

УДК 621.396:004.738.5

В. Г. ШЕВЧУК, доцент, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Я. С. ЁЛКИН, инженер, Гомельское областное управление МВД Республики Беларусь; Б. М. ПРИСТУПИН, инженер, Гомельский филиал РУП «Белтелеком»

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ PON НА УРОВНЕ ДОСТУПА АБОНЕНТОВ К ТРАНСПОРТНОМУ УРОВНЮ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

Рассмотрено применение технологии PON для предоставления возможности населению пользоваться существующими инфокоммуникационными услугами с обеспечением наилучших параметров качества обслуживания посредством применения современных передовых технологий в области связи.

Передовой технологией, применяемой на уровне доступа NGN (Next generation network), является технология PON (Passive optical network). Ее разработка началась в конце XX века, когда возник вопрос о предоставлении множественного доступа посредством использования только одного оптического волокна [1].

Идея технологии пассивных оптических сетей состоит в том, что между оптическим линейным терминалом и оптическими абонентскими терминалами существует оптическая сеть, предполагающая полное отсутствие в промежуточных узлах активного оборудования.

Разделение сигнала в одноволоконной оптической системе передачи осуществляется при помощи пассивных оптических разветвителей мощности (сплиттеров).

Отсутствие потребности в дополнительном электропитании и обслуживании повышает привлекательность пассивной оптической сети с точки зрения трудозатрат на обслуживание и затрат на электроэнергию, что осо-

бенно важно при выполнении Указа Президента Республики Беларусь № 537 от 29 ноября 2012 г., в котором 2013 год объявлен Годом бережливости.

При построении мультисервисной сети связи следующего поколения одним из важнейших моментов является выбор используемой технологии на уровне доступа [4].

В настоящее время наиболее перспективным направлением развития транспортного уровня сетей является использование оптического волокна в качестве среды передачи, так как ресурс оптического волокна позволяет удовлетворить не только существующие потребности, но и возрастающие «аппетиты» пользователей по качеству и количеству предоставляемых услуг. В этой связи предпочтение отдается технологии PON, где в качестве среды передачи используется именно оптическое волокно [1]. Принцип действия технологии PON представлен на рисунке 1.

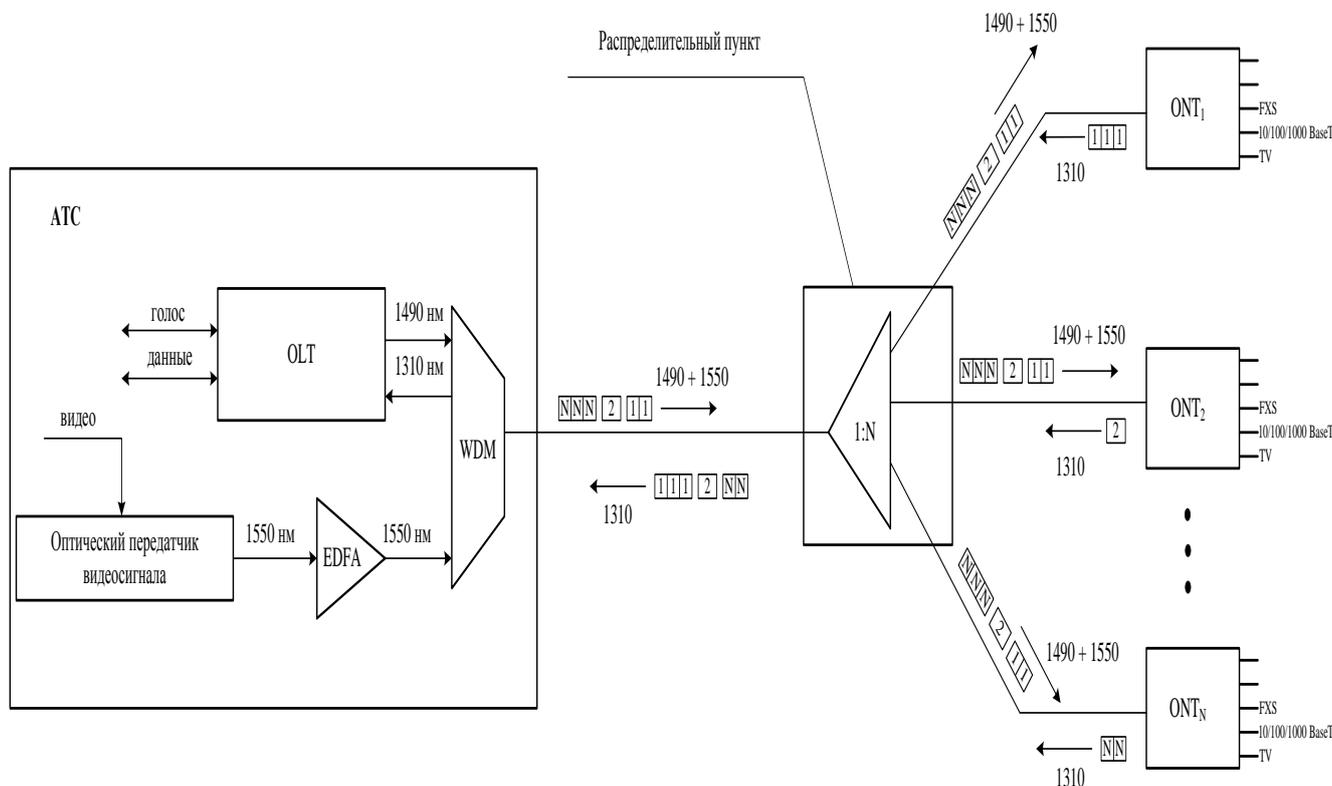


Рисунок 1 – Принцип действия технологии PON

В прямом направлении (от оптического линейного терминала к оптическому сетевому терминалу) поток информации передается на длине волны 1490 нм, а также существует возможность передачи телевизионного сигнала всем абонентам на длине волны 1550 нм. Для данных целей используется оптический мультиплексор WDM, устанавливаемый в станционном помещении и служащий для объединения сигналов на длинах волн 1490 нм и 1550 нм.

В прямом направлении поток информации является широкополосным, то есть весь поток приходит к каждому абоненту, а часть потока, предназначенная для конкретного абонента, выделяется с помощью оптического сетевого терминала [2]. В обратном направлении (от оптического сетевого терминала к оптическому линейному терминалу) потоки информации от абонентов передаются на длине волны 1310 нм в соответствии с протоколом множественного доступа с временным разделением (TDMA) [3]. Потоки в прямом и обратном направлениях передаются по одному оптическому волокну, что является возможным благодаря использованию спектрального уплотнения по длине волны (WDM) путем предоставления двух длин волн – 1490 и 1310 нм [2].

При организации мультисервисной сети связи наиболее важным является выбор оптимальной разновидности технологии PON. Существует несколько типов пассивных оптических сетей [1, 2]: APON (ATM PON); BPON (Broadband PON); EPON (Ethernet PON); GPON (Gigabit PON). В таблице 1 представлен сравнительный анализ характеристик каждого из типов технологии PON между собой [1–3].

Сеть, построенная по технологии PON, включает в себя три структурные составляющие [1]:

- станционный участок – оборудование, включающее в себя оптический линейный терминал, WDM мультиплексор и оптический кросс высокой плотности, смонтированные на узле электросвязи в помещении АТС;

- линейный участок – совокупность волоконно-оптических кабелей, оптических распределительных шкафов, оптических распределительных коробок, оптических разветвителей, оптических коннекторов, адаптеров и соединителей, которые находятся между станционным и абонентским участками;

- абонентский участок – участок от оптической распределительной коробки до оптической абонентской розетки и оптического сетевого терминала, установленных непосредственно у абонента.

Использование технологии PON на уровне доступа сети следующего поколения обеспечивает ряд преимуществ:

- рациональное использование оптических волокон;
- минимальное количество источников оптического излучения, установленных в линейных картах оптического линейного терминала;

- предоставление, в соответствии с концепцией Triple Play, возможности передачи по сети трех видов информации: данных, видео и голоса;

- отсутствие необходимости электропитания оптических разветвителей, установленных в распределительных точках сети;

- экономия средств за счет минимизации затрат на техническое обслуживание оборудования и др.

На рисунке 2 представлена структура пассивной оптической сети [1]. Внедрение в существующую инфокоммуникационную практику сетей следующего поколения позволяет предложить абоненту широкий спектр услуг и обеспечить оптимальные параметры качества обслуживания посредством передовых технологий.

Одним из главных показателей, определяющих качество обслуживания трафика, является пропускная способность.

Таблица 1 – Сравнительный анализ характеристик стандартов PON

| Характеристики | Стандарты PON | | |
|--|---|--|--|
| | APON (BPON) | EPON | GPON |
| Дата принятия стандарта | Октябрь 1998 г. | Июль 2004 г. | Октябрь 2003 г. |
| Стандарт | ITU-T G.983.x | IEEE 802.3ah/ IEEE 802.3av | ITU-T G.984.x |
| Скорость передачи, прямой/обратный поток, Мбит/с | 155/155 622/155 622/622 1244/622 | 1000/1000 | 1244/155 1244/622 1244/1244 2488/155 2488/622 2488/1244 |
| Базовый протокол | ATM | Ethernet | SDH(GFP) |
| Линейный код | NRZ | 8B/10B | NRZ |
| Максимальное число абонентов | 32 | 32 | 64 |
| Максимальная дальность, км | 20 | Класс 1: 10 Класс 2: 20 | 20 |
| Длина волны, прямой/обратный поток (видео), нм | 1490/1310 (1550) | 1490/1310 (1550) | 1490/1310 (1550) |
| Диапазон затухания, дБ | Класс А: 5–20 Класс В: 10–25 Класс С: 15–30 | Класс 1: прямой/обратный поток 21/23 Класс 2: прямой/обратный поток 26/26 | Класс А: 5–20 Класс В: 10–25 Класс С: 15–30 |
| Динамическое распределение полосы | Есть | Есть | Есть |
| Резервирование | Есть | Нет | Есть |
| Приложения | Любые | IP, данные | Любые |
| Коррекция ошибок | Есть | Нет | Необходима |
| IP-фрагментация | Есть | Нет | Есть |
| Защита данных | Шифрование открытыми ключами | Нет | Шифрование закрытыми ключами |

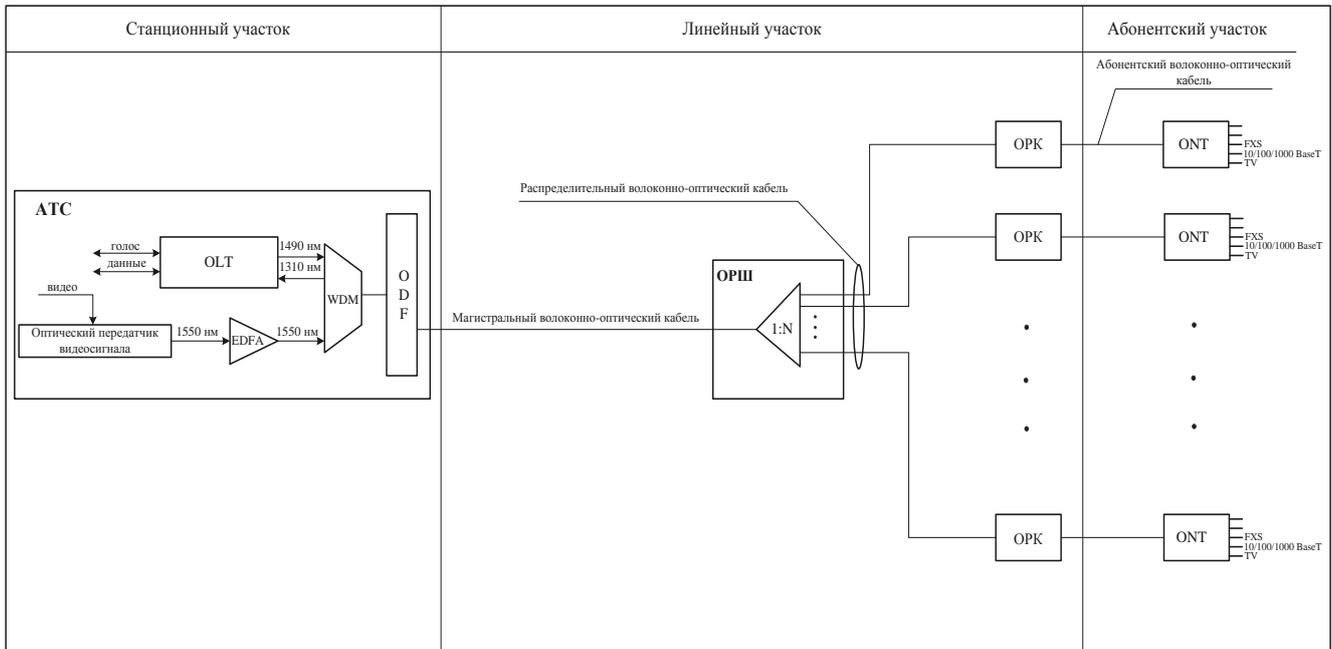


Рисунок 2 – Структура пассивной оптической сети

На основании статистических данных по количеству абонентов и трафику в сети передачи данных по Гомельской области были рассчитаны средние фактические скорости передачи информации в расчете на одного абонента, пользующегося различным набором инфокоммуникационных услуг.

На рисунке 3 представлено месячное распределение трафика по предоставлению услуги VoD (Video on Demand) от Zala. Наибольшее количество абонентов, пользующихся услугой VoD от Zala, приходится на временной промежуток с 22 до 23 часов. По Гомельской области число абонентов Zala составляет 109314 (по данным на февраль 2013 г.).

В момент, когда нагрузка на сеть максимальна и равна 36,75 Гбит/с, число абонентов, одновременно

пользующихся услугой VoD, составляет около 80 % от общего количества абонентов Zala, т. е. 87452 абонента.

Разделив максимальную нагрузку на число одновременно пользующихся услугой VoD абонентов, получим скорость передачи информации в расчете на одного абонента

$$V_{(1_абонент)} = \frac{Y_{\max}}{N}, \quad (1)$$

где Y_{\max} – максимальная нагрузка в сети передачи данных, Мбит/с; N – количество абонентов, одновременно пользующихся услугой.

Разделив максимальную нагрузку на число одновременно пользующихся услугой VoD абонентов, получим скорость передачи информации в расчете на одного абонента.

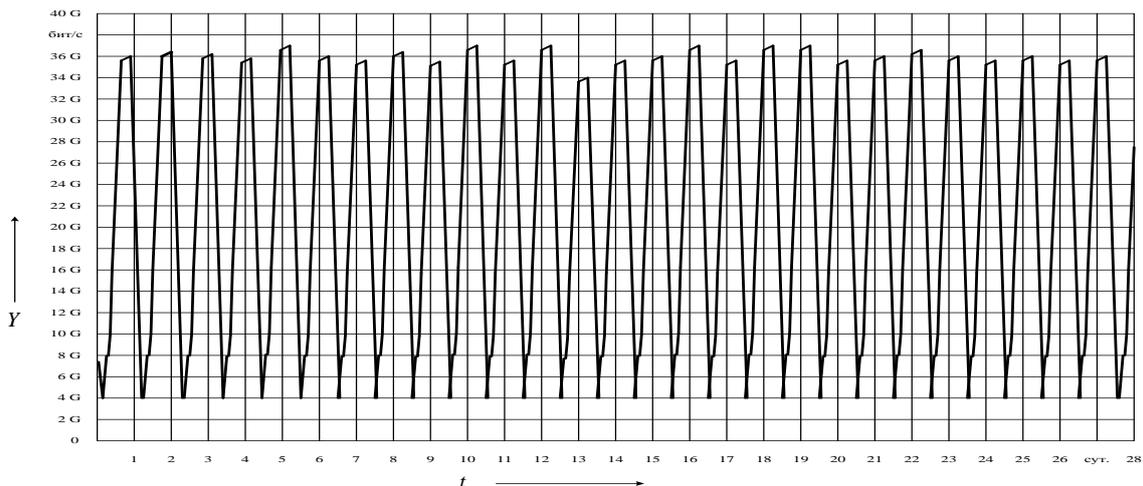


Рисунок 3 – Месячное распределение трафика (VoD)

Рассчитаем по формуле (1) скорость передачи информации, приходящейся на одного абонента, пользующегося услугой VoD от Zala:

$$V_{\text{VoD}(1_абонент)} = \frac{36750}{87452} = 0,42 \text{ Мбит/с.}$$

На рисунке 4 представлено месячное распределение трафика по предоставлению услуги Интернет от byfly.

Наибольшее количество абонентов, пользующихся Интернетом от byfly, приходится на временной промежуток с 22 до 23 часов. В Гомельской области, по данным на февраль 2013 г., 190562 абонента byfly.

В момент, когда нагрузка на сеть максимальна и равна 23,75 Гбит/с (входящий трафик) и 6,41 Гбит/с (исходящий трафик), число абонентов, одновременно

пользующихся Интернет, составляет около 60 % от общего количества абонентов byfly, т. е. 114338 абонентов.

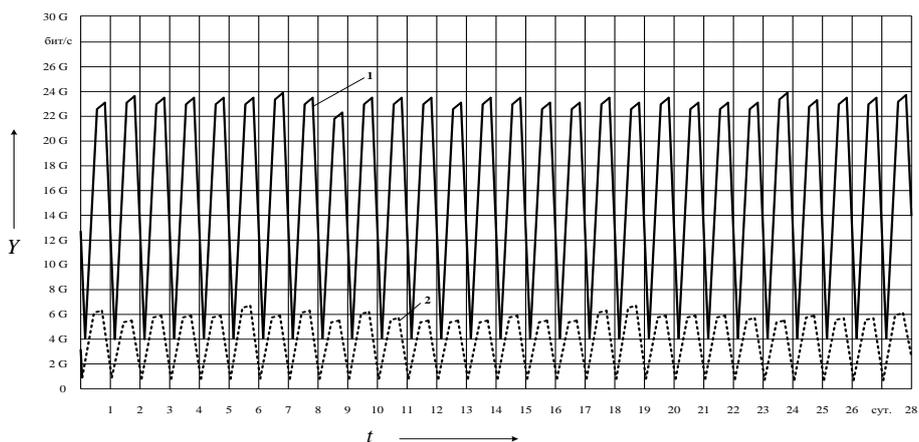


Рисунок 4 – Месячное распределение трафика (Интернет):
1 – входящий трафик; 2 – исходящий трафик

Рассчитаем по формуле (1) скорость передачи информации, приходящейся на одного абонента, пользующегося Интернетом от byfly,

$$V_{\text{Интернет}(1_абонент)\text{входящий_трафик}} = \frac{23750}{114338} = 0,21 \text{ Мбит/с};$$

$$V_{\text{Интернет}(1_абонент)\text{исходящий_трафик}} = \frac{6410}{114338} = 0,056 \text{ Мбит/с}.$$

На рисунках 5 и 6 представлены графики, отражающие зависимость нагрузки на сеть, для входящего и исходящего потоков информации соответственно, от времени суток за месяц по предоставлению услуги IP-телефония. Наибольшее количество абонентов, пользующихся услугой IP-телефония, приходится на временной промежуток с 22 до 23 часов. По Гомельской области число абонентов IP-телефонии составляет 47456 (по данным на февраль 2013 г.).

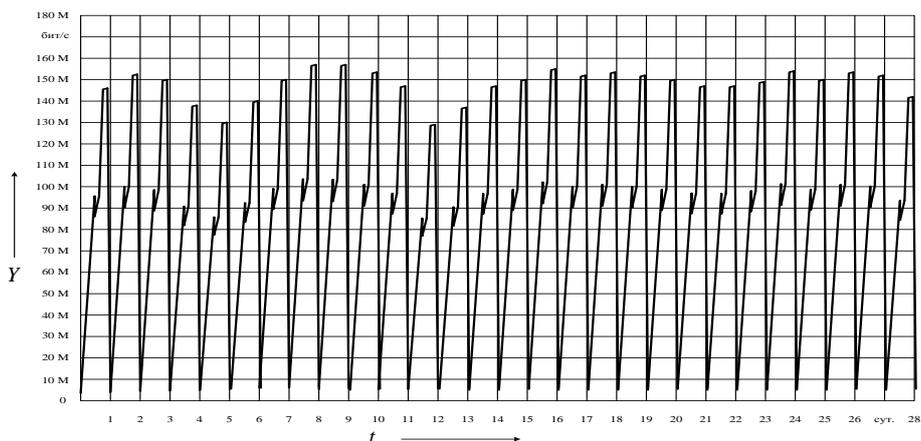


Рисунок 5 – Месячное распределение входящего трафика (IP-телефония)

В момент, когда нагрузка на сеть максимальна и равна 152 Мбит/с (входящий трафик) и 152 Мбит/с (исходящий трафик), число абонентов, одновременно раз-

говаривающих по телефону, составляет около 10 % от общего количества абонентов IP-телефонии, т. е. 4746 абонентов.

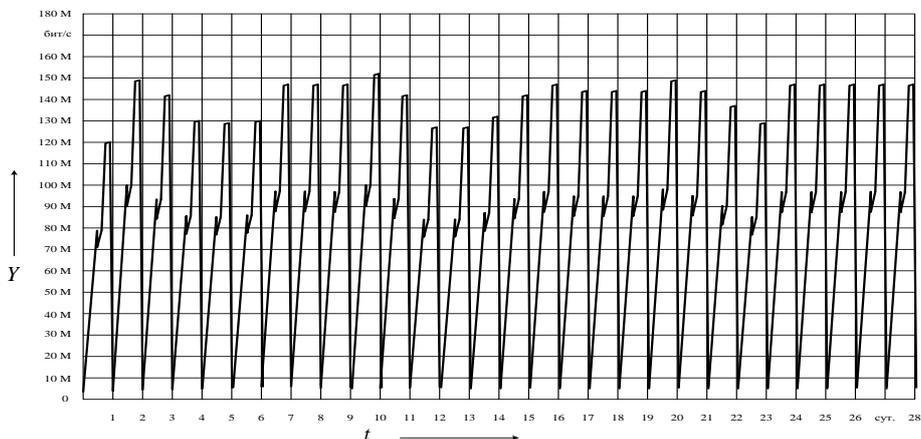


Рисунок 6 – Месячное распределение исходящего трафика (IP-телефония)

Рассчитаем по формуле (1) скорость передачи информации, приходящейся на одного абонента, пользующегося услугой IP-телефония:

$$V_{\text{IP-телефония}_{(1 \text{ абонент})} \text{входящий_трафик}} = \frac{152000}{4743} = 32 \text{ кбит/с};$$

$$V_{\text{IP-телефония}_{(1 \text{ абонент})} \text{исходящий_трафик}} = \frac{152000}{4743} = 32 \text{ кбит/с}.$$

Для потокового видео со стандартным разрешением (SDTV) скорость передачи на каждого абонента составляет 6 Мбит/с.

Произведем расчет фактических средних скоростей передачи информации для входящего информационного потока в расчете на одного абонента для различных вариантов используемых услуг:

- IP-телефония = 32 кбит/с (64 кбит/с);
- Интернет = 0,21 Мбит/с (1–2 Мбит/с);
- IP-TV = 0,42 + 6 = 6,42 Мбит/с (12 Мбит/с);
- Интернет, IP-TV = 6,42 + 0,21 = 6,63 Мбит/с (13 Мбит/с);
- IP-телефония, Интернет = 0,233 Мбит/с (1,064 Мбит/с);
- IP-телефония, IP-TV = 6,452 Мбит/с (12,064 Мбит/с);
- IP-телефония, IP-TV, Интернет = 6,662 Мбит/с (13,064 Мбит/с).

В скобках указаны значения, соответствующие необходимым пропускным способностям на одного абонента в зависимости от набора услуг. Если учесть, что каждый абонент, пользующийся IP-TV от Zala, будет просматривать телевизионные передачи в формате HD, то соответствующие показатели необходимой пропускной способности увеличатся на 14 Мбит/с, так как для просмотра одного телевизионного канала в формате HD требуется полоса пропускания в 20 Мбит/с в расчете на одного абонента.

Следовательно:

- IP-TV = 26,000 Мбит/с;
- Интернет, IP-TV = 27,000 Мбит/с;
- IP-телефония, IP-TV = 26,064 Мбит/с;
- IP-телефония, IP-TV, Интернет = 27,064 Мбит/с.

Полученные значения пропускных способностей свидетельствуют о том, что в настоящее время скорости передачи информации приближаются к значению 30 Мбит/с. При подключении к мультисервисной сети, например, 1844 абонентов требуется установить в оптическом линейном терминале, размещаемом на станционном участке пассивной оптической сети, 9 линейных карт с восемью интерфейсами GPON. При этом 5 мест в оптическом линейном терминале остаются резервными и могут быть использованы при дальнейшем расширении сети. На магистральном участке емкость волоконно-оптических кабелей рассчитывалась исходя из схемы резервирования «1+1». Сооружения на распределительном и абонентском участках сети рассматривались на примере 80-квартирного 10-этажного дома с двумя подъездами.

Была рассчитана общая необходимая пропускная способность сети посредством вычисления общей необходимой пропускной способности по каждому варианту набора инфокоммуникационных услуг. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет необходимой пропускной способности сети

| Набор услуг | Количество абонентов | Необходимая пропускная способность, Гбит/с |
|-------------------------------|----------------------|--|
| IP-телефония | 132 | 0,008 |
| Интернет от byfly | 816 | 0,816 |
| IP-TV от Zala | 269 | 6,994 |
| Интернет, IP-TV | 410 | 11,070 |
| IP-телефония, Интернет | 92 | 0,098 |
| IP-телефония, IP-TV | 42 | 1,095 |
| IP-телефония, IP-TV, Интернет | 83 | 2,246 |
| Итого | 1844 | 22,326 |

Необходимая пропускная способность сети для обеспечения существующих потребностей абонентов должна быть не ниже 22,326 Гбит/с, что в свою очередь требует применения передовых технологий, таких как GPON, способных не только обеспечить современные потребности пользователей, но и учесть появление новых ресурсоемких услуг.

Для организации мультисервисной сети связи с использованием на уровне доступа технологии GPON были выбраны оборудование и волоконно-оптические кабели, полностью соответствующие реализации поставленных задач: оптический линейный терминал ZXА10 С300 фирмы ZTE с типом корпуса 19", так как он полностью подходит для выполнения поставленных задач и используется РУП «Белтелеком» в качестве станционного оборудования гигабитных пассивных оптических сетей; оптический сетевой терминал MT-PON-AT; оптический сплиттер с коэффициентом деления 1×32; волоконно-оптический кабель, используемый на магистральном участке сети, типа ОКСПП; волоконно-оптические кабели, используемые на распределительном и абонентском участках сети, типов КСО-Вннг-LS-B и КСО-Вннг-LS-СШ – соответственно; оптическая муфта FOSC 400 А4; оптический распределительный шкаф и оптическая распределительная коробка производства предприятия «Промсвязь».

Необходимое число линейных карт GTGO, обеспечивающих 8 интерфейсов GPON оборудования ZXА10 С300, рассчитывали, исходя из того, что на один порт линейной карты GTGO можно подключить 32 абонента.

Также необходимо было учесть, что в жилых домах с количеством квартир от 33 до 64 требуется установить 2 оптических сплиттера 1×32, т. е. нужно использовать 2 порта линейной карты; а для жилых домов с количеством квартир от 65 до 96 требуются уже 3 оптических сплиттера 1×32, т. е. нужно использовать 3 порта линейной карты.

Произведенный расчет оптического бюджета для абонентов, наиболее удаленных от оптического линейного терминала, показал, что спроектированные волоконно-оптические системы передачи полностью удовлетворяют оптическому бюджету, то есть для первого (21,448 дБ < 28 дБ), второго (21,448 дБ < 28 дБ) и третьего (21,639 дБ < 28 дБ) участков сети значения затуханий сигнала ниже максимально допустимых значений, и существует возможность подключения новых абонентов в дальнейшем за счет использования ресурса станционного оборудования.

Список литературы

1 Технический кодекс установившейся практики 300-2011(02140). Пассивные оптические сети. Правила проектирования и монтажа [Электронный ресурс] / Минсвязь. – Минск, 2011. – Режим доступа: http://pda.mpt.gov.by/upload/norm_doc/. – Дата доступа: 27.03.2013.

2 Практика внедрения пассивных оптических сетей (PON) [Электронный ресурс] / Отдел волоконно-оптических сетей и кабельных технологий компании ДЕПС. – Режим доступа:

<http://deps.ua/ru/knowledge-base-ru/articles/item/462-praktika-vnedrenija-passivnyh-opticheskix-setej-pon.html#11>. – Дата доступа: 26.05.2013.

3 PON–пассивные оптические сети [Электронный ресурс] / Связь-Комплект. – Режим доступа: <http://www.skomplect.com/tovar/1/0/po/>. – Дата доступа: 30.09.2013.

4 **Шевчук, В. Г.** Инфокоммуникационная сеть областного управления МЧС / В. Г. Шевчук, В. В. Бондарев // Материалы XVIII Международной научно-технической конференции «Современные средства связи». – Минск, 2013.

Получено 03.11.2013

V. G. Shevchuk, Y. S. Elkin, B. M. Pristupin. The use of PON technology at the level of subscriber access to the transport layer multiservice network connection.

Considered the application of PON technology for providing the opportunity to the population to use existing info communication services with software best quality of service parameters through the application of modern-day advanced technologies in the field of communications.