация	Управление	Питание
TW148G Business	4 порта (электрические); 10/100Base-T (Cat. 5); PoE (4 порта); Виртуальный тест	Устанавливается в стойку 19", 1RU ETSI/ANSI	1 или 2×G-PON – оптический интерфейс	4×T1/E1 (порты); 16×POTS (для VoIP)	Местный/удаленный SNMP-мониторинг; управление полосой пропускания портов	12В DC или 110-240В AC с UAC; PoE (4 порта)
TW124G Indoor	2 порта (электрические); 10/100Base-T (Cat. 5); PoE (1 порт); Виртуальный тест	Вертикальная/горизонтальная установка на полке или на стене	1×G-PON – оптический интерфейс	4×POTS (для VoIP)	Н/д	12В DC, внешнее; возможно 8-часовое резервное копирование
TW124G HONT	2 порта (электрические); 10/100Base-T (Cat. 5); PoE (1 порт)	Установка внешняя: на стене или внутренняя: в защитном корпусе	1×G-PON – оптический интерфейс	4×POTS (для VoIP)	Н/д	110-220В AC внешнее с UAC; возможно 8-часовое резервное копирование

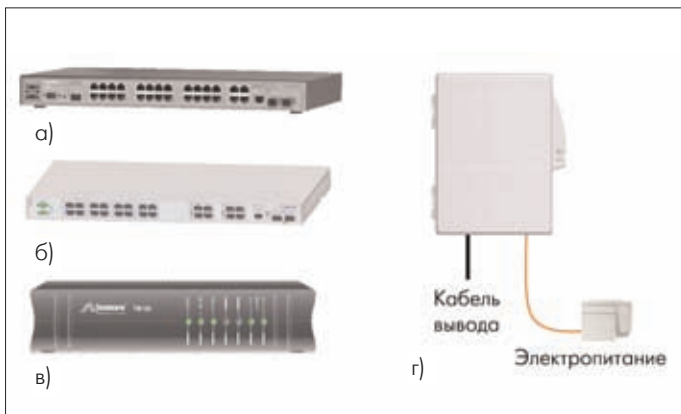


**Рис. 3. Терминалы центрального узла TW800/801 OLT (а) и GeoStream Access Hub 1000 (б)**

**Типы оборудования.** На рис. 2 представлено оборудование для сетей G-PON, выпускаемое компанией Terawave и другими производителями. По назначению его можно разделить на три группы:

- для центрального узла (G-PON OLT): TW-800, TW-801 (Terawave) и GeoStream Access;
- для распределительной сети (G-PON OSP): G-PON MDU24, оптические разветвители (1:32 и 1:64);
- для абонентского узла (G-PON ONT): TW-124, TW-148, G-PON MDU24.

Параметры оборудования G-PON приведены в табл. 1–3, а внешний вид показан на рис. 3 и 4.



**Рис. 4. Коммутатор-распределитель G-PON MDU (а) и терминалы абонентского узла TW148G Business ONT (б), TW124G Indoor ONT (в), TW124G HONT (г)**

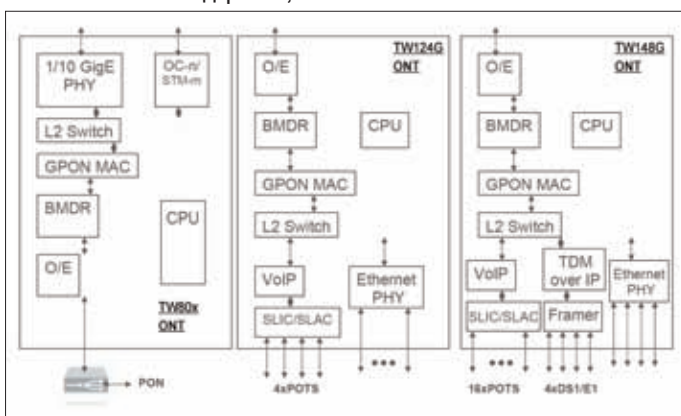
Блок-схемы основного G-PON-оборудования представлены на рис. 5. Если для TW800/801 важной особенностью являются сервисные сетевые интерфейсы 1/10GE и STM-1/4/16, то для абонентских терминалов TW124G/148G – пользовательские интерфейсы POTS (а значит, и блоки IP-телефонии VoIP и SLIC/SLAC), T1/E1 (а значит, и блоки TDM и Framer) и 10/100/1000Base-T (а значит, и блок, обеспечивающий физический уровень Ethernet-PHY). Так как передача голоса и данных проводится с помощью IP-протокола, а Ethernet – технология, работающая на уровне L2 модели OSI, то необходимы блоки L2 Switch и G-PON MAC. Неотъемлемые атрибуты таких устройств – оптоэлектронные преобразователи О/Е и процессоры (CPU). Специфическим блоком является BMDR – специализированная ИС компании Terawave, реализующая режим монопольной передачи данных для восходящего (обратного) потока данных на скорости 622 Мбит/с.

**СЕРВИСЫ, ОБСЛУЖИВАЕМЫЕ СЕТЯМИ PON**

Сети PON обслуживают практически все возможные сервисы передачи данных, голоса и видео. Если передача данных основана на использовании технологии Ethernet, то передача голоса и видео – на использовании IP-протокола (технологии VoIP и IPTV). В качестве примера рассмотрим реализацию сервиса VoIP на основе использования оборудования компании Terawave. Схема реализации приведена на рис.6.

На оборудовании G-PON OLT реализация сервисов VoIP имеет следующие особенности:

- трафик VoIP передается через устройство OLT прозрачно;
- блок управления G-PON поддерживает постоянную скорость передачи (CBR), позволяя минимизировать джиттер для трафика, чувствительного к задержкам;



**Рис. 5. Блок-схемы G-PON-оборудования: TW800, TW124G и TW148G**

**РАСШИФРОВКА СОКРАЩЕНИЙ**

- 1RU – One Rack Unit** – блок единичной высоты, устанавливаемый в стойку (1RU по высоте равен 1,75" = 44,45 мм).
- B-CDR – Burst Mode Clock and Data Recovery** – восстановление данных и синхронизации при монопольном режиме передачи.
- BMDR – Burst Mode Data Recovery** – восстановление данных при монопольном режиме передачи (аналогичен общему термину B-CDR).
- CP – Customer Premise** – дом/помещение пользователя/абонента/клиента (в котором, например, устанавливается оборудование – CPE).
- CSA – Central Service Area** – центральная зона обслуживания.
- DBA – Dynamic Bandwidth Assignment** – динамическое назначение полосы (частот) приложений в сети BPON.
- DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol** – протокол динамической реконфигурации хостов/главных компьютеров – протокол (расширение BOOTP), обеспечивающий средства управления конфигурацией рабочих станций в среде TCP/IP.
- DSA – Digital Serving Area** – зона цифрового обслуживания.
- DSCP – Differential/Differentiated Services Control Point** – метка/код управления различными сервисами – маркировка пакетов определенным кодом, значение которого (DSCP value) позволяет управлять скоростью прохождения трафика через интерфейс.
- DSL – Digital Subscriber Line** – цифровая абонентская линия (или карта DSL).
- DSLAM – Digital Subscriber Line Access Multiplexer** – мультиплексор доступа цифровых абонентских линий.
- E-LAN – Ethernet LAN** – ЛВС Ethernet – тип сервиса Ethernet, см. спецификацию MEF 10 [1].
- Framer** – формирователь кадра/фрейма/устройство синхронизации кадра/фрейма (устройство, осуществляющее, например, формирование PDH-фреймов T1/E1).
- FSAN – Full Service Access Network** – сети доступа полного сервисного обслуживания – Консорциум основных глобальных сетевых операторов.
- FTTCab – Fiber-To-The Cabinet** – оптическое волокно до телефонного шкафа/будки.
- FTTCSA – Fiber To The Central Service Area** – оптическое волокно до центральной зоны обслуживания.
- FTTH – Fiber-To-The-Home** – оптическое волокно до дома.
- FTTMDU – Fiber To The Multi-Dwelling Unit** – оптическое волокно до блока/квартиры жилых домов.
- FTTNode – Fiber To The Node** – оптическое волокно до абонентского узла.
- FTTP – Fiber-To-The-Premises** – оптическое волокно до помещения абонента.
- GE – GigE – Gigabit Ethernet** – (технология/сеть) гигабитного Ethernet – скорость передачи 1000 Мбит/с, кодирование на физическом уровне – 8/10В (требуемая полоса – 1,25 Гбит/с), другое обозначение 1000BASE-xx.
- HONT – Home Optical Network Termination** – домашнее оптическое сетевое окончание (в сетях PON).
- HS-IML – High Speed Interface Management Language** – язык управления высокоскоростными интерфейсами.
- IGMP – Internet Group Multicast Protocol** – протокол многоадресной рассылки группам (пользователей) в Интернете – протокол OSI.
- IPTV – TVoIP – TV over IP (networks)** – передача ТВ-сигнала по IP-сети.
- LRE – Long Reach Ethernet** – длиннопролетный Ethernet.
- MDU – Multi-Dwelling Unit** – блок/квартира жилых домов.
- MGCP – Media Gateway Control Protocol** – протокол управления транспортным шлюзом – управляет шлюзами телефонии через внешние элементы управления вызовом, взаимодействующие с контроллерами шлюзов.
- MPLS – Multi-Protocol / Multiprotocol Label Switching** – многопротокольная коммутация с использованием меток – технология коммутации, использующая метки в пакетах данных и позволяющая создавать выделенные коммутируемые потоки.
- MTU – Multi-Tenant Unit** – многоквартирный дом/блок.
- OLT – Optical Line Termination** – окончание оптической линии.

**OMCI – ONT Management and Control Interface** – интерфейс управления и менеджмента оптического сетевого терминала (ONT) (для сетей PON см. стандарты ITU-T G.983.x, G.984.x).

**ONT – Optical Network Termination** – оптическое сетевое окончание.

**OSP – Outside Plant** – линейная служба; линейные сооружения

**PoE – Power Over Ethernet** – подача питания по (сети) Ethernet (функция дистанционной подачи питания).

**POTS – Plain Old Telephone Service** – традиционный (аналоговый) телефонный сервис.

**SDP – Session Data Protocol** – протокол (описания) данных сеанса связи/сессии.

**SIP – Session Initiation Protocol** – протокол инициализации сессии/сеанса связи – протокол сигнализации для мультимедиа-конференций, IP-телефонии и мобильных сетей.

**SLAC – Subscriber Line Audio processing Circuit** – схема обработки звукового сигнала абонентской линии.

**SLIC – Subscriber Line Interface Circuit** – интерфейс абонентской линии; абонентский комплект.

**SNMP – Simple Network Management Protocol** – простой протокол управления сетью – протокол, использующий базу данных MIB для запоминания состояний управляемых устройств, подключенных к сети, или RMON MIB для отслеживания состояния сетевого трафика.

**TLS – Transport Layer Security** – безопасность транспортного уровня.

**UAC – Universal Alternative Current (power adapter)** – адаптер универсального источника питания переменного тока (110–220 В).

**VoIP – Voice (services) Over Internet Protocol** – передача голоса с помощью IP-протокола.

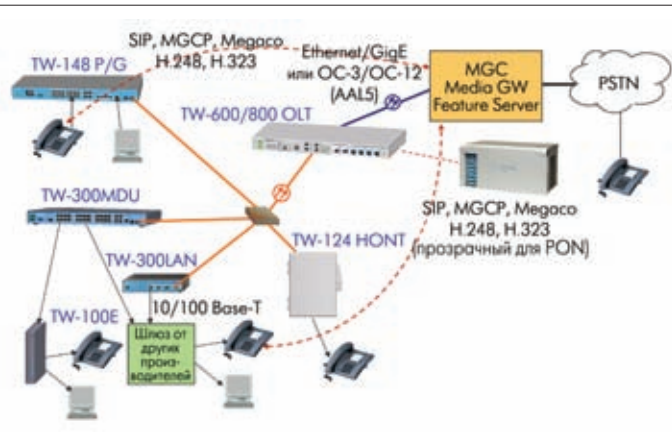
**VPLS – Virtual Private LAN Service** – сервис виртуальных частных ЛВС.

**VPN – Virtual Private Network** – виртуальная сеть частного пользования; виртуальная частная сеть – тип виртуальной сети, предлагающий абонентам одноименный сервис на основе создания и поддержки такой сети (для ISDN включена в набор CS1).

- L2-переключатель на устройствах OLT поддерживает приоритетность трафика и в случае возникновения перегрузки обрабатывает трафик VoIP как трафик высшего приоритета;
- для трафика, чувствительного к задержкам, маркируется/активируется бит приоритета, предусмотренный IEEE 802.1p/DSCP. Аналогично, на оборудовании G-PON ONT поддерживаются следующие особенности:

- 4 порта POTS;
- конфигурация динамической IP-адресации с помощью DHCP;
- варианты функционирования голосового шлюза, например:
  - совместимый с IETF RFC 3435 (MGCP) и RFC 2327 (SDP);
  - совместимый с IETF RFC 3525 (Megaco Protocol);
  - совместимый с ITU-T H.248.1 и др.;
- обработка сигнала с помощью DSP (цифровых сигнальных процессоров), варианты функционирования:
  - эхоподавление (до 128 мс) согласно G.165/G.168;
  - кодирование большого набора с использованием кодеков: G.711, G.723.1a, G.726, G.729a,b;
  - включение детектора голосовой активности и генератора комфортного шума;
- дополнительные сервисы;
- набор протоколов, обслуживающих VoIP: H.323, H.248, SIP (RFC 2543), MGCP (RFC 2705) и др.

Схема на рис.6 реализована не только на оборудовании G-PON (которое в данный момент находится в стадии разработки), но и на B-PON (которое поставляется на рынок последние пять лет) компании Terawave. В качестве устройств центрального узла OLT вместо TW800 может использоваться TW600, отличающийся от него, глав-



**Рис.6. Архитектура сети PON для передачи голоса по технологии VoIP**

ным образом, меньшей скоростью передачи (622 Мбит/с, симметричная) и отсутствием 10GE. В качестве абонентских терминалов используется набор ONT-устройств, обеспечивающих абонентам различные сервисы, указанные в табл.4.

**Таблица 4. Параметры оборудования B-PON ONT**

Устройства B-PON ONT	T1/E1	Ethernet		POTS	Дополнительные интерфейсы	
		10/100Base-T	GE			
TW-300 Lite	4×T1/E1	1×10/100Base-T	–	–	–	
TW-300	Слот 1	8	4 или 2	–	8	T3, FXS, X21, V.35, TTL, RS-530, видео, аудио
	Слот 2	8	4 или 2	–	8	
	Слот 3	4×T1/E1	1×10/100Base-T	–	–	
TW-400	Слот 1	8	4 или 2	–	8	T3, FXS, X21, V.35, TTL, RS-530, видео, аудио
	Слот 2	8	4 или 2	–	8	
	Слот 3	4×T1/E1	1×10/100Base-T	–	–	
TW-300 LAN	–	2	–	–	–	
TW-300 LANplus	1	2	–	–	–	
TW-124 Indoor	–	2	–	4 или 0	–	
TW-148 BIZ	4	4	–	16	–	
TW-300 SME	1	2	–	8	–	
TW-300 MDU24T	4 или 0	24	1	–	–	
TW-300 MDU24V	4 или 0	VDSL2	1	–	–	
TW-300 MDU24TS	4 или 0	48	–	–	–	

## ЛИТЕРАТУРА

1. Слепов Н.Н. Англо-русский толковый словарь сокращений в области связи, компьютерных и информационных технологий. 3-е перераб. и доп. изд. – М.: Радио и связь, 2005.
2. Слепов Н. Сети доступа. Основные понятия и оборудование. – Наст. номер, с.10.