



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

**МСЭ-Т**

**G.983.1**

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ  
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

(01/2005)

СЕРИЯ G: СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ,  
ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Цифровые участки и система цифровых линий –  
Оптические линейные системы для местных сетей  
и сетей доступа

---

**Оптические системы широкополосного  
доступа, базирующиеся на пассивной  
оптической сети (PON)**

Рекомендация МСЭ-Т G.983.1

---

## РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ G

## СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ВЧ-СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОВОДНЫМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.600–G.699
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	G.900–G.999
Общие положения	G.900–G.909
Параметры волоконно-оптических кабельных систем	G.910–G.919
Цифровые участки с иерархической скоростью передачи, основанной на скорости передачи 2048 кбит/с	G.920–G.929
Цифровые линейные системы передачи по кабелю с неиерархической скоростью передачи	G.930–G.939
Цифровые линейные системы, обеспечиваемые службами передачи данных с ЧРК	G.940–G.949
Цифровые линейные системы	G.950–G.959
Цифровые участки и цифровые системы передачи для абонентского доступа к ЦСИС	G.960–G.969
Волоконно-оптические подводные кабельные системы	G.970–G.979
<b>Оптические линейные системы для местных сетей и сетей доступа</b>	<b>G.980–G.989</b>
Сети доступа	G.990–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ – ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	G.7000–G.7999
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.8000–G.8999

Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.

## **Рекомендация МСЭ-Т G.983.1**

### **Оптические системы широкополосного доступа, базирующиеся на пассивной оптической сети (PON)**

#### **Резюме**

В этой Рекомендации описывается гибкая волоконно-оптическая сеть доступа, способная обеспечить требования к ширине полосы служб узкополосной и широкополосной связи. В этой Рекомендации описываются системы с номинальными линейными скоростями передачи в нисходящем направлении 155,52, 622,08 и 1244,16 Мбит/с и номинальными линейными скоростями передачи в восходящем направлении 155,52 и 622,08 Мбит/с. Приводится описание как симметричных, так и асимметричных систем. В этой Рекомендации предлагаются требования физического уровня и спецификации для уровня, зависящего от физической среды, уровня конвергенции с системой передачи (ТС) и протокола измерения дальности в широкополосной пассивной оптической сети на основе АТМ (В-PON). Эта пересмотренная версия Рекомендации G.983.1 включает материал из: Рекомендации G.983.1 (1998), Поправки к G.983.1 (1999), Изм. 1 к G.983.1 (2001), Списка опечаток к G.983.1 (2002), Изм. 2 к G.983.1 (2003), Руководства для специалистов по внедрению (2003).

#### **Источник**

Рекомендация МСЭ-Т G.983.1 утверждена 13 января 2005 года 15-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2005–2008 гг.) в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации МСЭ-Т А.8.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи. Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним с целью стандартизации электросвязи на всемирной основе.

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются темы для изучения Исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

## ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соблюдение положений данной Рекомендации носит добровольный характер. Однако в Рекомендации могут содержаться определенные обязательные положения (например, для обеспечения возможности взаимодействия или применимости), и соблюдение положений данной Рекомендации достигается в случае выполнения всех этих обязательных положений. Для выражения необходимости выполнения требований используется синтаксис долженствования и соответствующие слова (такие, как "должен" и т.п.), а также их отрицательные эквиваленты. Использование этих слов не предполагает, что соблюдение положений данной Рекомендации является обязательным для какой-либо из сторон.

## ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или реализация этой Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, обоснованности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, отстаиваются ли они членами МСЭ или другими сторонами вне процесса подготовки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения этой Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что это может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ.

© ITU 2005

Все права сохранены. Никакая часть данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких-либо средств без письменного разрешения МСЭ.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1	Область применения ..... 1
2	Ссылки ..... 1
3	Сокращения ..... 2
4	Определения ..... 4
5	Архитектура оптической сети доступа ..... 5
5.1	Архитектура сети ..... 5
5.2	Эталонная конфигурация ..... 7
5.3	Функциональные блоки ..... 8
5.4	Функциональный блок ONU ..... 8
5.5	Функциональный блок оптического линейного окончания ..... 9
5.6	Функциональный блок оптической распределительной сети ..... 10
6	Услуги ..... 12
7	Интерфейс пользователь-сеть и интерфейс узла услуг ..... 12
8	Требования оптической сети ..... 13
8.1	Уровневая структура оптической сети ..... 13
8.2	Требования уровня, зависящего от физической среды, для ATM-PON ..... 13
8.3	Требования уровня конвергенции с системой передачи для ATM-PON ..... 28
8.4	Метод измерения дальности ..... 71
9	Функциональные возможности эксплуатации, административного управления и технического обслуживания ..... 91
10	Эксплуатационное качество ..... 91
11	Условия окружающей среды ..... 92
12	Безопасность ..... 92
12.1	Электрическая безопасность и защита ..... 92
12.2	Оптическая безопасность и защита ..... 92
Приложение 1 – Необязательные случаи остаточного минимального ORL сети ODN	
	в $O_{ru}$ , $O_{rd}$ , $O_{ld}$ и $O_{lu}$ ..... 92
I.1	Введение ..... 92
I.2	Воздействие открытых соединителей, размещенных на стороне ONU радиального ответвителя ..... 92
I.3	Воздействие открытых соединителей, размещенных на стороне OLT радиального разветвителя ..... 93
I.4	Воздействие разъединения соединителя возле ONU ..... 93
Приложение II – Воздействие затухания оптического отражения ODN ..... 94	
II.1	Введение ..... 94
II.2	Затухание оптического отражения ODN 32 дБ ..... 94
II.3	Другой случай отражения ODN ..... 98
Приложение III – Диаграммы потока данных измерения дальности ..... 100	
III.1	Поток данных измерения дальности в ONU (пример) ..... 100
III.2	Поток данных измерения дальности в OLT (пример) ..... 107

	<b>Стр.</b>
Приложение IV – Работоспособность сети доступа.....	113
IV.1 Введение .....	113
IV.2 Возможные типы коммутации.....	113
IV.3 Возможные дуплексные конфигурации ATM-PON и характеристики .....	113
IV.4 Требования .....	115
IV.5 Требуемые поля данных для ячеек PLOAM.....	116

## Рекомендация МСЭ-Т G.983.1

### Оптические системы широкополосного доступа, базирующиеся на пассивной оптической сети (PON)

#### 1 Область применения

Эта Рекомендация предназначена для описания гибких систем доступа, использующих волоконно-оптическую технологию. Основное внимание уделяется сети, предоставляющей такие услуги, которые требуют большей ширины полосы, чем базовая скорость в ЦСИС, включая услуги передачи видеосигналов и распределения.

В этой Рекомендации описываются характеристики оптической сети доступа (OAN) с возможностью переноса различных услуг между интерфейсом пользователь-сеть и интерфейсом узла услуг.

OAN, описанная в этой Рекомендации, даст возможность оператору сети обеспечить гибкое расширение для соответствия будущим потребностям абонентов, в частности в районе оптической распределительной сети (ODN). Рассматриваемая ODN базируется на структурной опции точка-группа точек в виде дерева с ветвями.

Эта Рекомендация концентрирует внимание на вопросах волоконно-оптических кабелей, вопросы медных кабелей в гибридных системах описываются в другом месте, к примеру, при рассмотрении вопросов стандартизации при технологиях абонентского доступа xDSL.

Эта Рекомендация охватывает круг вопросов от интерфейса узла услуг до сети пользователя.

Кроме того, эта Рекомендация концентрирует внимание на вопросах, касающихся АТМ на пассивной оптической сети, не исключая и другие решения.

В этой Рекомендации предлагаются требования физического уровня и спецификации для уровня, зависящего от физической среды, уровня конвергенции с системой передачи (ТС) и протокола измерения дальности широкополосной пассивной оптической сети на основе АТМ (В-PON).

Эта Рекомендация относится к Рекомендациям серии G.983.x. В число других основных рекомендаций этой серии входят:

- G.983.2 Rev.2 (06/2002), Спецификация интерфейса управления и контроля ONT для сети В-PON.
- G.983.3 (2001), Система широкополосного оптического доступа с расширенными функциональными возможностями за счет использования распределения по длинам волн.
- G.983.4 (2001), Оптическая система широкополосного доступа с расширенными возможностями услуг, использующая динамическое распределение полосы.
- G.983.5 (2001), Оптическая система широкополосного доступа с повышенной работоспособностью.

#### 2 Ссылки

Следующие Рекомендации МСЭ-Т и другие источники, на которые имеются ссылки в данном тексте, включают положения, которые, посредством этих ссылок, составляют положения данной Рекомендации. На момент публикации эти издания были действующими. Все Рекомендации и другие источники ссылок подлежат пересмотру: поэтому всем пользователям этой Рекомендации предлагается рассмотреть возможность применения самого современного издания этих рекомендаций и других источников ссылок, предоставленных ниже. Перечень действующих Рекомендаций МСЭ-Т публикуется регулярно.

- [1] Рекомендация МСЭ-Т G.652 (1997), *Характеристики одимодового волоконно-оптического кабеля.*
- [2] Рекомендация МСЭ-Т G.671 (1996), *Характеристики пропускания пассивных оптических компонентов.*

- [3] Рекомендация МСЭ-Т G.783 (1997), *Характеристики функциональных блоков оборудования синхронной цифровой иерархии (СЦИ)*.
- [4] Рекомендация МСЭ-Т G.902 (1995), *Основная Рекомендация по функциональным сетям доступа – Архитектура и функции, типы доступа, аспекты управления и узлов услуг*.
- [5] Рекомендация МСЭ-Т G.957(1995), *Оптические интерфейсы для оборудования и систем, относящихся к синхронной цифровой иерархии*.
- [6] Рекомендация МСЭ-Т G.958 (1994), *Цифровые линейные системы, базирующиеся на цифровой синхронной иерархии, для использования на волоконно-оптических кабелях*.
- [7] Рекомендация МСЭ-Т G.982 (1996), *Оптические сети доступа для обеспечения услуг на первичной скорости ЦСИС при эквивалентных скоростях передачи*.
- [8] Рекомендация МККТТ I.321 (1991), *Базисная модель протоколов Ш-ЦСИС и ее применение*.
- [9] Рекомендация МСЭ-Т I.326 (1995), *Функциональная архитектура транспортных сетей, базирующихся на АТМ*.
- [10] Рекомендация МСЭ-Т I.356 (1996), *Характеристика пересылки ячеек уровня АТМ Ш-ЦСИС*.
- [11] Рекомендация МСЭ-Т I.361 (1995), *Спецификация уровня АТМ Ш-ЦСИС*.
- [12] Рекомендация МСЭ-Т I.432.1 (1996), *Интерфейс пользователь-сеть Ш-ЦСИС – Спецификация физического уровня: Общие характеристики*.
- [13] Рекомендация МСЭ-Т I.610(1995), *Функции и принципы технического обслуживания и эксплуатации Ш-ЦСИС*.
- [14] Рекомендация МСЭ-Т I.732 (1996), *Функциональные характеристики оборудования АТМ*.
- [15] Federal Information Processing Standard No. 197 (2001), *Advanced Encryption Standard (AES), National Institute of Standards and Technology*.
- [16] Рекомендация МСЭ-Т G.983.2 Rev.2 (2005), *Спецификация интерфейса управления и контроля ONT для сети В-PON*.
- [17] Рекомендация МСЭ-Т G.983.3 (2001), *Система широкополосного оптического доступа с расширенными функциональными возможностями за счет использования распределения по длинам волн*.
- [18] Рекомендация МСЭ-Т G.983.4 (2001), *Оптическая система широкополосного доступа с расширенными функциональными возможностями услуг, использующая динамическое распределение полосы*.
- [19] Рекомендация МСЭ-Т G.983.5 (2001), *Оптическая система широкополосного доступа с повышенной работоспособностью*.

### **3 Сокращения**

Эта Рекомендация использует следующие сокращения:

AES	Усовершенствованный стандарт шифрования
AF	Функция адаптации
APS	Автоматическая защитная коммутация
АТМ	Асинхронный режим передачи
КОБ	Коэффициент ошибок по битам
ВІР	Паритет чередующихся битов
Ш-ЦСИС	Широкополосная цифровая сеть с интеграцией служб

B-PON	Широкополосная пассивная оптическая сеть
CID	Последовательная идентичная цифра
CPE	Искажение фазы ячейки
CRC	Циклическая проверка по избыточности
DSL	Цифровая абонентская линия
ECB	Электронная кодовая книга
E/O	Электрический/оптический
FP-LD	Лазерный диод с резонатором
FTTB/C	Волокно к зданию/распределительной коробке (уличного исполнения)
FTTCab	Волокно к распределительному шкафу (внутреннего исполнения)
FTTH	Волокно в дом (квартиру)
HEC	Коррекция ошибок в заголовке
IEC	Международная электротехническая комиссия
ЦСИС	Цифровая сеть с интеграцией служб
ЛВС	Локальная вычислительная сеть
LCD	Потеря выделения (контроль границ) ячеек
LCF	Поле излучения лазера
LSB	Младший значащий бит
LT	Линейное окончание
MAC	Управление доступом к среде
MLM	Многомодовый с продольными модами
MSB	Старший значащий бит
NRZ	Без возврата к нулю (код)
NT	Сетевое окончание
O/E	Оптический/электрический
OAM	Эксплуатация, административное управление и техническое обслуживание
OAN	Оптическая сеть доступа
ODF	Оптический щит переключений
ODN	Оптическая распределительная сеть
OLT	Оптическое линейное окончание
OMCC	Канал управления и контроля ONT
OMCI	Интерфейс управления и контроля ONT
ONT	Оптическое сетевое окончание
ONU	Элемент оптической сети
OpS	Операционная система
ORL	Оптические потери на отражения
PLOAM	OAM физического уровня

PON	Пассивная оптическая сеть
PRBS	Псевдослучайная последовательность битов
PST	Трасса участка PON
KTСOП	Коммутируемая телефонная сеть общего пользования
QoS	Качество обслуживания (качество услуги)
RAU	Запрос блока доступа
RMS	Среднеквадратичный
RXCF	Поле управления приемником
СЦИ	Синхронная цифровая иерархия
SLM	Одномодовый с продольной модой
SN	Порядковый номер
SNI	Интерфейс узла услуг
TC	Уровень конвергенции с системой передачи
TDMA	Множественный доступ с временным уплотнением
UI	Единичный интервал
UNI	Интерфейс пользователь-сеть
UPC	Управление параметров пользования
VC	Виртуальный канал
VP	Виртуальный тракт
VPI	Идентификатор виртуального тракта
WDM	Спектральное уплотнение по длинам волн

#### 4 Определения

В этой Рекомендации определяются следующие термины:

**4.0 широкополосная PON:** Широкополосная PON – это термин, используемый для обозначения всей системы, описываемой семейством стандартов серии G.983.x. Он охватывает широкий круг услуг широкополосной связи и выходит за рамки доступа АТМ. По этой причине В-PON используется вместо прежнего обозначения АТМ-PON.

**4.1 перемешивание (данных):** Перемешивание – это функция, которая может быть приложена к нисходящим данным пользователя от OLT к его ONU. Перемешивание обеспечивает необходимую функцию скремблирования данных (спектральных составляющих в носителе данных) и предполагает низкий уровень защиты для конфиденциальности данных. Эта функция устанавливается на уровне TC системы АТМ-PON и может быть активирована для нисходящих соединений точка-точка.

**4.2 дуплексная работа:** Двусторонняя связь, использующая различные длины волн для каждого направления передачи по одному оптоволокну.

**4.3 дуплексная работа:** Двусторонняя связь, использующая одну длину волны для обоих направлений передачи по одному оптоволокну.

**4.4 право доступа (разрешение):** OLT контролирует каждую передачу в восходящем направлении от ONU, посылая разрешение. Право доступа – это разрешение на передачу ячейки каждого ONU в восходящем направлении при получении ONU своего права доступа.

**4.5 логическая досягаемость:** Логическая досягаемость определяется, как максимальная длина оптического пути, которая может быть достигнута при определенной системе передачи, не зависящей от оптического ресурса.

**4.6 средняя задержка передачи сигнала:** Средние значения в восходящем и нисходящем направлениях между эталонными точками "V" и "T"; заданное значение определяется измерением двусторонней задержки, разделяемой затем на 2.

**4.7 оптическая сеть доступа (OAN):** Множество звеньев доступа, совместно использующих одни и те же интерфейсы на стороне сети, и поддерживаемых системами передачи с оптическим доступом. OAN может включать ряд ODN, соединенных с одним и тем же OLT.

**4.8 оптическая распределительная сеть (ODN):** ODN обеспечивает оптические средства передачи от OLT по направлению к пользователям и наоборот. Она использует пассивные оптические компоненты.

**4.9 оптическое линейное окончание (OLT):** OLT обеспечивает интерфейс OAN на стороне сети и соединено с одной или несколькими ODN.

**4.10 канал управления и контроля ONT (OMCC):** Канал связи, соединяющий функцию контроля OLT с функцией контроля ONT. Используемый для этого протокол определен в Рекомендации МСЭ-Т G.983.2.

**4.11 интерфейс управления и контроля ONT (OMCI):** Интерфейс, определенный в Рекомендации МСЭ-Т G.983.2, который обеспечивает единообразный метод для устранения неисправностей, управления конфигурацией, качеством и безопасностью в сетях ONT.

**4.12 оптическое сетевое окончание (ONT):** Это ONU, используемый для FTTH и включающий функцию порта пользователя. В этом документе термин "ONU" используется для обозначения как ONT, так и ONU. Любая ссылка на ONU в рамках этой Рекомендации относится также и к ONT.

**4.13 элемент оптической сети (ONU):** ONU обеспечивает (прямо или дистанционно) интерфейс OAN на стороне пользователя и соединен с ODN. В этом документе термин "ONU" используется для обозначения как ONT, так и ONU. Любая ссылка на ONU в рамках этой Рекомендации относится также и к ONT.

**4.14 измерение дальности:** Оно необходимо для передачи ячейки в восходящем направлении без коллизии (столкновения) ячеек в этой системе. Это функция измерения логического оптического расстояния между каждым ONU и OLT и определения тактирования передачи при получении каждым ONU права доступа.

**4.15 функция порта услуг:** Функция порта услуг (BPP) адаптирует требования, установленные для определенного SNI, к общей пропускной способности несущих каналов, и выбирает соответствующие данные для обработки их функцией управления системой AN.

**4.16 множественный доступ с временным уплотнением (TDMA):** Метод передачи, вызывающий уплотнение многих временных слотов в полезную нагрузку в течение одного и того же времени.

**4.17 функция порта пользователя:** Функция порта пользователя адаптирует определенные требования UNI к базовым функциям и функциям управления. AN может обеспечить некоторое количество различных доступов и интерфейсов пользователь-сеть, что требует конкретных функций согласно спецификации соответствующего интерфейса и требованиям к пропускной способности несущих каналов доступа, то есть, каналов для переноса информации и протоколов.

**4.18 верификация:** Возможно, что пользователь преднамеренно маскируется под другой ONU и использует сеть, если он осведомлен о том, что этот ONU отключен. Верификация – это функция проверки того, не является ли подключенный ONU преднамеренно маскирующимся.

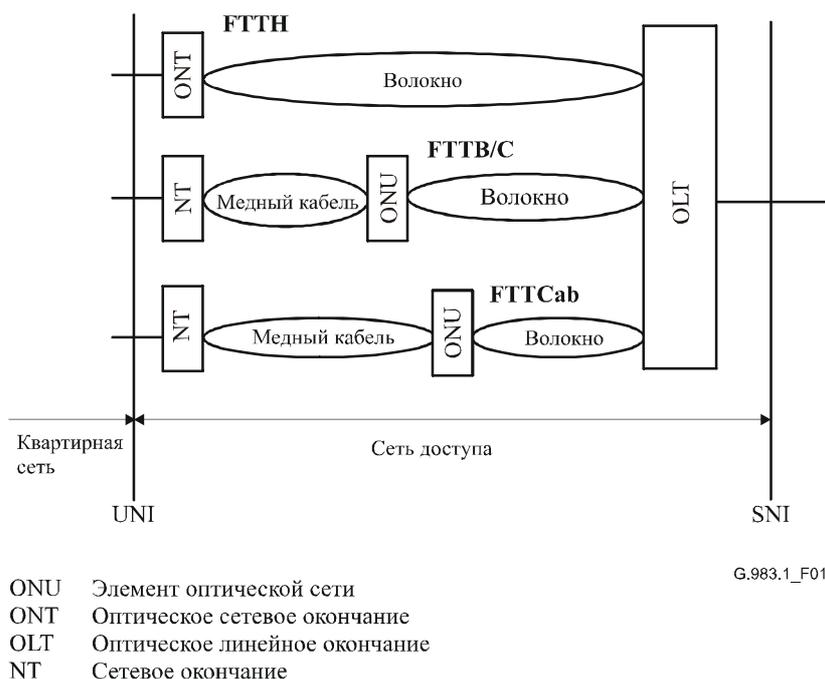
**4.19 спектральное уплотнение по длинам волн (WDM):** Двухнаправленное уплотнение, использующее различную длину оптической волны для восходящих и нисходящих сигналов.

## **5 Архитектура оптической сети доступа**

### **5.1 Архитектура сети**

Оптический участок системы местной сети доступа может иметь архитектуру: точка-точка активная, или точка-группа точек пассивная. На рисунке 1 показаны упомянутые типы архитектуры, которые включают варианты от волокна к дому (квартире) (FTTH), волокна к зданию/распределительной коробке (FTTB/C) к волокну к распределительному шкафу (FTTCab). Оптическая сеть доступа (OAN)

является общей для всех типов архитектуры, представленных на рисунке 1, следовательно распространенность этой системы имеет потенциальную возможность возрасти до мировых масштабов.



**Рисунок 1/G.983.1 – Архитектура сети**

Сетевые опции FTTB/C FTTCab в основном различаются только своей реализацией, поэтому в этой Рекомендации они могут рассматриваться как одинаковые.

### 5.1.1    Сценарий FTTCab/C/B

В рамках этого сценария рассматривались следующие категории услуг:

- Ассиметричные широкополосные услуги (к примеру, услуги цифрового вещания, видео по запросу (VoD), Internet, дистанционное обучение, телемедицина и т. д.).
- Симметричные широкополосные услуги (к примеру, услуги электросвязи для малого бизнеса, телеконсультации и т. д.).
- КТСОП и ЦСИС. Сеть доступа должна иметь возможность предоставлять каким-либо приемлемым способом узкополосные услуги телефонной связи при соответствующей синхронизации для их введения.

### 5.1.2    Сценарий FTTH

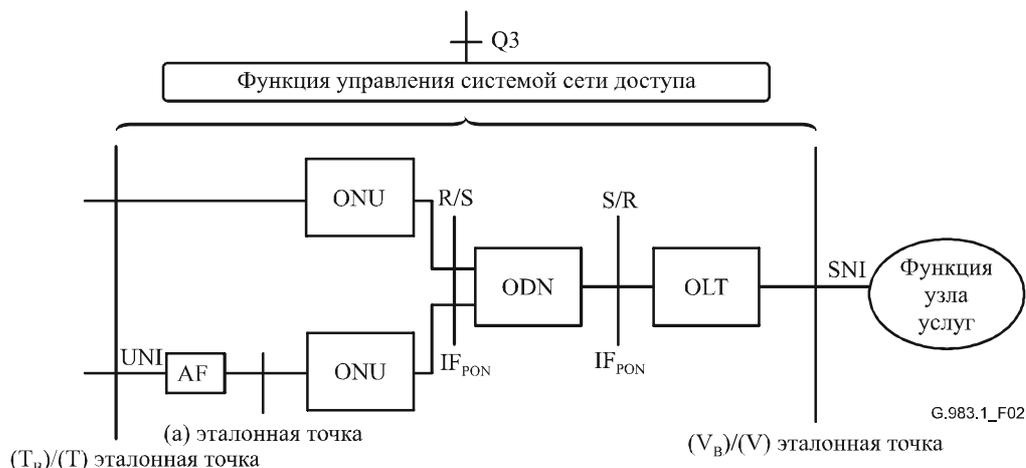
FTTH: Движущие механизмы услуги волокно к дому подобны движущим механизмам предыдущих сценариев и определяются посредством:

- Возможного рассмотрения внутренних ONU, что приведет к более благоприятным условиям эксплуатации.
- Отсутствия необходимости изменения промежуточного ONU, для того чтобы увеличить возможности сети доступа с целью приспособления к будущему развитию широкополосных услуг и услуг мультимедиа.
- Простоты технического обслуживания, так как этот сценарий требует технического обслуживания только волоконно-оптической системы, а все волоконно-оптические системы считаются более надежными, чем гибридные волоконно-металлические системы.
- FTTH – как движущего механизма развития передовых оптоэлектронных технологий. Увеличение объема производства оптических модулей ускорит также уменьшение затрат.

Когда все эти факторы смогут быть полностью задействованы, они, возможно, слегка уравновесят более высокие затраты на линию. В этой ситуации сценарий FTTH можно рассматривать, как экономически выполнимый даже за короткое время.

## 5.2 Эталонная конфигурация

Эталонная конфигурация из Рекомендации МСЭ-Т G.982 показана на рисунке 2.



- |     |                                                                                                                                                                                                     |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ONU | Элемент оптической сети                                                                                                                                                                             |
| ODN | Оптическая распределительная сеть                                                                                                                                                                   |
| OLT | Оптическое линейное окончание                                                                                                                                                                       |
| AF  | Функция адаптации                                                                                                                                                                                   |
| S   | Точка в оптическом кабеле сразу после точки оптического соединения OLT [Нисходящее направление]/ ONU [Восходящее направление] (то есть оптический соединитель или оптическое сращивание).           |
| R   | Точка в оптическом кабеле непосредственно перед точкой оптического соединения ONU [Нисходящее направление]/OLT [Восходящее направление] (то есть оптический соединитель или оптическое сращивание). |
| (a) | Эталонная точка – эта эталонная точка добавляется для разграничения AF и ONU.                                                                                                                       |

**Рисунок 2/G.983.1 – Эталонная конфигурация PON, основывающейся на ATM**

ODN предлагает один или более оптических трактов между одним OLT и одним или несколькими ONU. Каждый оптический тракт определяется между эталонными точками S и R в определенном волноводном окне. Два направления для оптической передачи в ODN идентифицируются следующим образом:

- нисходящее направление для сигналов, проходящих от OLT к ONU;
- восходящее направление для сигналов, проходящих от ONU к OLT.

### 5.2.1 Интерфейс узла услуг

См. Рекомендацию МСЭ-Т G.902.

### 5.2.2 Интерфейс в эталонных точках S/R и R/S

Этот интерфейс в эталонных точках S/R и R/S определяется как IF<sub>PON</sub>. Это интерфейс, ориентированный на PON, который поддерживает все элементы протокола, необходимые для того, чтобы разрешить передачу между OLT и ONU.

### **5.3      Функциональные блоки**

#### **5.3.1    Оптическое линейное окончание**

Оптическое линейное окончание (OLT) взаимодействует через SNI с узлами услуг и с PON. OLT обеспечивает управление всеми, ориентированными на PON аспектами транспортной системы ATM. ONU и OLT обеспечивают услугу прозрачного транспортирования ATM между UNI и SNI через PON.

#### **5.3.2    Элемент оптической сети**

Элемент оптической сети (ONU) взаимодействует через  $IF_{PON}$  с OLT и UNL. Вместе с OLT, ONU обеспечивает предоставление услуги прозрачного транспортирования ATM между UNI и SNI.

В этой архитектуре транспортные протоколы ATM в  $IF_{PON}$  описываются как включающие уровень, зависящий от физической среды, уровень конвергенции с системой передачи и уровень ATM. Эта архитектура предназначена только для адресации транспорта ATM, дальнейшие подробности содержатся в Рекомендации МСЭ-Т I.732.

Уровень, зависящий от физической среды, должен включать схемы модуляции как для восходящего, так и для нисходящего каналов (они могут быть разными). Возможно, чтобы спецификация допускала несколько типов уровня, зависящего от физической среды, в одном направлении.

Уровень конвергенции передачи будет обеспечивать управление распределенным доступом к ресурсу PON в восходящем направлении через множество ONU. Это основной элемент протокола, который будет непосредственно влиять на результирующее QoS ATM.

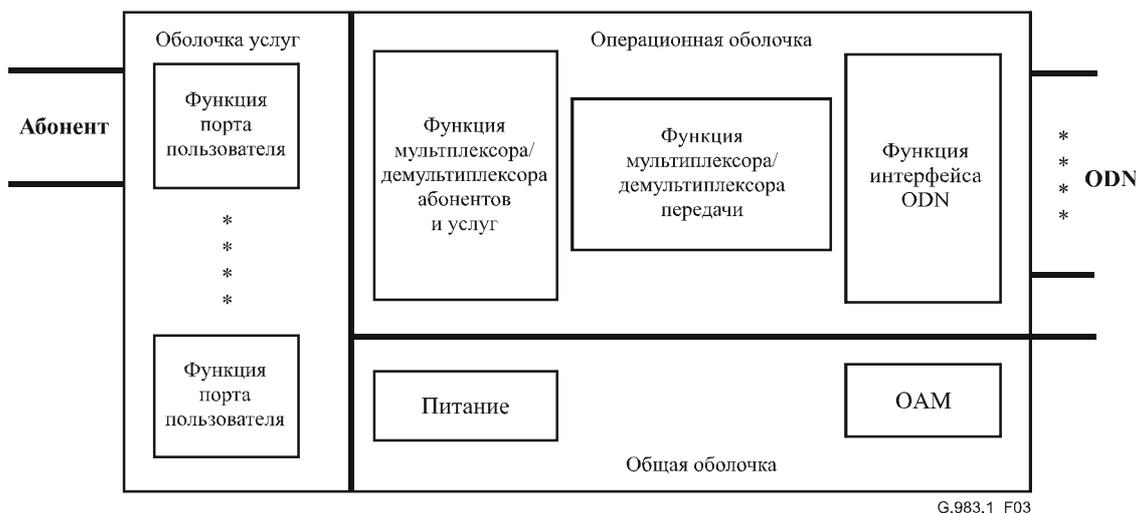
Протоколы ATM не должны подвергаться никаким изменениям во время их передачи через PON. В рамках как OLT, так и ONU функции, выполняемые на уровне ATM как в OLT, так и в ONU, должны включать ретрансляцию ячеек.

#### **5.3.3    Оптическая распределительная сеть**

Оптическая распределительная сеть обеспечивает средства оптической передачи от OLT в направлении пользователей и наоборот. Она использует пассивные оптические компоненты.

### **5.4      Функциональный блок ONU**

В качестве примера, FTTH ONT является активным и отключает механизм предоставления сети доступа от внутреннего (внутри дома, квартиры) распределения. Операционная оболочка ONT состоит из функций интерфейса ODN, порта пользователя, передачи, мультиплексирования (MUX)/демультиплексирования для услуг и абонентов, и электропитания, см. рисунок 3.



**Рисунок 3/G.983.1 – Пример функциональных блоков ONT**

#### 5.4.1 Интерфейс оптической распределительной сети

Интерфейс ODN регулирует процесс оптоэлектронного преобразования. Интерфейс ODN выделяет ячейки ATM из полезной нагрузки PON в нисходящем направлении и вставляет ячейки ATM в полезную нагрузку PON в восходящем направлении, основываясь на синхронизации, полученной исходя из кадровой синхронизации нисходящего потока.

#### 5.4.2 Мультиплексирование

Мультиплексор (MUX) мультиплексирует интерфейсы услуг к интерфейсу ODN. Только достоверные ячейки ATM могут быть пропущены через MUX, так что множество VP могут эффективно совместно использовать назначенную ширину полосы в нисходящем потоке.

#### 5.4.3 Порт пользователя

Порт пользователя взаимодействует через UNI с терминалом. Порт пользователя может оперировать вставкой ячеек ATM в полезную нагрузку в восходящем потоке и – извлечением ячеек ATM из полезной нагрузки в нисходящем потоке.

#### 5.4.4 Питание ONU

Питание ONU может зависеть от реализации.

#### 5.5 Функциональный блок оптического линейного окончания

OLT подключается к коммутируемым сетям через стандартизованные интерфейсы (VB5.x, V5.x, NNI). На стороне распределения он представляет оптический доступ, в соответствии с согласованными требованиями в плане скорости передачи бит, бюджета мощности и т. д.

OLT состоит из трех частей: функции порта услуг; интерфейса ODN; и MUX для обслуживания VP (см. рисунок 4). Не предполагается, чтобы эта комбинация препятствовала функции слоя виртуальных каналов (VC) в OLT. Функция слоя VC подлежит дальнейшему изучению.

##### 1) *Функция порта услуг*

Эта функция взаимодействует с узлами услуг. Функция порта услуг может оперировать вставкой ячеек ATM в полезную нагрузку СЦИ восходящего потока и – извлечением ячеек ATM из полезной нагрузки СЦИ нисходящего потока. Эта функция может быть дублирована, тогда необходима функция защитного переключения.

##### 2) *MUX*

MUX обеспечивает соединения VP между функцией порта услуг и интерфейсом ODN с назначением разных VP различным услугам в  $IF_{PON}$ . Используя VC соответствующих VP, обмениваются различной информацией, такой как основное содержимое, данные сигнализации, потоки данных OAM.

### 3) Интерфейс ODN

Линейное окончание PON управляет процессом оптоэлектронного преобразования. Интерфейс ODN оперирует вставкой ячеек ATM в полезную нагрузку PON в нисходящем потоке и извлечением ячеек ATM из полезной нагрузки PON в восходящем потоке.

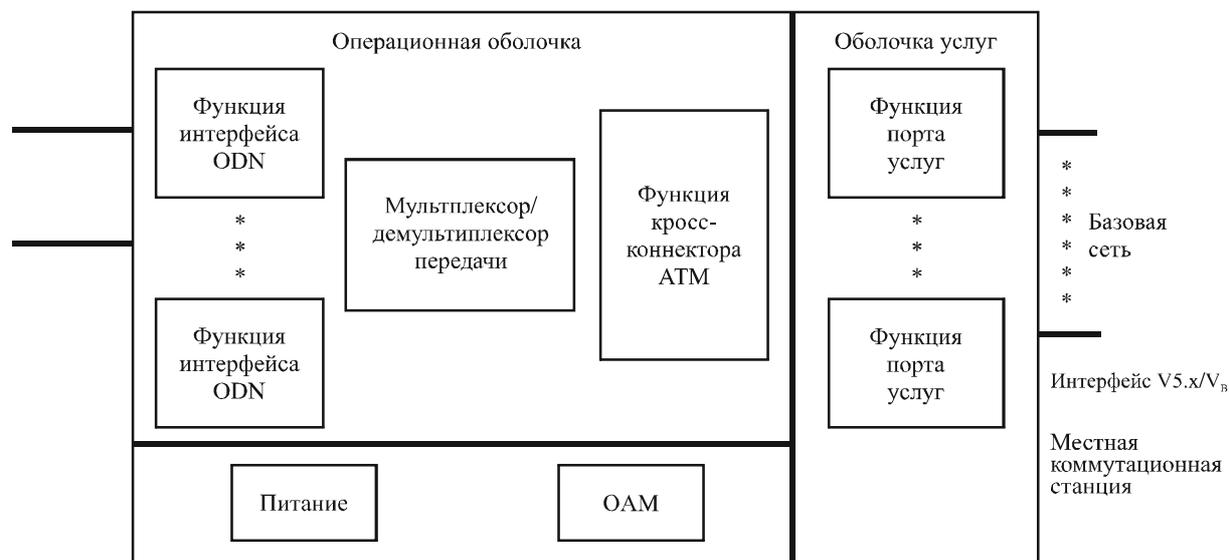


Рисунок 4/G.983.1 – Пример функциональных блоков OLT

## 5.6 Функциональный блок оптической распределительной сети

В целом оптическая распределительная сеть (ODN) обеспечивает оптическую передающую среду для физического соединения ONU с OLT.

Отдельные ODN могут быть объединены и расширены посредством использования оптических усилителей (см. Рекомендацию МСЭ-Т G.982)

### 5.6.1 Пассивные оптические элементы

ODN состоит из пассивных оптических элементов:

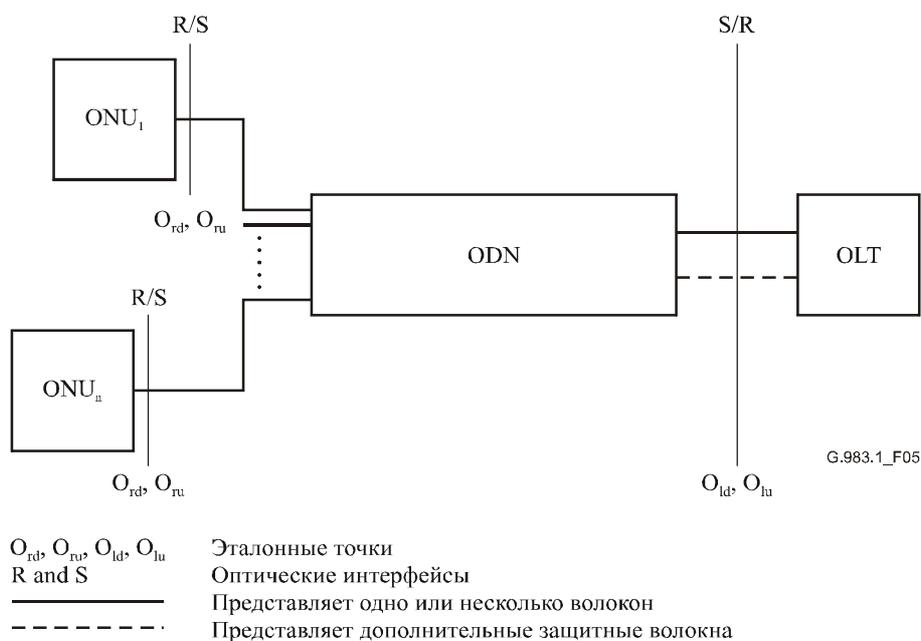
- одномодовое оптоволокно и волоконно-оптические кабели;
- плоское оптоволокно и плоские волоконно-оптические кабели;
- оптические соединители;
- пассивные ответвительные элементы;
- пассивные оптические аттенуаторы;
- сращивания.

Конкретная информация для описания пассивных оптических компонентов представлена в Рекомендации МСЭ-Т G.671.

Конкретная информация, необходимая для описания оптоволокна и волоконно-оптических кабелей, представлена в Рекомендации МСЭ-Т G.652.

### 5.6.2 Оптические интерфейсы

В контексте эталонной конфигурации на рисунке 5 показана общая физическая конфигурация ODN.



**Рисунок 5/G.983.1 – Общая физическая конфигурация оптической распределительной сети**

Для оптической передачи в ODN определены два следующих направления:

- нисходящее направление для сигналов, проходящих от OLT к ONU;
- восходящее направление для сигналов, проходящих от ONU к OLT.

Передача в нисходящем и восходящем направлениях может происходить по одному и тому же оптоволокну и элементам (дуплексная/диплексная работа) или же по отдельным оптоволокну и элементам (симплексная работа).

Если для реорганизации ODN необходимы дополнительные соединители или другие пассивные устройства, то они должны быть расположены между S и R и, при любом расчете оптического затухания, должны учитываться их затухания.

ODN предлагает один или несколько оптических трактов между OLT и одним или несколькими ONU. Каждый оптический тракт определяется между эталонными точками в конкретном волноводном окне.

Следующие оптические интерфейсы определены на рисунке 5:

- $O_{ру}, O_{рд}$  Оптический интерфейс в эталонной точке R/S между ONU и ODN, соответственно для восходящего и нисходящего направлений.
- $O_{лв}, O_{лд}$  Оптические интерфейсы в эталонной точке S/R между OLT и ODN, соответственно для восходящего и нисходящего направлений.

На физическом уровне интерфейсы могут потребовать несколько оптоволокон, к примеру, для разделения направлений передачи или различных типов сигналов (услуг).

Спецификации оптических интерфейсов ( $O_{ру}, O_{рд}, O_{лв}, O_{лд}$ ) определены в разделе 8.

Оптические свойства ODN должны позволять предоставлять любую услугу, которую только можно, предвидеть, не требуя обширной модификации самой ODN. Это требование оказывает влияние на свойства пассивных оптических компонентов, которые составляют ODN. Ряд важных требований, которые оказывают непосредственное влияние на оптические свойства ODN, определены следующим образом:

- *прозрачность оптических волн*: такие устройства, как оптические ответвители, которые не предназначены для выполнения какой-либо функции выбора длины оптической волны, должны иметь возможность обеспечивать передачу сигналов при любой длине оптической волны в диапазоне 1310 нм и 1550 нм;

- *обратимость*: перестановка портов ввода и вывода не должна вызвать значительных изменений оптического затухания в устройствах;
- *совместимость оптоволокна*: все оптические компоненты должны быть совместимые одноименным оптоволокном, как определено в Рекомендации МСЭ-Т G.652.

#### 5.6.2.1 Расчеты потерь модели оптической распределительной сети

Этот расчет описан в Рекомендации МСЭ-Т G.982.

#### 5.6.2.2 Метод расчета модели оптической распределительной сети

Этот метод описан в Рекомендации МСЭ-Т G.982.

### 6 Услуги

Такая высокоскоростная система доступа может обеспечить полный диапазон всех известных в настоящее время и новых рассматриваемых услуг для квартирных и учрежденческих абонентов. При этом необходимо учитывать независимость услуг систем передачи.

Эти услуги охватывают широкий диапазон требований к сети, таких как скорость передачи бит, симметрия, асимметрия или задержка, а также весь диапазон – от распределения видеосигналов с различной степенью интерактивности – до передачи электронных данных, взаимосоединений ЛВС, прозрачных виртуальных трактов и тому подобное.

Вопрос предоставления конкретных услуг является более ясным для одних операторов, чем для других, и сильно зависит от конкретных условий регулирования рынка каждого оператора, а также от их собственных потенциальных рыночных возможностей. Экономически эффективное предоставление этих услуг – это функция не только законодательных положений, но также и факторов, включающих существующую инфраструктуру электросвязи, равномерность распространения жилищ и сочетание квартирных и учрежденческих абонентов.

Несмотря на эти различные рыночные предпосылки, существуют некоторые свойства, которые считаются общими для всех сторон. Их можно сформулировать следующим образом:

- некоторые услуги требуют более высоких скоростей передачи бит, чем те, что обеспечивают КТСОП и базовая ЦСИС. Эти скорости передачи бит лучше всего предоставляются на волоконно-оптических или на гибридных сетях;
- так как услуги развиваются и вводятся новые услуги, то и требования к ширине полосы частот и к управлению повышаются. Это требует, чтобы сеть доступа была гибкой и легко усовершенствуемой.

### 7 Интерфейс пользователь-сеть и интерфейс узла услуг

Местонахождение UNI и SNI задано заранее в эталонной конфигурации (см. таблицу 1).

**Таблица 1/G.983.1 – UNI и SNI**

Тип услуги	Стандарт UNI	Стандарт SNI
Определено в Рекомендации МСЭ-Т G.982	Рекомендация МСЭ-Т G.902	Рекомендация МСЭ-Т G.902
– Цифровая широкополосная видеосистема	Рекомендация МСЭ-Т I.432 IEEE 802.3	Рекомендация МСЭ-Т G.967.1
– Услуги мультимедиа		Рекомендация МСЭ-Т G.967.2
– Арендованная линия VP		
– ATM SVC (виртуальный канал сигнализации в ATM)		

## 8 Требования оптической сети

### 8.1 Уровневая структура оптической сети

Разбиение на уровни основывается на Рекомендации МСЭ-Т G.982. ODN относится к волоконно-оптическим распределительным сетям, основывающимся на пассивных оптических разделителях, ответвительных элементах. OAN – это система между эталонными точками "V" и "T" (рисунок 2). ONU может иметь функцию адаптации (AF) для передачи по цифровой абонентской линии (DSL) к пользователю по медному кабелю. Управление OAN, как одним элементом, осуществляется через интерфейс управления Q3.

Эталонная модель протокола подразделяется на уровень физической среды, уровень ТС и слой тракта (см. Рекомендации МСЭ-Т G.902, I.326 и G.982). Пример ATM-PON показан в таблице 2. В сети ATM-PON слой тракта соответствует виртуальному тракту (VP) уровня ATM.

Таблица 2/G.983.1 – Уровневая структура сети ATM-PON

Уровень тракта		Обратитесь к Рекомендации МСЭ-Т I.732
Уровень передающей среды (Примечание)	Уровень ТС	Адаптация
		Передача в PON
	Уровень физической среды	
Обратитесь к Рекомендации I.732		
		Измерение дальности Распределение слотов ячеек Распределение ширины полосы частот Конфиденциальность и безопасность Кадровая синхронизация Синхронизация пакетов Синхронизация битов/байтов
		Адаптация Е/О Спектральное уплотнение по длинам волн Соединение оптоволокон

ПРИМЕЧАНИЕ. – Уровень передающей среды должен обеспечивать соответствующие функции OAM.

Уровень ТС подразделяется на подуровень передачи PON и подуровень адаптации, что соответствует подуровню конвергенции с системой передачи широкополосной цифровой сети с интеграцией служб (Ш-ЦСИС) в Рекомендации МСЭ-Т I.321. Подуровень передачи PON завершает требуемую функцию передачи на ODN. Функции, специфичные для PON, завершаются подуровнем передачи PON, что не прослеживается из подуровня адаптации.

Два рассматриваемых уровня – это уровень, зависящий от физической среды, и уровень ТС, если основываться на принципах разбиения на уровни в G.958.

### 8.2 Требования уровня, зависящего от физической среды, для ATM-PON

#### 8.2.1 Номинальная битовая скорость передачи цифровых сигналов

Линейная скорость передачи должна быть кратна 8 кГц. Системы ВРОН будут иметь следующие номинальные линейные скорости (нисходящее/восходящее направление):

- 155,52 Мбит/с/155,52 Мбит/с;
- 622,08 Мбит/с/155,52 Мбит/с;
- 622,08 Мбит/с/622,08 Мбит/с;
- 1244,16 Мбит/с/155,52 Мбит/с;
- 1244,16 Мбит/с/622,08 Мбит/с.

Требующие определения параметры классифицируются по восходящему и нисходящему потокам и номинальной скорости передачи бит, как показано в таблице 3.

**Таблица 3/G.983.1 – Соотношение между категориями параметров и таблицами**

Направление передачи	Номинальная битовая скорость передачи	Таблица
Нисходящее	155,52 Мбит/с	Таблица 4-b (нисходящий поток, 155 Мбит/с)
	622,08 Мбит/с	Таблица 4-c (нисходящий поток, 622 Мбит/с)
	1244,16 Мбит/с	Таблица 4-d (нисходящий поток, 1244 Мбит/с)
Восходящее	155,52 Мбит/с	Таблица 4-e (восходящий поток, 155 Мбит/с)
	622,08 Мбит/с	Таблица 4-f (восходящий поток, 622 Мбит/с)

Все параметры определены следующим образом и должны соответствовать таблице 4-а (ODN), таблице 4-b (нисходящий поток, 155 Мбит/с), таблице 4-c (нисходящий поток, 622 Мбит/с), таблице 4-d (нисходящий поток, 1244 Мбит/с), таблице 4-e (восходящий поток, 155 Мбит/с), таблице 4-f (восходящий поток, 622 Мбит/с). Эти таблицы в целом называются в этой Рекомендации таблицей 4, если это не приводит к путанице.

Все установленные параметры представляют собой значения для наихудших вариантов, предположительно соответствующие всему диапазону стандартных условий эксплуатации (то есть диапазонам температуры и влажности), включая эффекты старения. Эти параметры устанавливаются в соответствии с расчетным значением коэффициента ошибок по битам (КОБ) (для оптического участка), но не хуже  $1 \times 10^{-10}$  в экстремальном случае затухания оптического тракта и условий дисперсии.

**Таблица 4-а/G.983.1 – Параметры ODN уровня, зависящего от физической среды**

Параметры	Единица	Спецификация
Тип оптоволокна	–	Рекомендация МСЭ-Т G.652
Диапазон затухания (Рекомендация МСЭ-Т G.982)	дБ	Класс А: 5–20 Класс В: 10–25 Класс С: 15–30
Дифференциальное затухание оптического тракта	дБ	15
Максимальные потери оптического тракта	дБ	1
Максимальная дифференциальная логическая досягаемость	км	20
Максимальная длина оптоволокна между точками S/R и R/S	км	20
Минимальный обеспечиваемый коэффициент разделения	–	Ограничивается затуханием тракта и пределами адресации ONU. PON с пассивными разделителями (16- или 32-лучевой разделитель)
Двунаправленная передача	–	1-волоконное или 2-волоконное WDM

**Таблица 4-в/G.983.1 – Параметры оптических интерфейсов при 155 Мбит/с  
в нисходящем направлении**

Параметры	Единица	Одно оптоволокно		Двойное оптоволокно	
Передатчик OLT (оптический интерфейс O <sub>ld</sub> )					
Номинальная битовая скорость передачи	Мбит/с	155,52		155,52	
Рабочая длина волны	нм	1480–1580		1260–1360	
Линейный код	–	Скремблированный NRZ		Скремблированный NRZ	
Маска "глазковой" диаграммы передатчика	–	Рисунок 6		Рисунок 6	
Максимальный коэффициент отражения аппаратуры, измеренный на длине волны передатчика	дБ	Неприменимо		Неприменимо	
Минимальное ORL сети ODN в O <sub>ld</sub> и O <sub>lu</sub> (Примечания 1 и 2)	дБ	более 32		более 32	
Класс ODN		Класс В	Класс С	Класс В	Класс С
MIN возбуждение средней оптической мощности	дБм	–4	–2	–4	–2
MAX возбуждение средней оптической мощности	дБм	+2	+4	+1	+3
Возбужденная оптическая мощность без ввода в передатчик	дБм	Неприменимо		Неприменимо	
Коэффициент ослабления	дБ	более 10		Более 10	
Допуск на мощность падающей световой волны передатчика	дБ	более –15		более –15	
При лазере MLM – максимальная среднеквадратичная ширина	нм	1,8		5,8	
При лазере SLM – максимальная ширина – 20 дБ (Примечание 3)	нм	1		1	
При лазере SLM – Минимальный коэффициент подавления боковых мод	дБ	30		30	
Приемник ONU (оптический интерфейс O <sub>rd</sub> )					
Максимальный коэффициент отражения аппаратуры, измеренный на длине волны приемника	дБ	менее –20		менее –20	
Коэффициент ошибок по битам		менее 10 <sup>-10</sup>		менее 10 <sup>-10</sup>	
Класс ODN		Класс В	Класс С	Класс В	Класс С
Минимальная чувствительность	дБ	–30	–33	–30	–33
Минимальная перегрузка	дБ	–8	–11	–9	–12
Устойчивость к последовательным идентичным знакам	бит	более 72		более 72	
Допуск на джиттер	–	Рисунок 9		Рисунок 9	
Допуск на отраженную оптическую мощность	дБ	менее 10		менее 10	
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Значение "минимального ORL сети ODN в точке O<sub>ru</sub>, O<sub>rd</sub>, O<sub>lu</sub>, O<sub>ld</sub>" в дополнительных случаях, описанных в Дополнении I, должно быть больше 20 дБ.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Значения коэффициента отражения передатчика ONU в случае, если значение "минимального ORL в сети ODN в точке O<sub>ru</sub>, O<sub>rd</sub>, O<sub>lu</sub>, O<sub>ld</sub> составляет 20 дБ, описаны в Дополнении II.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Значения максимальной ширины в –20 дБ и минимального коэффициента подавления боковых мод указаны в Рекомендации МСЭ-Т G.957.</p>					

**Таблица 4-с/G.983.1 – Параметры оптических интерфейсов при 622 Мбит/с  
в нисходящем направлении**

Параметры	Единица	Одно оптоволокно			Двойное оптоволокно		
		Класс А	Класс В	Класс С	Класс А	Класс В	Класс С
		Передатчик OLT (оптический интерфейс O <sub>ld</sub> )					
Номинальная битовая скорость передачи	Мбит/с	622,08			622,08		
Рабочая длина волны	нм	1480–1580			1260–1360		
Линейный код	–	Скремблированный NRZ			Скремблированный NRZ		
Маска "глазковой" диаграммы передатчика	–	Рисунок 6			Рисунок 6		
Максимальный коэффициент отражения аппаратуры, измеренный на длине волны передатчика	дБ	Неприменимо			Неприменимо		
Минимальное ORL сети ODN в O <sub>lu</sub> и O <sub>ld</sub> (Примечания 1 и 2)	дБ	более 32			более 32		
Класс ODN		Класс А	Класс В	Класс С	Класс А	Класс В	Класс С
MIN возбуждение средней оптической мощности	дБм	–7	–2	–2	–7	–2	–2
MAX возбуждение средней оптической мощности	дБм	–1	+4	+4	–2	+3	+3
Возбужденная оптическая мощность без ввода в передатчик	дБм	Неприменимо			Неприменимо		
Коэффициент ослабления	дБ	более 10			более 10		
Допуск на мощность падающей световой волны передатчика	дБ	более –15			более –15		
При лазере MLM – Максимальная среднеквадратичная ширина	нм	Неприменимо			1,4		
При лазере SLM – Максимальная ширина –20 дБ (Примечание 3)	нм	1			1		
При лазере SLM Минимальный коэффициент подавления боковых мод	дБ	30			30		
		Приемник ONU (оптический интерфейс O <sub>rd</sub> )					
Максимальный коэффициент отражения аппаратуры, измеренный на длине волны приемника	дБ	менее –20			менее –20		
Коэффициент ошибок по битам	–	менее 10 <sup>-10</sup>			менее 10 <sup>-10</sup>		
Класс ODN		Класс А	Класс В	Класс С	Класс А	Класс В	Класс С
Минимальная чувствительность	дБм	–28	–28	–33	–28	–28	–33
Минимальная перегрузка	дБм	–6	–6	–11	–7	–7	–12
Устойчивость к последовательным идентичным знакам	бит	более 72			более 72		
Допуск на джиттер	–	Рисунок 9			Рисунок 9		
Допуск на отраженную оптическую мощность	дБ	менее 10			менее 10		
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Значение "минимального ORL сети ODN в точке O<sub>ru</sub>, O<sub>rd</sub>, O<sub>lu</sub>, O<sub>ld</sub>" в дополнительных случаях, описанных в Дополнении I, должно быть больше 20 дБ.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Значение коэффициента отражения передатчика ONU в случае, если значение "минимального ORL в сети ODN в точке O<sub>ru</sub>, O<sub>rd</sub>, O<sub>lu</sub>, O<sub>ld</sub>" составляет 20 дБ, описаны в Дополнении II.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Значения максимальной ширины –20 дБ и минимального коэффициента подавления боковых мод указаны в Рекомендации МСЭ-Т G.957.</p>							

**Таблица 4-d/G.983.1 – Параметры оптических интерфейсов при 1244,16 Мбит/с  
в восходящем направлении**

Параметры	Единица	Одно оптоволокно			Двойное оптоволокно		
		Класс А	Класс В	Класс С	Класс А	Класс В	Класс С
		Передатчик OLT (оптический интерфейс O <sub>ld</sub> )					
Номинальная битовая скорость передачи	Мбит/с	1244,16			1244,16		
Рабочая длина волны	нм	1480–1500			1260–1360		
Линейный код	–	Скремблированный NRZ			Скремблированный NRZ		
Маска "глазковой" диаграммы передатчика	–	Рисунок 6			Рисунок 6		
Максимальный коэффициент отражения аппаратуры, измеренный на длине волны передатчика	дБ	Неприменимо			Неприменимо		
Минимальное ORL сети ODN в O <sub>lu</sub> и O <sub>ld</sub> (Примечания 1 и 2)	дБ	более 32			более 32		
Класс ODN		Класс А	Класс В	Класс С	Класс А	Класс В	Класс С
MIN возбуждение средней оптической мощности	дБм	–4	+1	+5	–4	+1	+5
MAX возбуждение средней оптической мощности	дБм	+1	+6	+9	+1	+6	+9
Возбужденная оптическая мощность без ввода в передатчик	дБм	Неприменимо			Неприменимо		
Коэффициент ослабления	дБ	более 10			более 10		
Допуск на мощность падающей световой волны передатчика	дБ	более –15			более –15		
При лазере MLM – Максимальная среднеквадратичная ширина	нм	Неприменимо			Неприменимо		
При лазере SLM – Максимальная ширина –20 дБ (Примечание 3)	нм	1			1		
При лазере SLM Минимальный коэффициент подавления боковых мод	дБ	30			30		
		Приемник ONU (оптический интерфейс O <sub>rd</sub> )					
Максимальный коэффициент отражения аппаратуры, измеренный на длине волны приемника	дБ	менее –20			менее –20		
Коэффициент ошибок по битам	–	менее 10 <sup>-10</sup>			менее 10 <sup>-10</sup>		
Класс ODN		Класс А	Класс В	Класс С	Класс А	Класс В	Класс С
Минимальная чувствительность	дБм	–25	–25	–26	–25	–25	–25
Минимальная перегрузка	дБм	–4	–4	–4	–4	–4	–4
Устойчивость к последовательным идентичным знакам	бит	более 72			более 72		
Допуск на джиттер	–	Рисунок 9			Рисунок 9		
Допуск на отраженную оптическую мощность	дБ	менее 10			менее 10		
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Значение "минимального ORL сети ODN в точке O<sub>ru</sub>, O<sub>rd</sub>, O<sub>lu</sub>, O<sub>ld</sub>" в дополнительных случаях, описанных в Дополнении I, должно быть больше 20 дБ.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Значение коэффициента отражения передатчика ONU в случае, если значение "минимального ORL в сети ODN в точке O<sub>ru</sub>, O<sub>rd</sub>, O<sub>lu</sub>, O<sub>ld</sub>" составляет 20 дБ, описаны в Дополнении II.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Значения максимальной ширины –20 дБ и минимального коэффициента подавления боковых мод указаны в Рекомендации МСЭ-Т G.957.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Хотя для поддержки класса С сети ODN требуется перегрузка лишь –6 дБм, здесь выбрано значение перегрузки –4 дБм для обеспечения однообразия характеристик приемника ONU во всех классах ODN.</p>							

**Таблица 4-е/G.983.1 – Параметры оптических интерфейсов при 155 Мбит/с  
в восходящем направлении**

Параметры	Единица	Одно оптоволокно		Двойное оптоволокно	
Передатчик ONU (оптический интерфейс O <sub>ru</sub> )					
Номинальная битовая скорость передачи	Мбит/с	155,52		155,52	
Рабочая длина волны	нм	1260–1360		1260–1360	
Линейный код	–	Скремблированный NRZ		Скремблированный NRZ	
Маска "глазковой" диаграммы передатчика	–	Рисунок 7		Рисунок 7	
Максимальный коэффициент отражения аппаратуры, измеренный на длине волны передатчика	дБ	менее –6		менее –6	
Минимальное ORL сети ODN в O <sub>ru</sub> и O <sub>rd</sub> (Примечания 1 и 2)	дБ	более 32		более 32	
Класс ODN		Класс В	Класс С	Класс В	Класс С
MIN возбуждение средней оптической мощности	дБм	–4	–2	–4	–2
MAX возбуждение средней оптической мощности	дБм	+2	+4	+1	+3
Возбужденная оптическая мощность без ввода в передатчик	дБм	меньше, чем MIN чувствительность –10		меньше, чем MIN чувствительность –10	
Коэффициент ослабления	дБ	более 10		более 10	
Допуск на мощность падающей световой волны передатчика	дБ	более –15		более –15	
При лазере MLM – Максимальная средне-квадратичная ширина	нм	5,8		5,8	
При лазере SLM – Макс. ширина –20 дБ (Примечание 3)	нм	1		1	
При лазере SLM – Минимальный коэффициент подавления боковых мод	дБ	30		30	
Перенос джиттера	–	Рисунок 8		Рисунок 8	
Генерация джиттера от 0,5 кГц до 1,3 МГц	UI p-p (Единичный интервал при соединении "точка– группа точек")	0,2		0,2	
Приемник OLT (оптический интерфейс O <sub>lu</sub> )					
Максимальный коэффициент отражения аппаратуры, измеренный на длине волны приемника	дБ	менее –20		менее –20	
Коэффициент битовых ошибок	–	менее 10 <sup>–10</sup>		менее 10 <sup>–10</sup>	
Класс ODN		Класс В	Класс С	Класс В	Класс С
Минимальная чувствительность	дБм	–30	–33	–30	–33
Минимальная перегрузка	дБм	–8	–11	–9	–12
Устойчивость к последовательным идентичным знакам	биты	более 72		более 72	
Допуск на джиттер	–	Неприменимо		Неприменимо	
Допуск на отраженную оптическую мощность	дБ	менее 10		менее 10	
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Значение "минимального ORL сети ODN в точке O<sub>ru</sub>, O<sub>rd</sub>, O<sub>lu</sub>, O<sub>ld</sub>" в дополнительных случаях, описанных в Дополнении I, должно быть больше 20 дБ.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Значение коэффициента отражения передатчика ONU в случае, если значение "минимального ORL сети ODN в точке O<sub>ru</sub>, O<sub>rd</sub>, O<sub>lu</sub>, O<sub>ld</sub>" составляет 20 дБ, описаны в Дополнении II.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Значения максимальной ширины –20 дБ и минимального коэффициента подавления боковых мод указаны в Рекомендации G.957.</p>					

**Таблица 4-f/G.983.1 – Параметры оптических интерфейсов при 622 Мбит/с  
в восходящем направлении**

Параметры	Единица	Спецификации		
		Передатчик ONU (оптический интерфейс $O_{\text{тн}}$ )		
Номинальная битовая скорость передачи	Мбит/с	622,08		
Рабочая длина волны (Примечание 3)	нм	MLM типа 1 или SLM: 1260–1360 MLM типа 2: 1280–1350 MLM типа 3: 1288–1338		
Линейный код	–	Скремблированный NRZ		
Маска "глазковой" диаграммы передатчика	–	Рисунок 7		
Максимальный коэффициент отражения аппаратуры, измеренный на длине волны передатчика	дБ	менее –6		
Минимальное ORL сети ODN в $O_{\text{ld}}$ и $O_{\text{lu}}$ (Примечания 1 и 2)	дБ	более 32		
Класс ODN (Примечание 5)		Класс А	Класс В	Класс С
MIN возбуждение средней оптической мощности	дБм	–6	–1	–1
MAX возбуждение средней оптической мощности	дБм	–1	+4	+4
Возбужденная оптическая мощность без ввода в передатчик	дБм	меньше, чем MIN чувствительность –10		
Коэффициент ослабления	дБ	более 10		
Допуск на мощность падающей световой волны передатчика	дБ	более –15		
При лазере MLM – Максимальная средне-квадратичная ширина (Примечание 3)	нм	MLM типа 1: 1.4 MLM типа 2: 2.1 MLM типа 3: 2.7		
При лазере SLM – Максимальная ширина –20 дБ (Примечание 4)	нм	1		
При лазере SLM – Минимальный коэффициент подавления боковых мод	дБ	30		
Перенос джиттера	–	Рисунок 8		
Генерация джиттера от 2,0 кГц до 5,0 МГц	UI p-p	0,2		
		Приемник OLT (оптический интерфейс $O_{\text{лн}}$ )		
Максимальный коэффициент отражения аппаратуры, измеренный на длине волны приемника	дБ	менее –20		
Коэффициент битовых ошибок	–	менее $10^{-10}$		
Класс ODN (Примечание 5)		Класс А	Класс В	Класс С
Максимальная чувствительность	дБм	–27	–27	–32
Минимальная перегрузка	дБм	–6	–6	–11
Устойчивость к последовательным идентичным знакам	биты	более 72		
Допуск на джиттер	–	Неприменимо		
Допуск на отраженную оптическую мощность	дБ	менее 10		

**Таблица 4-f/G.983.1 – Параметры оптических интерфейсов при 622 Мбит/с  
в восходящем направлении**

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Значение "минимальной ORL сети ODN в точке  $O_{ru}$ ,  $O_{rd}$ ,  $O_{lu}$ ,  $O_{ld}$ " в дополнительных случаях, описанных в Дополнении I, должно быть больше 20 дБ.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Значение коэффициента отражения передатчика ONU в случае, если значение "минимального ORL сети ODN в точке  $O_{ru}$ ,  $O_{rd}$ ,  $O_{lu}$ ,  $O_{ld}$ " составляет 20 дБ, описаны в Дополнении II.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Типы передатчиков, соответствующих спецификациям на передающие устройства с меньшей шириной спектра, могут иметь более широкие диапазоны значений центральной длины волны. Лазеры специфицированных типов создают менее 1 дБ дополнительных потерь на оптическом тракте в сети ODN. Вместо них могут использоваться лазеры с другими оптическими параметрами, при условии что (1) общий диапазон длин волны не превышает 1260–1360 нм и (2) любое увеличение дополнительных потерь на оптическом тракте сверх 1 дБ компенсируется повышением минимальной возбужденной мощности передачи или уменьшением чувствительности приемника. Для обеспечения функционального взаимодействия рекомендуются лазеры специфицированных типов с дополнительными потерями на оптическом тракте менее 1 дБ.

ПРИМЕЧАНИЕ 4.– Значения максимальной ширины в –20 дБ и минимального коэффициента подавления боковых мод указаны в Рекомендации G.957.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Значения, предложенные для класса С для восходящего направления, являются наиболее оптимальными оценками. Поэтому в будущем они подлежат изменениям.

## **8.2.2 Физическая среда и метод передачи**

### **8.2.2.1 Передающая среда**

Эта спецификация основана на оптоволокне, описанном в Рекомендации МСЭ-Т G.652.

### **8.2.2.2 Направление передачи**

Этот сигнал передается как восходящим, так и нисходящим потоками через передающую среду.

### **8.2.2.3 Методология передачи**

Двухнаправленная передача осуществляется посредством использования метода спектрального уплотнения по длинам волн (WDM) на одном оптоволокне с длиной волны в диапазоне 1550 нм и 1310 нм или же посредством использования двух однонаправленных оптоволокон с длиной волны в диапазоне 1310 нм.

## **8.2.3 Скорость передачи по битам**

### **8.2.3.1 Нисходящий поток**

Номинальная битовая скорость передачи сигнала от OLT к ONU равна 155,52, 622,08 или 1244,16 Мбит/с. Если OLT и оконечная телефонная станция находятся в нормальном рабочем состоянии, то эта скорость прослеживается до синхрогенератора Stratum-1 (с точностью  $1 \times 10^{-11}$ ). Если оконечная телефонная станция находится в режиме свободной генерации, то скорость сигнала в нисходящем направлении прослеживается до синхрогенератора Stratum-3 (точность  $4,6 \times 10^{-6}$ ). Если OLT находится в режиме свободной генерации, то точность сигнала в нисходящем направлении задается синхрогенератором Stratum-4 ( $3,2 \times 10^{-5}$ ).

### **8.2.3.2 Восходящий поток**

Находясь в одном из рабочих состояний и имея право доступа, ONU должен передавать сигнал со скоростью 155,52 Мбит/с или 622,08 Мбит/с с точностью, равной точности принятого сигнала в нисходящем направлении. ONU не должен передавать сигнал, если он не находится в одном из своих рабочих состояний или не имеет права доступа.

## **8.2.4 Линейный код**

### **8.2.4.1 Нисходящий поток**

Код NRZ.

Метод скремблирования определен в спецификации уровня ТС.

Соглашение, используемое для оптического логического уровня:

- высокий уровень светового излучения для двоичной ONE (единицы);
- низкий уровень светового излучения для двоичного ZERO (нуля).

#### **8.2.4.2 Восходящий поток**

Код NRZ.

Метод скремблирования определен в спецификации уровня TC.

Соглашение, используемое для оптического логического уровня:

- высокий уровень светового излучения для двоичной ONE (единицы);
- низкий уровень светового излучения для двоичного ZERO (нуля).

### **8.2.5 Рабочая длина волны**

#### **8.2.5.1 Нисходящий поток**

Диапазон рабочих волн для нисходящего направления в системах с одним оптоволоконном должен составлять 1480–1580 нм. Следует принять к сведению, что в Рекомендации МСЭ-Т G.983.3 дается более полный план длин волн, который суживает этот диапазон волн для нисходящего направления для систем с одним волокном.

Диапазон частот волн для нисходящего направления в системах с двойным оптоволоконном должен составлять 1260–1360 нм.

#### **8.2.5.2 Восходящий поток**

Диапазон частот волн для восходящего направления должен составлять 1260–1360 нм.

### **8.2.6 Передатчик в $O_{ld}$ и $O_{tu}$**

Все параметры определены следующим образом и должны соответствовать таблице 4.

#### **8.2.6.1 Тип источника**

В зависимости от характеристик затухания/дисперсии, возможные передающие устройства включают многомодовые лазеры с продольными модами (MLM) и одномодовые лазеры с продольной модой (SLM). Для каждого варианта применения в этой спецификации указывается номинальный тип источника. Понятно, что указание номинального типа источника в этой спецификации не является требованием и что устройства SLM могут быть заменены при любом варианте применения, указывающем MLM в качестве номинального типа источника, без какого-либо ухудшения эксплуатационного качества системы.

#### **8.2.6.2 Спектральные характеристики**

Для лазеров MLM ширина спектра определяется максимальной среднеквадратичной (RMS) шириной в стандартных условиях эксплуатации. Подразумевается, что ширина RMS означает среднеквадратичное отклонение спектрального распределения. Метод измерения ширины RMS должен учитывать все моды, которые ниже максимальной моды не более чем на 20 дБ.

Для лазеров SLM максимальная ширина спектра определяется по максимальной полной ширине максимума центральной длины волны, измеренной на 20 дБ ниже максимальной амплитуды центральной длины волны в стандартных условиях эксплуатации. Кроме того, для регулирования шума секционирования моды в системах SLM определяется минимальная величина коэффициента подавления боковых мод лазера.

#### **8.2.6.3 Средняя возбужденная мощность**

Средняя возбужденная мощность в  $O_{ld}$  и  $O_{tu}$  – это средняя мощность псевдослучайной последовательности данных, объединенных передатчиком в оптоволоконне. Она задана как некий диапазон, позволяющий оптимизировать некоторые затраты и охватить все допуски на работу в стандартных условиях эксплуатации, постепенное ухудшение параметров соединителя передатчика, допуски на измерения и эффекты старения.

Нижний показатель – это минимальная мощность, которая должна быть обеспечена в состояниях О6, О7 и О8, а верхний показатель – это мощность, которая никогда не должна быть превышена в состояниях О6, О7 и О8. В режиме измерения дальности – в состоянии О4 (только при возбуждении оптической мощности) уровень мощности может стать меньше, чем установленный минимальный уровень возбужденной мощности, но он не может превышать установленный максимальный уровень возбужденной мощности более чем на 3 дБ.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для точного измерения необходимо обратить особое внимание на путь выходной мощности импульсного сигнала из ONU.

#### **8.2.6.3.1 Возбужденная оптическая мощность без ввода в передатчик**

В восходящем направлении передатчик ONU не должен подавать мощность в оптоволокно во всех тех слотах, которые не предназначены этому ONU. ONU также не должен возбуждать мощность в течение защитного времени тех слотов, которые предназначены ему, за исключением последних двух битов, которые могут использоваться для предварительного смещения лазера, и, за исключением того бита, который следует непосредственно за назначенной ячейкой и в течение которого выходная мощность падает до нуля. Уровень мощности, возбужденной во время предварительного смещения лазера, должен составлять менее 0,1 уровня единицы.

#### **8.2.6.4 Минимальный коэффициент ослабления**

Соглашение, принятое для оптического логического уровня:

- высокий уровень светового излучения для логической "1";
- низкий уровень светового излучения для логического "0".

Коэффициент ослабления (EX) определяется как:

$$EX=10 \log_{10}(A/B),$$

где  $A$  – средний уровень оптической мощности в центре логической "1", а  $B$  – средний уровень оптической мощности в центре логического "0".

Коэффициент ослабления для передачи сигнала в импульсном режиме в восходящем направлении применим от первого бита в преамбуле до последнего бита импульсного сигнала, включительно. Он не применим к процедуре запуска оптической мощности (обратитесь к 8.4.4.2 "Процедура измерения дальности в ONU").

#### **8.2.6.5 Максимальный коэффициент отражения аппаратуры, измеренный на длине волны передатчика**

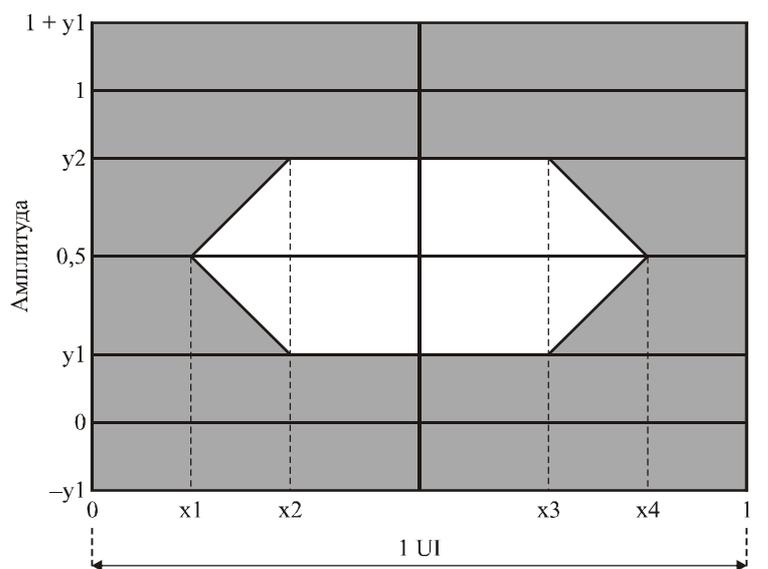
Отражения от аппаратуры (ONU/OLT) обратно в кабельную сеть, определяются максимальным допустимым коэффициентом отражения аппаратуры, измеренным в  $O_{ld}/O_{ru}$ . Он должен соответствовать таблице 4.

#### **8.2.6.6 Маска "глазковой" диаграммы передатчика**

В этой спецификации общие характеристики формы импульса передатчика, включая время нарастания, время спада, отклонение импульса от номинала вверх, отклонение импульса от номинала вниз и затухающие колебания (при ударном возбуждении), то есть все, что должны регулироваться с тем, чтобы предупредить чрезмерное ухудшение чувствительности приемника, определены в виде маски "глазковой диаграммы передатчика в  $O_{ld}/O_{ru}$ . С целью оценки передающего сигнала важно учитывать не только раскрыв "глаза" (глазковой диаграммы), но также и ограничения по отклонению от номинала вверх и вниз.

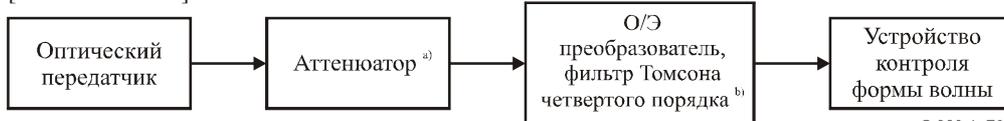
### 8.2.6.6.1 Передатчик OLT

Параметры, определяющие маску "глазковой" диаграммы, показаны на рисунке 6.



	155,52 Мбит/с	622,08 Мбит/с	1244,16 Мбит/с
x1/x4	0,15/0,85	0,25/0,75	0,28/0,72
x1/x4	0,35/0,65	0,40/0,60	0,40/0,60
y1/y4	0,20/0,80	0,20/0,80	0,20/0,80

[Установка теста]



G.983.1\_F06

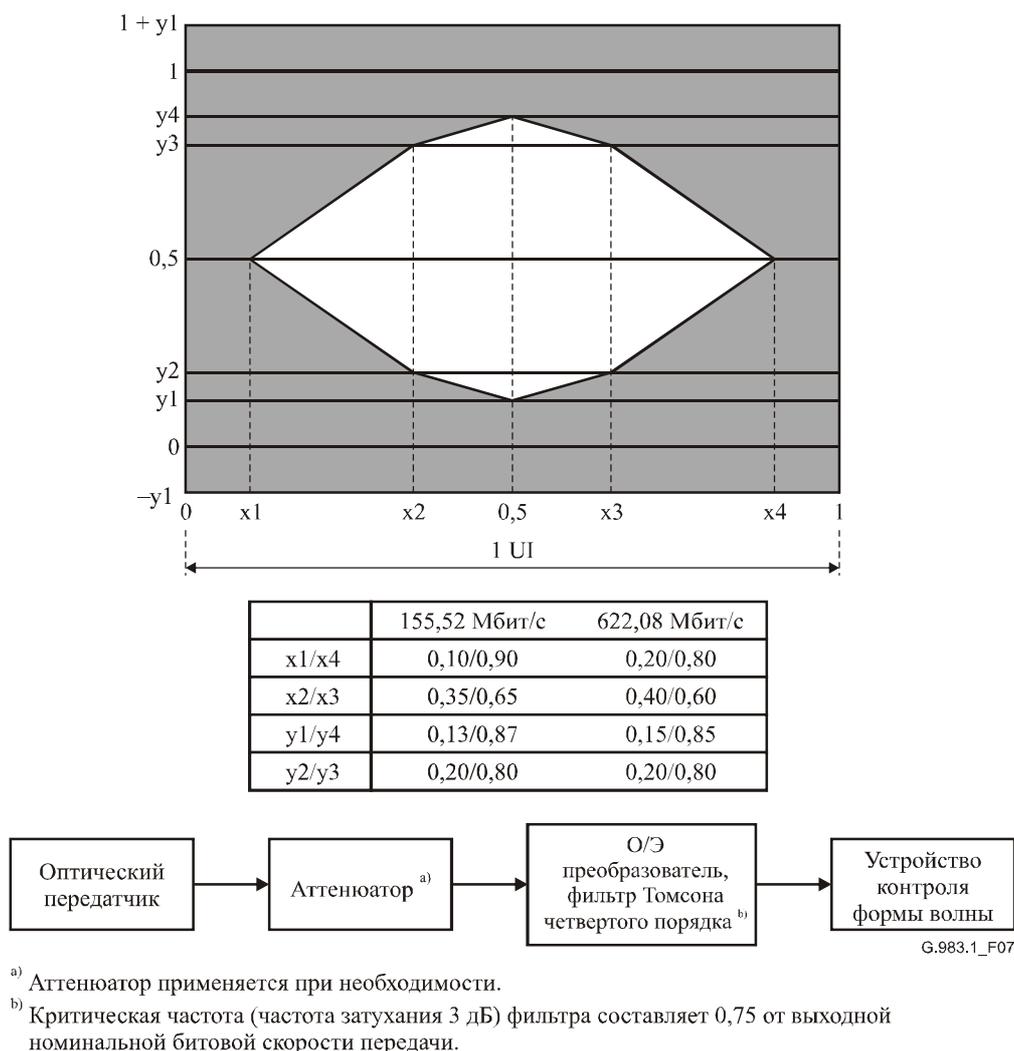
<sup>a)</sup> Аттенюатор применяется при необходимости.

<sup>b)</sup> Критическая частота (частота затухания 3дБ) фильтра составляет 0,75 от выходной номинальной битовой скорости передачи.

**Рисунок 6/G.983.1 – Маска "глазковой" диаграммы для передачи сигнала в нисходящем направлении**

### 8.2.6.6.2 Передатчик ONU

Параметры, определяющие маску "глазковой" диаграммы, показаны на рисунке 7.



**Рисунок 7/G.983.1 – Маска "глазковой" диаграммы для передачи сигнала в восходящем направлении**

Маска "глазковой" диаграммы при передаче сигнала в импульсном режиме в восходящем направлении применима от первого бита преамбулы до последнего бита импульсного сигнала включительно. Она не применима к процедуре установки оптической мощности (обратитесь к 8.4.4.2 "Процедура измерения дальности в ONU").

### 8.2.6.7 Допуск на отраженную оптическую мощность

Определенное эксплуатационное качество передатчика должно соответствовать наличию в S уровня оптического отражения, определенного в таблице 4.

### 8.2.7 Оптический тракт между O<sub>Id</sub>/O<sub>ru</sub> и O<sub>rd</sub>/O<sub>Iu</sub>

#### 8.2.7.1 Диапазон затухания

Установлено два класса диапазонов затухания, как определено в Рекомендации МСЭ-Т G.982:

- 5–20 дБ: класс А;
- 10–25 дБ: класс В;
- 15–30 дБ: класс С.

Предполагается, что спецификации затухания относятся к значениям наихудшего варианта, включающими потери из-за сращиваний, соединителей, оптических аттенуаторов (если используются) или других пассивных оптических устройств, а также включая любой дополнительный запас кабеля с целью охвата допусков на:

- 1) будущие модификации в конфигурации кабеля (дополнительные сращивания, увеличенные длины кабелей и т. д.);
- 2) изменения характеристик волоконно-оптических кабелей вследствие изменения факторов окружающей среды; и
- 3) постепенное ухудшение параметров соединителя, оптических аттенуаторов (если используются) или других пассивных оптических устройств между точками S и R, когда они есть.

#### **8.2.7.2 Минимальные оптические потери кабельной сети на отражения в точке R/S, включая любые соединители**

Спецификация общих минимальных оптических потерь на отражения (ORL) в точке R/S в сети ODN должна быть лучше, чем 32 дБ.

И как вариант, спецификация минимального ORL в точке S в сети ODN должна быть лучше, чем 20 дБ. В Приложении I представлены эти варианты.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Общий коэффициент отражения для модели ODN в точке S/R в основном задается оптическими соединителями в оптическом щите переключения (ODF). Максимальный коэффициент отражения отдельного дискретного элемента в рамках Рекомендации МСЭ-Т G.982 составляет –35 дБ. Коэффициент отражения от двух соединителей ODF приводит к значению –32 дБ. Однако, основываясь на другой модели сети, можно получить общий коэффициент отражения хуже, чем 32 дБ.

#### **8.2.7.3 Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками S и R**

Все дискретные коэффициенты отражения в ODN должны быть лучше, чем –35 дБ, что определено в Рекомендации МСЭ-Т G.982.

#### **8.2.7.4 Дисперсия**

Системы, которые считаются ограниченными по дисперсии, имеют максимальные значения дисперсии (пс/нм), определенные в таблице 4. Эти значения согласуются с установленными максимальными потерями оптических трактов. Они учитывают конкретный тип передатчика и коэффициент дисперсии оптоволокна в диапазоне рабочей длины волны.

Системы, которые считаются ограниченными по затуханию, не имеют установленных максимальных значений дисперсии и указаны в таблице 4 под пунктом "NA" (неприменимо).

#### **8.2.8 Приемник в $O_{rd}$ и $O_{lu}$**

Все параметры определены следующим образом и должны соответствовать таблице 4.

##### **8.2.8.1 Минимальная чувствительность**

Чувствительность приемника определяется, как минимальная приемлемая величина средней принятой мощности в точке R при достижении КОБ  $10^{-10}$ . Она учитывает потери мощности, вызванные использованием передатчика в стандартных условиях эксплуатации, со значениями наихудшего варианта: коэффициента ослабления, периодов нарастания и спада импульса, оптических потерь на отражения в точке S, постепенного ухудшения параметров соединителя приемника и допусков на измерения. Чувствительность приемника не включает потери мощности, связанные с дисперсией, джиттером или отражениями от оптического тракта; эти воздействия определяются отдельно при установлении максимальных потерь оптического тракта. Эффект старения не определяется отдельно, так как обычно это предмет соглашения между поставщиком сети и производителем оборудования.

##### **8.2.8.2 Минимальная перегрузка**

Перегрузка приемника – это максимальная приемлемая величина принятой средней мощности в точке R при достижении КОБ  $10^{-10}$ . Приемник должен обладать определенной устойчивостью к возрастающему уровню оптической мощности вследствие запуска или возможных столкновений (коллизий) во время измерения дальности, при этом КОБ в  $10^{-10}$  не гарантируется.

### 8.2.8.3 Максимальные паразитные потери оптического тракта

Требуется, чтобы приемник был приспособлен к потерям оптического тракта, не превышающим 1 дБ, вызываемым общим постепенным ухудшением параметров вследствие отражений межсимвольной интерференции шума секционирования моды и кратковременной нестабильности лазера.

### 8.2.8.4 Максимальный коэффициент отражения аппаратуры, измеренный на длине волны приемника

Коэффициент отражения от аппаратуры (ONU/OLT) обратно к кабельной сети определяется по максимальному допустимому коэффициенту отражения аппаратуры, измеренному в  $O_{rd}$  и  $O_{lu}$ . Он должен соответствовать таблице 4.

### 8.2.8.5 Дифференциальные потери оптического тракта

Дифференциальные потери оптического тракта означают разность между самыми высокими и самыми низкими потерями оптического тракта в одной и той же ODN. Максимальные дифференциальные потери оптического тракта должны составлять 15 дБ.

### 8.2.8.6 Возможность выделения тактовой частоты

ПРИМЕЧАНИЕ. – Тактовая частота сигнала передачи в восходящем потоке быстро выделяется из нескольких битов, чередующих непрерывный код (преамбулу) из положительных логических "1", "0" (Тактовая частота, выделенная из преамбулы, поддерживается, по крайней мере, в течение приема сигнала от разделителя до окончания ячейки в восходящем потоке или же непрерывно выделяется из сигнала после преамбулы в течение приема ячейки).

### 8.2.8.7 Характеристика джиттера

Этот подраздел касается требований по джиттеру к оптическим интерфейсам на ATM-PON.

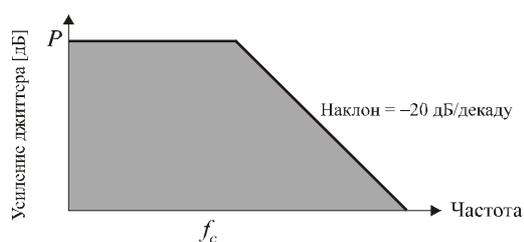
#### 8.2.8.7.1 Перенос джиттера

Спецификация переноса джиттера применима только к ONU.

Функция переноса джиттера определяется как:

$$\text{перенос джиттера} = 20 \log_{10} \left[ \frac{\text{джиттер в UI восходящего сигнала}}{\text{джиттер в UI нисходящего сигнала}} \times \frac{\text{нисходящая битовая скорость}}{\text{восходящая битовая скорость}} \right]$$

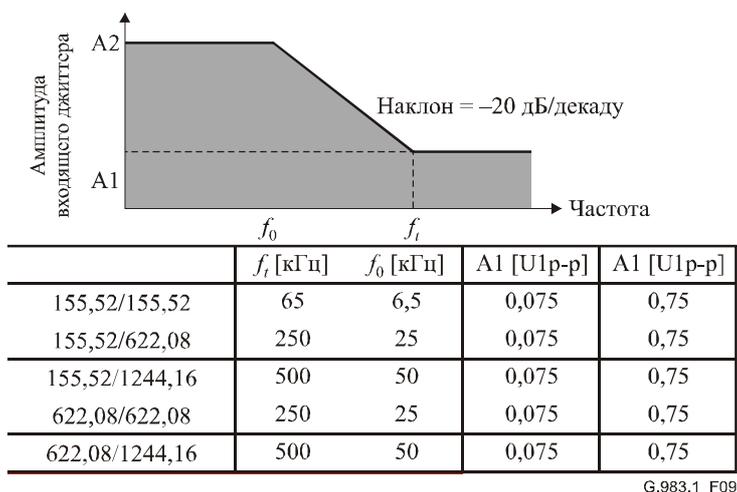
Функция переноса джиттера в ONU должна быть ниже кривой на рисунке 8, если на входе прилагается синусоидальный джиттер, соответствующий уровню маски на рисунке 9, с параметрами, определенными на этом рисунке для каждой скорости передачи бит.



	$f_c$ [кГц]	$P$ [дБ]
155,52/155,52	130	0,1
155,52/622,08	500	0,1
155,52/1244,16	1000	0,1
622,08/622,08	500	0,1
622,08/1244,16	1000	0,1

G.983.1\_F08

Рисунок 8/G.983.1 – Перенос джиттера для ONU



**Рисунок 9/G.983.1 – Маска допуска на джиттер для ONU**

### 8.2.8.7.2 Допуск на джиттер

Допуск на джиттер определяется как удвоенная амплитуда синусоидального джиттера, прилагаемого на входе сигнала ATM-PON, что вызывает потери оптической мощности в 1 дБ в оптической аппаратуре. Заметим, что это тестирование в напряженных условиях с тем, чтобы гарантировать, что никакие дополнительные потери не будут понесены в условиях эксплуатации.

ONU должен допускать, как минимум, приложение входного джиттера согласно маске на рисунке 9, с параметрами, установленными на этом Рисунке для каждой битовой скорости передачи.

### 8.2.8.7.3 Генерация джиттера

Спецификация генерации джиттера применяется только к ONU.

ONU не должен создавать размах джиттера более 0,2 UI при отсутствии приложения джиттера на входе нисходящего сигнала. Ширина полосы для измерений при скорости 155,52 Мбит/с в восходящем направлении имеет диапазон от 0,5 кГц до 1,3 МГц. Ширина полосы для измерений при скорости 622,08 Мбит/с в восходящем направлении имеет диапазон от 2,0 кГц до 5,0 МГц.

### 8.2.8.8 Устойчивость к последовательным идентичным знакам (СП)

Определенные испытательные последовательности состоят из последовательных блоков данных четырех типов:

- все 1 (нулевое содержимое синхронизации, высокая средняя амплитуда сигнала);
- псевдослучайные данные с коэффициентом заполнения 1/2;
- все 0 (нулевое содержимое синхронизации, низкая средняя амплитуда сигнала);
- блок данных, состоящий из байтов служебной нагрузки ATM.

Испытательная последовательность - это последовательность блоков данных, состоящих из d), a), b), d), c) и b). Длительность периодов с нулевым содержимым синхронизации a) и c) сделана равной самым длинным последовательностям с одинаковыми элементами. Устойчивость к CID определяется, как эта длительность.

### 8.2.8.9 Допуск на отраженную мощность

Допуск на отраженную мощность – это допустимое соотношение оптической входной средней мощности  $O_{rd}$  и  $O_{lu}$  и отраженной оптической средней мощности, если многократно отраженный свет рассматривается, как свет помех в  $O_{rd}$  и  $O_{lu}$ , соответственно.

Допуск на отраженную мощность определен, как минимальная чувствительность приема.

### 8.2.8.10 Качество передачи и коэффициент ошибок

При формировании структуры кадров необходимо принимать во внимание устойчивость байтов служебной нагрузки к ошибкам по битам при передаче около  $10^{-6}$ , с тем чтобы избежать простоя или отказов системы. Необходимо рассматривать характеристики ошибок уровня, зависящего от оптической физической среды, в местных эксплуатационных условиях с тем, чтобы установить необходимость в каком-либо корректирующем механизме для байтов служебной нагрузки на уровне участка.

Среднее качество передачи должно иметь очень низкий коэффициент ошибок по битам – менее  $10^{-9}$  по всей системе PON. Расчетный коэффициент ошибок, необходимый для оптических компонентов в условиях окружающей среды, должен быть лучше, чем  $10^{-10}$ , что определено в Рекомендации МСЭ-Т G.957.

### 8.3 Требования уровня конвергенции с системой передачи для ATM-PON

Для ATM-PON следующие требования уровня ТС описаны в таблице 5.

Таблица 5/G.983.1 – Требования уровня ТС

Развязка по скорости ячеек	Рекомендация МСЭ-Т I.432.1
Исправление ошибок при расчете НЕС	Рекомендация МСЭ-Т I.432.1
Максимальное количество виртуальных трактов на PON	4096
Минимальные возможности адресации	64 ONU

ПРИМЕЧАНИЕ. – Адресация PON может использовать полное поле VP в 12 бит заголовка ячейки ATM, как оно используется в эталонной точке VB5, см. рисунок 10. Значения VPI на PON не должны быть одинаковы со значениями VPI в эталонной точке VB5, так как OLT должна иметь функцию кросс-коннектора VP. Предел в 4096 VP позволяет избежать дорогостоящих таблиц адресации в ONU и гарантирует эффективное использование ресурсов PON.

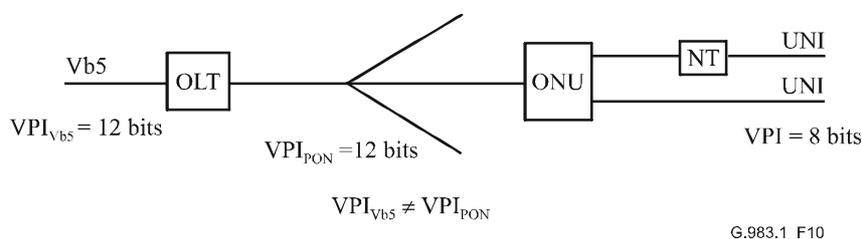


Рисунок 10/G.983.1 – Использование VP на PON

#### 8.3.1 Передача в режиме "точка-группа точек" на сети PON

Нисходящий сигнал транслируется ко всем ONU на PON. Каждая передача в восходящем направлении от каждого ONU управляется OLT и получает допуск от нисходящего потока посредством метода множественного доступа с временным уплотнением (TDMA).

#### 8.3.2 Максимальная пропускная способность полезной нагрузки для нисходящего и восходящего потоков

Необходимо рассмотреть минимизацию поля служебной нагрузки в кадре передачи с тем, чтобы максимизировать пропускную способность полезной нагрузки для нисходящего и восходящего потоков.

Для соответствия требованиям системы должна сохраняться требуемая для эксплуатационного качества системы и функций ОАМ пропускная способность служебной нагрузки. Однако, в идеале предполагается, что можно поддерживать пропускную способность полезной нагрузки, равную пропускной способности VC4 в нисходящем потоке системы ATM-PON.

### 8.3.3 Интерфейс в нисходящем потоке

Возможности передачи ячеек ATM включают ячейки информации, ячейки сигнализации, ячейки OAM, не назначенные ячейки и ячейки, используемые для развязки ячеек по скорости. Ячейки служебной нагрузки физического уровня включают ячейки OAM физического уровня (ячейки PLOAM).

Пропускная способность при интерфейсе на 155,52 Мбит/с составляет  $147,2 \text{ Мбит/с} \left( 155,52 \times \frac{54}{56} \right)$

Пропускная способность при интерфейсе на 622,08 Мбит/с составляет 599,86 Мбит/с.

Пропускная способность при интерфейсе на 1244,16 Мбит/с составляет 1199,72 Мбит/с.

### 8.3.4 Интерфейс в восходящем потоке

Служебная нагрузка физического уровня включает ячейки PLOAM, минислоты для канала MAC и байты служебной нагрузки, которые добавляются в начале каждой ячейки ATM, ячейки PLOAM или минислота.

Пропускная способность интерфейсов в восходящем направлении имеет верхние пределы:

- 147,2 Мбит/с  $\left( 155,52 \times \frac{54}{56} \right)$  при интерфейсе на 155,52 Мбит/с,
- 588,8 Мбит/с при интерфейсе на 622,08 Мбит/с. Некоторая дополнительная ширина полосы частот OLT предназначается для канала PLOAM в восходящем направлении и канала MAC.

Пропускная способность восходящего потока распределяется среди ONU, основываясь на присвоенной им ширине полосы в восходящем направлении.

### 8.3.5 Функции ТС, ориентированные на транспортирование

#### 8.3.5.1 Структура кадра

Структура интерфейса для скоростей 155,52 Мбит/с, 622,08 Мбит/с и 1244,16 Мбит/с в нисходящем потоке состоит из непрерывного потока временных слотов, причем каждый временной слот содержит 53 октета ячейки ATM или ячейки PLOAM.

Ячейка PLOAM вставляется через каждые 28 временных слотов. Кадр в нисходящем потоке включает две такие ячейки PLOAM и имеет длину в 56 слотов при скорости 144 Мбит/с в нисходящем направлении. При скорости 622 Мбит/с он включает восемь ячеек PLOAM и имеет длину в 224 слота. При скорости 1244 Мбит/с он включает шестнадцать ячеек PLOAM и имеет длину в 448 слотов.

В восходящем направлении при скорости 155 Мбит/с кадр состоит из 53 временных слотов в 56 байтов, а при скорости 622,08 Мбит/с в восходящем направлении – из 212 временных слотов. OLT запрашивает ONU передавать ячейку ATM посредством прав доступа, переданных в ячейках PLOAM в нисходящем направлении. На запрограммированной скорости OLT запрашивает ONU передать ячейку PLOAM или мини-слот. Скорость передачи PLOAM в восходящем направлении зависит от требуемых функциональных возможностей, содержащихся в этих ячейках PLOAM. Минимальная скорость передачи PLOAM в расчете на ONU составляет одну ячейку PLOAM на каждые 100 мс. OLT определяет ширину полосы частот, выделенную для мини-слотов в восходящем направлении.

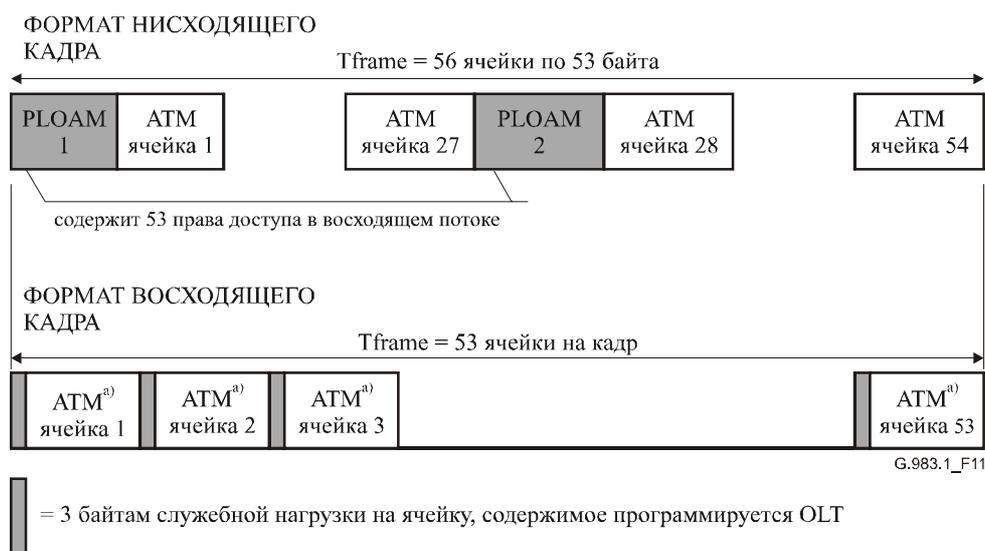
Ячейки PLOAM используются для доставки информации OAM физического уровня. Кроме того, они; переносят права доступа, используемые ONU для доступа к восходящему потоку.

Секционированный слот занимает полный временной слот восходящего потока и включает ряд минислотов; из множества ONU. Протокол MAC использует их для передачи к OLT состояния очередей ONU для того, чтобы ввести динамическое распределение ширины полосы частот.. Использование этих секционированных слотов является необязательным.

Описанные кадры, ячейки, байты и биты передаются в следующем порядке относительно их нумерации: кадры передаются в порядке возрастания, ячейки в составе кадра передаются в порядке возрастания, байты в составе ячейки передаются в порядке возрастания, а старший значащий бит в составе байта передается первым. Старший значащий бит в байте – это бит номер 1, а младший значащий бит – это бит номер 8, так что, к примеру, MSB для 0b10101010 равен 1.

### 8.3.5.1.1 Структура кадра для PON на 155/155 Мбит/с

Структура кадра для симметричной PON на 155/155 Мбит/с показана на рисунке 11.



<sup>a)</sup> Любой слот ячейки ATM может содержать PLOAM в восходящем направлении или же частоту секционированных слотов, управляемые OLT.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Ячейки ATM передаются в порядке возрастания номеров ячеек.

**Рисунок 11/G.983.1 – Формат кадра для PON на 155,52/155,52 Мбит/с**

Байты служебной нагрузки восходящего потока содержат следующие поля из таблицы 6.

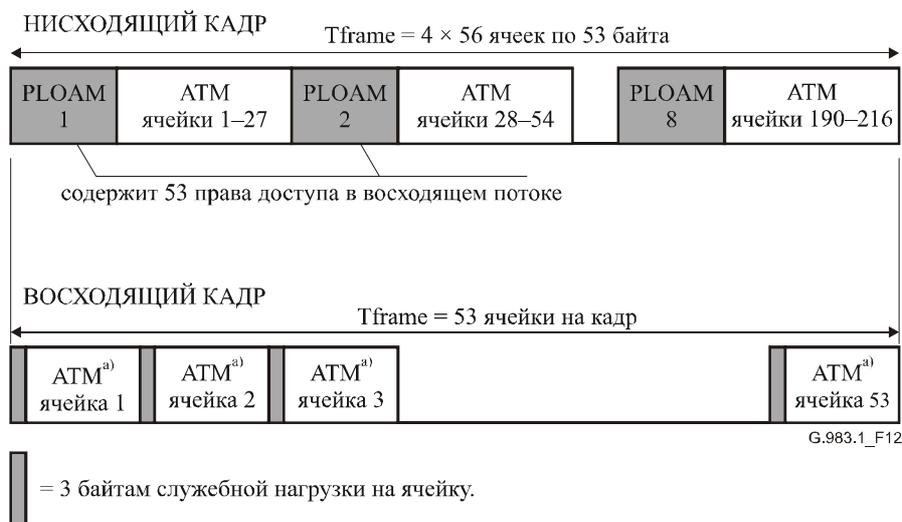
**Таблица 6/G.983.1 – Байты служебной нагрузки восходящего потока**

Поле	Предназначение
Защитный временной интервал	Обеспечивает достаточное расстояние между двумя последовательными ячейками или минислотами для избежания конфликтов.
Преамбула	Выделяет фазу поступающей ячейки или минислота, соответствующую местной синхронизации OLT, и/или обеспечивает синхронизацию битов и восстановление амплитуды.
Разграничитель	Уникальная комбинация, указывающая на запуск ATM ячейки или минислота, которая может быть использована для выполнения синхронизации байтов.

Минимальная длина защитного временного интервала составляет 4 бита. Общая длина служебной нагрузки равна 24 битам. Длина защитного временного интервала, шаблон преамбулы и разграничителя программируются под контролем OLT. Содержимое этих полей определяется посредством сообщения Upstream\_overhead в ячейках PLOAM нисходящего потока.

### 8.3.5.1.2 Структура кадра для PON на 622/155 Мбит/с

В этом случае скорость передачи нисходящего потока ровно в четыре раза выше, что показано на рисунке 12.



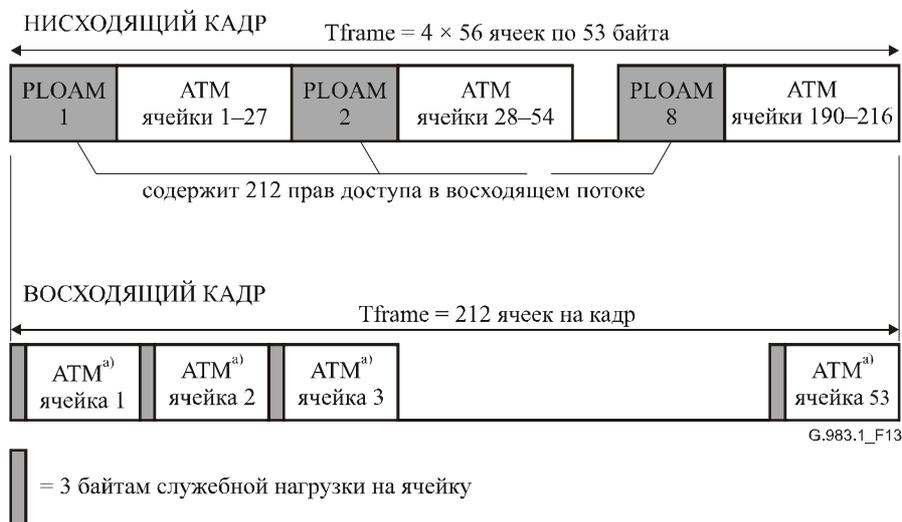
<sup>а)</sup> Любой слот ячейки АТМ может содержать PLOAM в восходящем направлении или же частоту секционированных слотов, управляемые OLT.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Ячейки АТМ передаются в порядке возрастания номеров ячеек.

Рисунок 12/G.983.1 – Формат кадра для PON на 622,08/155,52 Мбит/с

### 8.3.5.1.3 Структура кадра для PON на 622/622 Мбит/с

В этом случае скорость передачи как нисходящего, так и восходящего потока ровно в четыре раза выше, чем в случае симметричной PON на 155 Мбит/с. Это показано на рисунке 13.



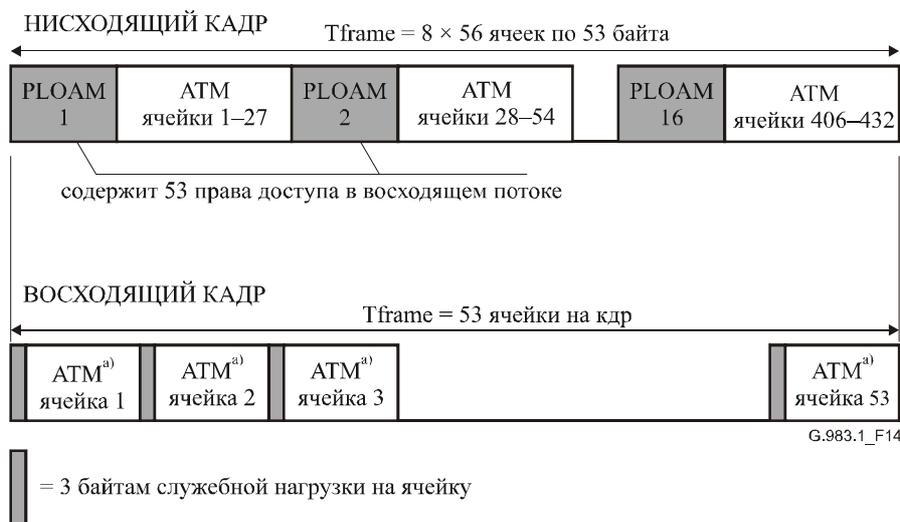
<sup>а)</sup> Любой слот ячейки АТМ может содержать PLOAM в восходящем направлении или же частоту секционированных слотов, управляемые OLT.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Ячейки АТМ передаются в порядке возрастания номеров ячеек.

Рисунок 13/G.983.1 – Формат кадра для PON на 622,08/622,08 Мбит/с

### 8.3.5.1.4 Структура кадра для PON на 1244/155 Мбит/с

В этом случае скорость передачи нисходящего потока ровно в восемь раз выше, чем в случае симметричной PON на 155 Мбит/с. Это показано на рисунке 14.



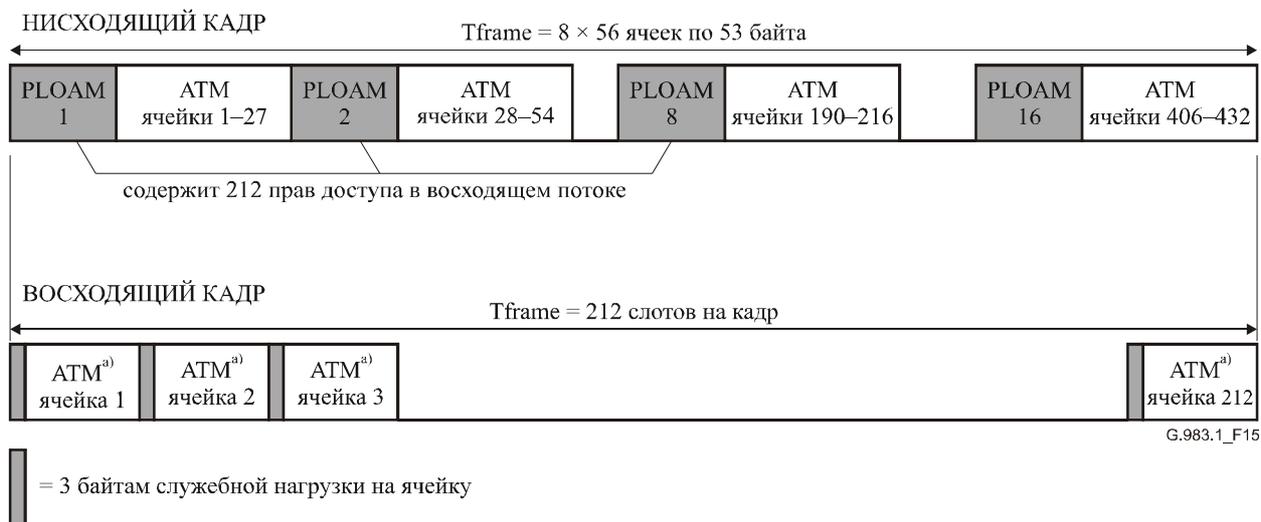
<sup>a)</sup> Любой слот ячейки ATM может содержать PLOAM в восходящем направлении или же частоту секционированных слотов, управляемые OLT.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Ячейки ATM передаются в порядке возрастания номеров ячеек.

Рисунок 14/G.983.1 – Формат кадра для PON на 1244,16/155,52 Мбит/с

### 8.3.5.1.5 Структура кадра для PON на 1244/622 Мбит/с

В этом случае скорость передачи нисходящего потока ровно вдвое выше, чем в случае симметричной PON на 622 Мбит/с. Это показано на рисунке 15.



<sup>a)</sup> Любой слот ячейки ATM может содержать PLOAM в восходящем направлении или же частоту секционированных слотов, управляемые OLT.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Ячейки ATM передаются в порядке возрастания номеров ячеек.

Рисунок 15/G/983.1 – Формат кадра для PON на 1244,16/622,08 Мбит/с

### 8.3.5.1.6 Временная зависимость нисходящего-восходящего кадра

На рисунках 11, 12, 13, 14 и 15 начало кадра в нисходящем направлении и начало кадра в восходящем направлении представлены как сфазированные друг с другом, чтобы указать на одинаковую длительность этих двух кадров. Однако реальная разность фаз в эталонных точках S/R в OLT или ONU не определена. Наиболее вероятно, что эти два кадра будут сфазированы друг с другом в некоторой виртуальной эталонной точке в пределах OLT. Процесс измерения дальности гарантирует, что восходящие ячейки фазируются с этим восходящим кадром.

Для случаев, показанных на рисунках 11, 12 и 14, 53 права доступа (гранта) отображаются на первые две ячейки PLOAM кадра и нумеруются от 1 до 53; для случая, показанного на рисунках 13 и 15, 212 прав доступа отображаются на восемь ячеек PLOAM в кадре и нумеруются от 1 до 212. Чтобы гарантировать правильность протокола TDMA, ONU, адресуемый посредством права доступа X, ставит в очередь (X-1) временных интервалов восходящих ячеек этого права доступа, прежде чем применить задержку-выравнивание, как определено в протоколе измерения дальности.

### 8.3.5.2 Идентификация ячеек физического уровня

Рекомендация МСЭ-Т I.361 идентифицирует определенные комбинации для потоков данных PLOAM. Следующая комбинация установлена для технического обслуживания ATM-PON (см. таблицу 7).

**Таблица 7/G.983.1 – Заголовок PLOAM**

	Октет 1	Октет 2	Октет 3	Октет 4	Октет 5
Ячейка OAM физического уровня для ATM-PON	0000 0000	0000 0000	0000 0000	0000 1101	HEC = достоверный код 0111 0110
ПРИМЕЧАНИЕ. – С точки зрения уровня ATM любые из этих отдельных полей не имеют никакой значимости, так как ячейки OAM физического уровня не проходят к уровню ATM.					

### 8.3.53 Структура PLOAM нисходящего потока

В таблице 8 представлено содержимое полезной нагрузки ячейки PLOAM нисходящего потока. Первая и третья колонка указывают порядковый номер байтов полезной нагрузки.

**Таблица 8/G.983.1 – Содержимое полезной нагрузки ячейки PLOAM нисходящего потока**

1	IDENT	25	GRANT20
2	SYNC1	26	GRANT21
3	SYNC2	27	CRC
4	GRANT1	28	GRANT22
5	GRANT2	29	GRANT23
6	GRANT3	30	GRANT24
7	GRANT4	31	GRANT25
8	GRANT5	32	GRANT26
9	GRANT6	33	GRANT27
10	GRANT7	34	CRC
11	CRC	35	MESSAGE_PON_ID
12	GRANT8	36	MESSAGE_ID
13	GRANT9	37	MESSAGE_FIELD1
14	GRANT10	38	MESSAGE_FIELD2
15	GRANT11	39	MESSAGE_FIELD3
16	GRANT12	40	MESSAGE_FIELD4

**Таблица 8/G.983.1 – Содержимое полезной нагрузки ячейки PLOAM нисходящего потока**

17	GRANT13	41	MESSAGE_FIELD5
18	GRANT14	42	MESSAGE_FIELD6
19	CRC	43	MESSAGE_FIELD7
20	GRANT15	44	MESSAGE_FIELD8
21	GRANT16	45	MESSAGE_FIELD9
22	GRANT17	46	MESSAGE_FIELD10
23	GRANT18	47	CRC
24	GRANT19	48	BIP

### 8.3.5.3.1 Завершение ячеек PLOAM

Ячейки PLOAM завершаются в ONU на уровне TC, ориентированном на транспортирование. Полезная нагрузка ячейки PLOAM обрабатывается до тех пор, пока ONU находится в состоянии кадровой синхронизации и не обнаружил OAML, FRML, LCD или LOS. Любая ячейка, пронумерованная от "ячейки ATM 1" до "ячейки ATM 54" на рисунке 11, или пронумерованная от "ячейки ATM 1" до ячейки ATM 216" на рисунке 12 или 13, или пронумерованная от "ячейки ATM 1" до "ячейки ATM 432" на рисунке 14 или 15, которая имеет заголовок, одинаковый с установленным заголовком ячейки PLOAM, аннулируется в ONU на уровне TC, ориентированном на ATM.

### 8.3.5.3.2 Идентификация PLOAM

В таблице 9 указано содержимое байта IDENT:

**Таблица 9/G.983.1 – Содержимое поля IDENT**

Биты	Тип	Кодирование	
1..7	FU	все 0	Для будущего использования.
8	Кадр	X	"1" для первой ячейки PLOAM нисходящего кадра и "0" для других.

### 8.3.5.3.3 Кадровая синхронизация

ONU должен синхронизировать по кадру в нисходящем направлении, основываясь на кадровом бите в нисходящих ячейках PLOAM до того, как он сможет получить доступ к восходящему звену. Если выделение нисходящих ячеек ATM завершено, то ONU синхронизирует по скорости ячеек PLOAM посредством нахождения N-ploam последовательных правильных заголовков PLOAM в интервале Tploam. Tploam – это временной интервал между двумя последовательными ячейками PLOAM. Затем он синхронизирует по кадровому биту посредством нахождения N-frame последовательных кадровых битов = 1 в интервале Tframe. Это показано на рисунке 16.

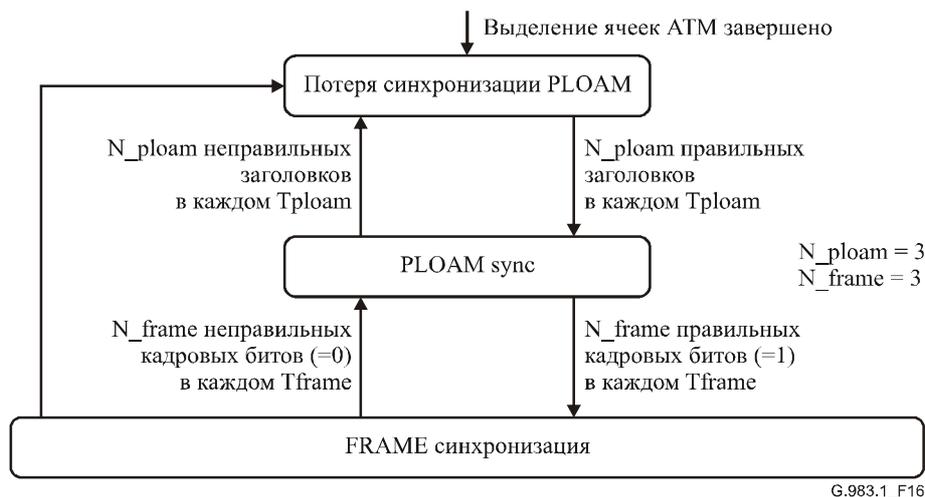


Рисунок 16/G.983.1 – Поток данных кадровой синхронизации

### 8.3.5.3.4 Поле синхронизации (SYNC1-SYNC2)

Предназначение этого поля – передача эталонного сигнала 1 кГц, обеспечиваемого в OLT, к ONU. Эта функция является необязательной.

Счетчик в OLT инкрементируется после передачи одного байта в нисходящем направлении при скорости передачи 155 Мбит/с в нисходящем направлении. При скорости 622 Мбит/с в нисходящем направлении этот счетчик инкрементируется после передачи каждых четырех байтов. При скорости 1244 Мбит/с в нисходящем направлении этот счетчик инкрементируется после передачи каждых восьми байтов. Этот счетчик перезапускается каждую 1 мс для создания эталонного сигнала в 1 кГц. В OLT значение этого счетчика считается правильным перед передачей первой ячейки PLOAM кадра, а 15 младших значащих битов счетчика помещаются в 15 младших значащих битов поля SYNC1-SYNC2.

Старший значащий бит счетчика помещается в старший значащий бит SYNC1. В зависимости от длины счетчика могут быть получены другие эталонные синхронизации. При получении в ONU это поле используется для синхронизации местного счетчика. Затем счетчик ONU синхронизируется со счетчиком OLT. Это показано на рисунке 17.

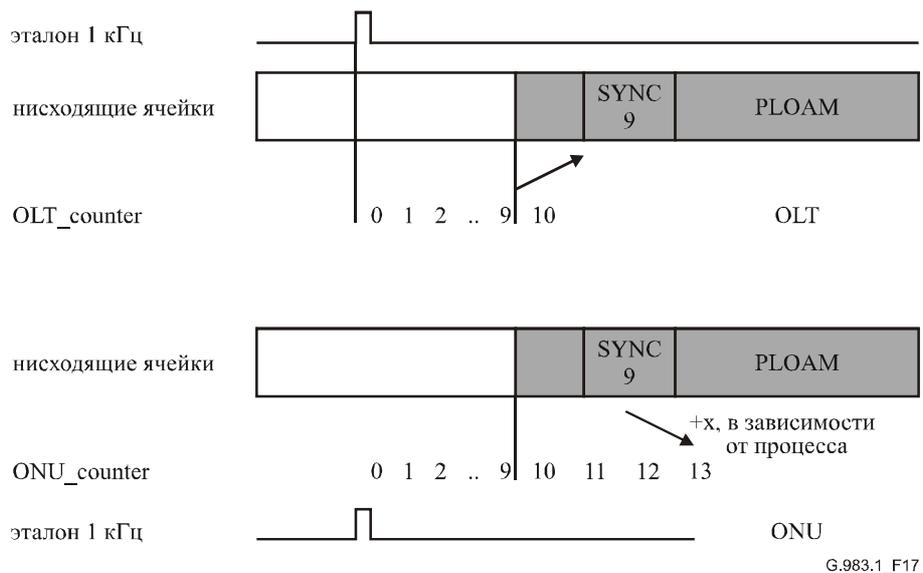


Рисунок 17/G.983.1 – Выделение эталона 1 кГц в ONU

### 8.3.5.3.5 Права доступа

Каждая ячейка PLOAM заполнена 27 правами доступа. Эти права доступа используются ONU для доступа по оптоволокну в восходящем направлении. При скорости 155 Мбит/с в восходящем направлении требуются 53 права доступа на кадр. 53 активных права доступа отображаются на первые две ячейки PLOAM нисходящего кадра. При скорости 622 Мбит/с в восходящем направлении требуются 212 прав доступа на кадр. 212 активных прав доступа отображаются на первые восемь ячеек PLOAM нисходящего кадра. Последнее право доступа любой нумерованной четным числом ячейки PLOAM заполнено холостым правом доступа. Поля прав доступа остальных ячеек PLOAM в случаях асимметричной передачи заполнены холостыми правами доступа и, следовательно, не будут использоваться ONU. Содержимое прав доступа в ячейках PLOAM указано в таблице 10. Длина права доступа равна 8 битам, следующие его типы определены в таблице 10.

**Таблица 10/G.983.1 – Спецификация прав доступа**

Тип	Кодирование	Описание
Право доступа данных	Любое значение, кроме 1111 1101 1111 1110 1111 1111	Для указания права доступа восходящих данных, ориентированных на ONU. Значение права доступа данных присваивается ONU во время протокола измерения дальности, используя сообщение grant_allocation. ONU может посылать ячейку данных или холостую ячейку, если ячейка данных не готова.
Право доступа PLOAM	Любое значение, кроме 1111 1101 1111 1110 1111 1111	Для указания права доступа восходящего PLOAM, ориентированного на ONU. Значение права доступа PLOAM присваивается ONU во время протокола измерения дальности, используя сообщения grant_allocation. ONU всегда посылает ячейку PLOAM в ответ на это права доступа.
Право доступа Divided_slot	Любое значение, кроме 1111 1101 1111 1110 1111 1111	Для указания прав доступа для divided_slot, ориентированного на восходящую группу ONU. OLT присваивает право доступа множеству ONU, используя сообщение Divided_slot_grant_configuration. Каждый ONU из этого множества посылает мини-слот. Использование этих прав доступа описано в Рекомендации МСЭ-Т G.983.4.
Зарезервированные права доступа	Любое значение, кроме 1111 1101 1111 1110 1111 1111	В будущей версии этой Рекомендации другие типы прав доступа будут использоваться для конкретных прав доступа данных (к примеру, для адресации интерфейса конкретного ONU или класса QoS).
Право доступа измерения дальности	1111 1101	Используется для процесса измерения дальности. Условие реагирования на это право доступа описано в протоколе измерения дальности.
Незначенное право доступа	1111 1110	Для указания неиспользуемого слота в восходящем потоке.
Холостое право доступа	1111 1111	Для развязки скорости ячеек PLOAM в нисходящем потоке и ячеек в восходящем потоке. Эти права доступа игнорируются ONU.

Скорость передачи данных (Мбит/с)	Число прав доступа на PLOAM				
	155/155	622/155	1244/155	622/622	1244/622
PLOAM 1	27	27	27	27	27
PLOAM 2	26	26	26	26	26
PLOAM 3	NA	0	0	27	27
PLOAM 4	NA	0	0	26	26
PLOAM 5	NA	0	0	27	27
PLOAM 6	NA	0	0	26	26
PLOAM 7	NA	0	0	27	27
PLOAM 8	NA	0	0	26	26
PLOAM 9-16	NA	NA	0	NA	0

OLT может адресовать 32 ONU одновременно и дополнительно он может адресовать до 64 ONU.

### 8.3.5.3.6 Защита прав доступа

Циклическая проверка по избыточности (CRC) защищает группу из семи прав доступа. Порождающий полином CRC для прав доступа:

$$g(x) = x^8 + x^2 + x + 1$$

CRC может защищать до 15 байтов и имеет расстояние Хэмминга, равное 4. Она способна обнаружить до трех ошибок по битам. Никакое исправление ошибок не производится. Если ONU находится в кадровом синхронизме, и пока отсутствуют потери выделения ячеек, то группы прав доступа обрабатываются  $j$  независимо от правильности заголовка ячейки PLOAM.

Нотация, используемая для описания CRC, основывается на свойстве циклических кодов. (Например, такой вектор кода, как 100101, может быть представлен полиномом  $P(x) = x^5 + x^2 + 1$ ). Элементы  $n$  элементного кодового слова являются, таким образом, коэффициентами полинома порядка  $n - 1$ . В этом  $j$  применении, эти коэффициенты могут иметь значение от 0 до 1, а операции с полиномом выполняются с использованием операций по модулю 2. Полином, представляющий содержимое группы из семи прав доступа, исключая поле CRC, порождается, используя первый бит этого поля прав доступа в качестве коэффициента члена самого старшего разряда.

CRC должна быть остатком от деления (по модулю 2) на порождающий полином  $x^8 + x^2 + x + 1$  произведения  $x^8$ , умноженного на полином с содержимым группы из 7 прав доступа, исключая поле CRC, в качестве коэффициентов. Старший значащий бит первого права доступа в этой группе является коэффициентом члена  $x^{55}$  этого полинома, а младший значащий бит последнего доступа в этой группе является коэффициентом  $x^0$ .

В передатчике начальное содержимое регистра устройства, вычисляющего остаток деления, предварительно устанавливается во все 0, а затем модифицируется посредством деления поля прав доступа, исключая поле CRC, на порождающий полином (как описано выше); результирующий остаток передается как 8-битовая CRC.

Для последней группы из 6 прав доступа для вычисления CRC этой группы добавляется фиктивное седьмое право доступа, равное 0b00000000.

Если CRC в приемнике неправильная, то весь блок игнорируется.

### 8.3.5.3.7 Поле MESSAGE

Все аварийные сигналы, связанные с OAM, или аварийные сигналы пересечения порогов, вызванные событиями, передаются посредством сообщений в ячейках PLOAM. Также и все сообщения, связанные с изменением дальности, отображаются на поле сообщений ячейки PLOAM. Обработка сообщения, принятого в ONU и касающегося процедуры измерения дальности, должна быть

завершена в пределах времени 6 кадровых периодов ( $6 \cdot T_{frame}$ ). Она включает возможную подготовку восходящего сообщения, соответствующего этому нисходящему сообщению. Эти сообщения защищены таким же полиномом, что и права доступа. Если ONU находится в кадровом синхронизме, то поле сообщения обрабатывается независимо от правильности заголовка ячейки PLOAM. Никакое исправление ошибок не применяется к этому полю принятого сообщения. Это сообщение будет аннулировано по получении, если CRC неправильная.

CRC должна быть остатком от деления (по модулю 2) на порождающий полином  $x^8 + x^2 + x + 1$  произведения  $x^8$ , умноженного на полином, с содержимым поля сообщения, исключая поле CRC, в качестве коэффициентов. Старший значащий бит 35 байта – это коэффициент члена  $x^{95}$  этого полинома, а младший значащий бит 45 байтов – коэффициент  $x^0$ .

В передатчике начальное содержимое регистра устройства, вычисляющего остаток деления, предварительно устанавливается во все 0, а затем модифицируется посредством деления поля сообщений, исключая поле CRC, на порождающий полином (как описано выше); результирующий остаток передается как 8-битовая CRC.

В таблице 11 указан формат этого поля сообщения.

**Таблица 11/G.983.1 – Формат сообщения PLOAM**

MESSAGE_PON_ID	Оно адресуется конкретному ONU. Во время протокола измерения дальности ONU присваивается номер PONJUD. Этот PON_ID может составлять от 0 до 63, с отображением на диапазон от 0x00 до 0x3F.  Для передачи ко всем ONU это поле устанавливается в 0x40.
MESSAGE_ID	Указывает на тип сообщения.
MESSAGE_FIELD	Содержит сообщение.

#### 8.3.5.3.8 Четность чередующихся битов (VIP8)

Это поле используется для контроля КОБ на нисходящем звене. Однобайтовый VIP8 в каждой ячейке PLOAM охватывает  $28 \times 53 - 1$  байтов или 1483 байта между двумя последовательными VIP. Каждый бит байта VIP8 – это XOR всех битов с одинаковой позицией во всех задействованных байтах, до скремблирования. ONU сравнивает полученный VIP8 с VIP8, вычисленным им в принятом потоке байтов. Каждый отличающийся бит подсчитывается. Этот VIP является правильной оценкой реального КОБ, если КОБ меньше чем  $10^{-4}$ .

### 8.3.5.4 Структура восходящей PLOAM

В таблице 12 показано содержимое полезной нагрузки восходящей ячейки PLOAM.

**Таблица 12/G.983.1 – Содержимое полезной нагрузки восходящей ячейки PLOAM**

1	IDENT	25	LCF11
2	MESSAGE_PON_ID	26	LCF12
3	MESSAGE_ID	27	LCF13
4	MESSAGE_FIELD1	28	LCF14
5	MESSAGE_FIELD2	29	LCF15
6	MESSAGE_FIELD3	30	LCF16
7	MESSAGE_FIELD4	31	LCF17
8	MESSAGE_FIELD5	32	RXCF1
9	MESSAGE_FIELD6	33	RXCF2
10	MESSAGE_FIELD7	34	RXCF3
11	MESSAGE_FIELD8	35	RXCF4
12	MESSAGE_FIELD9	36	RXCF5
13	MESSAGE_FIELD10	37	RXCF6
14	CRC	38	RXCF7
15	LCF1	39	RXCF8
16	LCF2	40	RXCF9
17	LCF3	41	RXCF10
18	LCF4	42	RXCF11
19	LCF5	43	RXCF12
20	LCF6	44	RXCF13
21	LCF7	45	RXCF14
22	LCF8	46	RXCF15
23	LCF9	47	RXCF16
24	LCF10	48	BIP

#### 8.3.5.4.1 Завершение ячейки PLOAM

Ячейки PLOAM завершаются в OLT на уровне TC, ориентированном на транспортирование. Полезная нагрузка ячейки PLOAM обрабатывается до тех пор, пока состоянием ONU<sub>i</sub> не является LOS<sub>i</sub>, LCD<sub>i</sub>, CPE<sub>i</sub>, OAML<sub>i</sub>.

#### 8.3.5.4.2 Идентификация PLOAM

В таблице 13 указано содержимое байта IDENT.

**Таблица 13/G-983.1 – Содержимое поля IDENT**

Биты	Тип	Кодирование	
1..8	FU	все 0	Для будущего использования

### 8.3.5.4.3 Поле MESSAGE

Все аварийные сигналы, связанные с ОАМ, или же аварийные сигналы пересечения порогов, вызванные событиями, передаются посредством сообщений в ячейках PLOAM. Также все сообщения, связанные с измерением дальности, отображаются на поле сообщений ячейки PLOAM. Они защищены той же самой CRC, что и CRC, используемая для поля нисходящего сообщения. Никакое исправление ошибок не применяется к этому полю принятого сообщения. Это сообщение будет аннулировано, если CRC неправильная или же заголовок ячейки PLOAM содержит ошибки.

CRC должна быть остатком от деления (по модулю 2) на порождающий полином  $x^8 + x^2 + x + 1$  произведения  $x^8$ , умноженного на полином, с содержимым поля сообщения, исключая поле CRC, в качестве коэффициентов. Старший значащий бит 2 байта – это коэффициент члена  $x^{95}$  этого полинома, а младший значащий бит 13 байта – это коэффициент  $x^0$ .

В передатчике начальное содержимое регистра устройства, вычисляющего остаток деления, предварительно устанавливается во все 0, а затем модифицируется посредством деления поля сообщений, исключая поле CRC, на порождающий полином (как описано выше); результирующий остаток передается как 8-битовая CRC.

В таблице 14 указан формат поля этого сообщения.

**Таблица 14/G.983.1 – Формат поля сообщения**

MESSAGE_PON_ID	Оно содержит PONJGD исходящего ONU. Однако, OLT знает неявный ONU_ID, так как он создает для него право доступа. Если содержимое этого поля не соответствует возможным ожидаемым значениям, относящимся к этому PON_ID, то сообщение аннулируется.
MESSAGE_ID	Указывает тип сообщения.
MESSAGE_FIELD	Содержит сообщение.

### 8.3.5.4.4 Четность чередующихся битов (VIP8)

Это поле используется для контроля КОБ на восходящем звене. Однобайтовый VIP8 в каждой ячейке PLOAM вычисляется ONU на всех байтах из ячеек (но не байтах служебной нагрузки), которые он посылал между двумя последовательными VIP за исключением байтов служебной нагрузки или минислов. Каждый бит байта VIP8 – это XOR всех битов с одинаковой позицией во всех задействованных байтах до скремблирования. OLT сравнивает полученный VIP8 со своим собственным вычисленным VIP8. Каждый отличающийся бит подсчитывается. Охват VIP8 зависит от количества ячеек между двумя последовательными PLOAM, следовательно, от присвоенной полосы. Так как OLT определяет скорость ячеек PLOAM конкретного ONU, то он может увеличить эту скорость, чтобы получить большую точность при измерении КОБ.

### 8.3.5.4.5 Поле управления лазером (LCF)

Это поле используется для поддержания номинальной установленной выходной оптической мощности и для регулирования коэффициента ослабления, когда ONU разрешается послать ячейку. Так как восходящие ячейки скремблируются, то эта комбинация задается посредством требуемой оптической передаваемой комбинации, суммированной по модулю 2 с комбинацией PRBS порождающего полинома скремблера восходящего потока.

ONU программирует это поле, так как оно зависит от конкретной реализации лазерного возбудителя восходящего потока.

### 8.3.5.4.6 Поле управления приемником (RXCF)

Это поле используется в приемнике OLT восходящего потока для восстановления правильного порогового уровня для регенерации данных из входящего аналогового сигнала. Комбинация по умолчанию – это комбинация всех единиц. OLT программирует эту комбинацию, используя управляющее сообщение Upstream\_RX\_control. Так как восходящие ячейки скремблируются, то эта комбинация задается требуемой оптической передаваемой комбинацией, суммированной по модулю 2 с комбинацией PRBS порождающего полинома.

### 8.3.5.5 Divided\_slots

Любой слот восходящего потока может включать divided\_slot (секционированный слот). Он соответствует одному слоту восходящего потока и включает некоторое количество мини-слотов из множества ONU. OLT назначает одно право доступа для divided\_slot этого множества ONU для посылки их мини-слота. Формат для divided\_slot показан на рисунке 18.

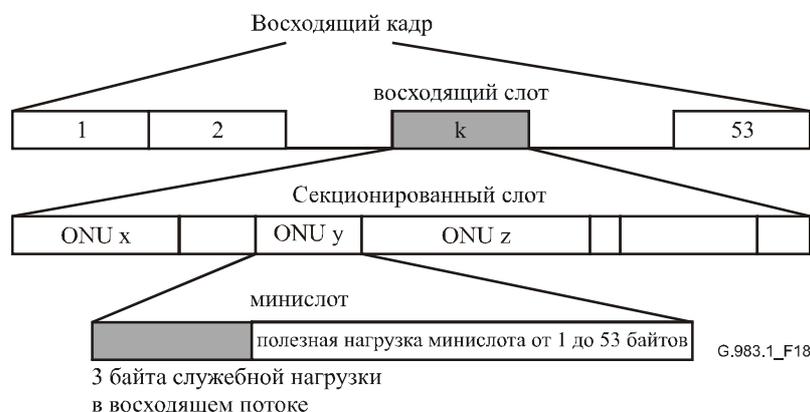


Рисунок 18/G.983.1 – Формат для divided\_slot

Началом мини-слота служат границы байта. Длина мини-слота представляет собой кратное число байтов. Окончание последнего мини-слота должно происходить перед или же совпадать с окончанием слота восходящего потока. Три байта служебной нагрузки имеют такое же определение, как сформулировано в таблице 6. Более полное определение функции секционированного слота приведено в Рекомендации МСЭ-Т G.983.4.

### 8.3.5.6 Перемешивание

Вследствие многоадресного (multicast) характера PON, нисходящие ячейки перемешиваются на уровне ТС с ключом перемешивания, посланным ONU в восходящем потоке. Перемешивание выполняется для соединения точка-точка в нисходящем направлении и перемешивание может быть разрешено или заблокировано для каждого VP только при его установке. Частота обновления ключа перемешивания составляет, по крайней мере, 1 обновление в секунду на каждый ONU. Если перемешивание является недостаточным для требований безопасности предоставляемой услуги, то на более высоком уровне, чем уровень ТС, должен быть задействован соответствующий механизм шифрования с тем, чтобы обеспечить скремблирование данных.

#### 8.3.5.6.1 Генерация ключа перемешивания

Функция перемешивания при активизации этого метода использует 3-байтовый ключ. Этот ключ перемешивания обеспечивается ONU по запросу OLT. Этот ключ вычисляется посредством исключающего ИЛИ (Exclusive OR) произвольно генерированного 3-байтового числа и 3-байтовых данных, выделенных из данных пользователя в восходящем потоке с тем, чтобы повысить надежность безопасности. Эти 3-байтовые коды определяются как X1 ~ X8, P1 ~ P15 и P16.

#### 8.3.5.6.2 Уведомление нового ключа перемешивания

О новом ключе перемешивания уведомляется от ONU к OLT посредством "New\_churn\_key\_message" 3-байтовые коды X1 ~ X8, P1 ~ P15 и P16 передаются в полезной нагрузке этого сообщения.

### 8.3.5.6.3 Генерация битов K1 ~ K9 и K10 в ONU и OLT

K1 ~ K9 и K10 используются при перемешивании с ключом перемешивания. Они создаются, основываясь на вышеуказанных 3-байтовых кодах следующим образом.

Биты K1 и K2 создаются посредством X1 ~ X8, P13 ~ P15 и P16 в ONU и OLT, соответственно. Метод генерации следующий:

$$K1 = (X1 * P13 * P14) + (X2 * P13 * \text{не } P14) + (X7 * \text{не } P13 * P14) + (X8 * \text{не } P13 * \text{не } P14)$$

$$K2 = (X3 * P15 * P16) + (X4 * P15 * \text{не } P16) + (X5 * \text{не } P15 * P16) + (X6 * \text{не } P15 * \text{не } P16),$$

где:

+ логическое ИЛИ

\* логическое И

не логическое НЕ

K3 ~ K9 и K10 создаются посредством K1, K2, P9 ~ P11 и P12 в ONU и OLT. Метод генерации следующий:

$$K3 = (K1 * P9) + (K2 * \text{не } P9)$$

$$K4 = (K1 * \text{не } P9) + (K2 * P9)$$

$$K5 = (K1 * P10) + (K2 * \text{не } P10)$$

$$K6 = (K1 * \text{не } P10) + (K2 * P10)$$

$$K7 = (K1 * P11) + (K2 * \text{не } P11):$$

$$K8 = (K1 * \text{не } P11) + (K2 * P11)$$

$$K9 = (K1 * P12) + (K2 * \text{не } P12)$$

$$K10 = (K1 * \text{не } P12) + (K2 * P12)$$

### 8.3.5.6.4 Функция перемешивания в OLT

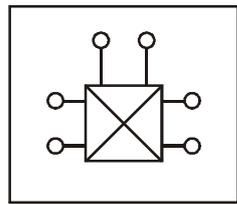
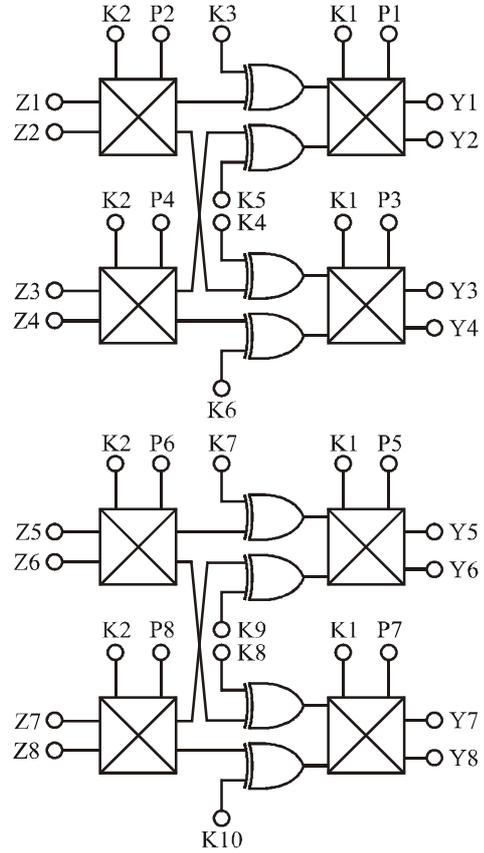
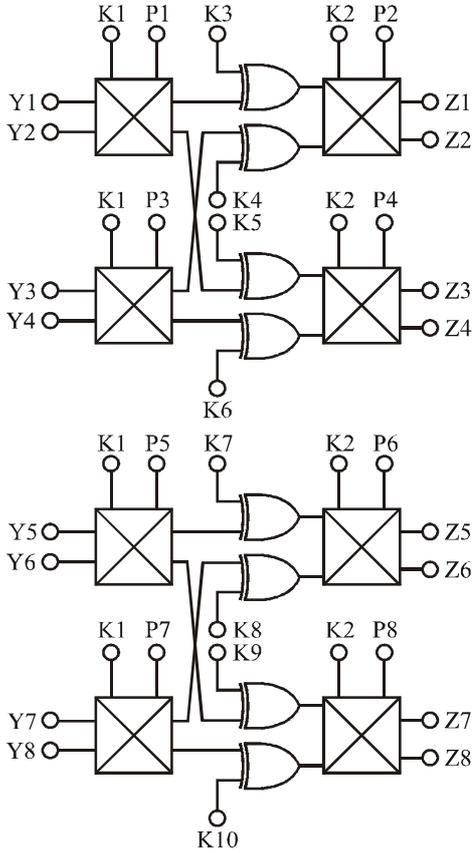
Данные пользователя в нисходящем потоке перемешиваются в OLT, основываясь на 14-битовых кодах. Эти коды K1, K2, P1 ~ P11 и P12 используются для перемешивания. На рисунке 19 показана примерная конфигурация функции перемешивания в OLT. Заголовок ATM ячейки ATM не перемешивается. Перемешивается только полезная нагрузки ячеек. Перемешивание и восстановление после перемешивания данных пользователя в нисходящем потоке осуществляются байт за байтом. На рисунке 19 Y1 и Z1 являются старшими битами байтов, а Y8 и Z8 – младшими битами байтов.



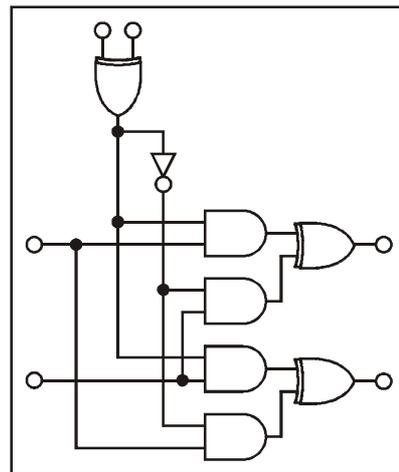
Сторона OLT  
 Y1~Y8 Данные до перемешивания  
 Z1~Z8 Данные после перемешивания



Сторона ONU  
 Z1~Z8 Данные до восстановления  
 Y1~Y8 Данные после восстановления



=



G.983.1\_F19

Рисунок 19/G.983.1 – Функция перемешивания

### 8.3.5.6.5 Восстановление после перемешивания в ONU

Полученные данные пользователя должны быть восстановлены в ONU после перемешивания, основываясь на 14-битовых кодах. Эти коды K1, K2, P1 ~ P11 и P12 используются также для восстановления после перемешивания. На рисунке 19 показана также примерная конфигурация функции восстановления после перемешивания в ONU.

### 8.3.5.6.6 Поток сообщений перемешивания

Ключ перемешивания предоставляется ONU по запросу OLT. Перемешанные для ранее активных ONU, VP должны восстанавливаться при возврате к PON. Перемешивание для упорядоченных или переупорядоченных ONU начинается после приема первого ключа от этого ONU. Поток сообщений перемешивания показан на рисунке 20.

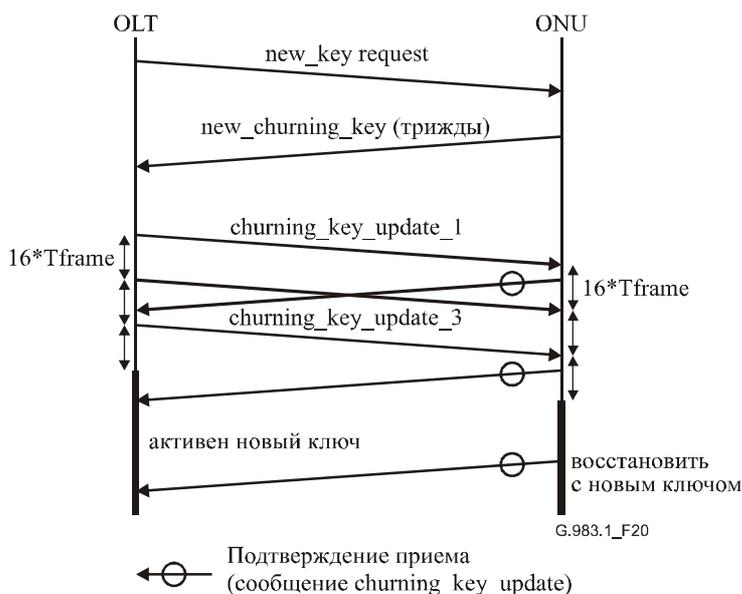


Рисунок 20/G.983.1 – Поток сообщений перемешивания

По получении сообщения `new_key_request`, ONU отвечает `new_churning_key`. ONU посылает это сообщение в три последовательные ячейки PLOAM. Если OLT принимает три идентичных новых ключа, то оно трижды посылает `churning_key_update` в трех ячейках PLOAM с соответствующим интервалом  $16 \cdot T_{frame}$  между ними, с целью защиты от потери сообщений. Порядковый номер сообщения (i) включен в эти сообщения. Если, по крайней мере, одно из этих сообщений получено, то ONU известно время активации нового ключа в OLT, так как задержка при передаче сообщений известна *заранее*. Новый ключ становится действительным через  $16 \cdot T_{frame}$  после третьего сообщения `churning_key_update`. ONU посылает сообщение подтверждения приема после каждого правильно принятого сообщения `churning_key_update`. Если OLT не получает подтверждение приема по истечении 300 мс после отправки последнего сообщения `churning_key_update`, то OLT детектирует состояние потери подтверждения приема (LOAi) для этого ONU.

OLT может послать `new_key_request`, если в течение 300 мс по предыдущему запросу не получен `new_churning_key`; или же оно может послать `new_key_request` после активации нового ключа и получения, по крайней мере, одного подтверждения приема.

OLT указывает ONU, какие VP перемешаны, посылая трижды сообщение `churned_VP`. Оно ожидает подтверждения приема прежде, чем пропустить этот VP в нисходящем потоке к ONU. Если подтверждение приема не получено в течение 300 мс после отправки последнего сообщения `churned_VP`, то OLT детектирует состояние LOAi.

### 8.3.5.6.7 Усовершенствованная система безопасности

Как вариант, для обеспечения безопасности звена вместо перемешивания может использоваться усовершенствованный стандарт шифрования (AES). Хотя имеются несколько режимов работы для AES, только режим электронной кодовой книги (ECB) должен использоваться в системах ВРОН. Этот алгоритм будет применяться к 48-байтовой полезной нагрузке ячейки. Следует отметить, что поскольку эта полезная нагрузка всегда является целым числом кодовых блоков (3), заполнение не требуется. AES может использоваться при любой скорости передачи по линии ВРОН.

Формат сообщения нового ключа большой длины (*big\_key message*) приведен в п. 8.3.8.2.2. Это сообщение является одноадресным и содержит три информационных поля: Индекс ключа, Индекс фрагмента и KeyBYTE. Такая структура позволяет этому сообщению переносить по каналу ключи произвольного размера. Поле "индекс ключа" используется как порядковый номер, чтобы каждый набор передач ключа был уникальным. Индекс фрагмента используется для повторной сборки нескольких переданных фрагментов ключа. Поле "KeyBYTE" содержит 8 байтов ключа в каждом фрагменте.

Использование этих полей можно проиллюстрировать на следующем примере. Предположим, что ONU использует 128-битовые ключи шифрования и получает сообщение запроса нового ключа перемешивания.

Последовательность событий в ONU будет такой:

- ONU создает новый произвольный ключ: KeyBYTE0 – KeyBYTE15.
- ONU увеличивает значение поля "индекс ключа".
- ONU посылает сообщение ключа большой длины с полем "индекс фрагмента", равным 0, KeyBYTE0 – KeyBYTE7.
- ONU посылает сообщение ключа большой длины с полем "индекс фрагмента", равным 1, KeyBYTE8 – KeyBYTE15.
- ONU посылает сообщение ключа большой длины с полем "индекс фрагмента", равным 0, KeyBYTE0 – KeyBYTE7.
- ONU посылает сообщение ключа большой длины с полем "индекс фрагмента", равным 1, KeyBYTE8 – KeyBYTE15.
- ONU посылает сообщение ключа большой длины с полем "индекс фрагмента", равным 0, KeyBYTE0 – KeyBYTE7.
- ONU посылает сообщение ключа большой длины с полем "индекс фрагмента", равным 1, KeyBYTE8 – KeyBYTE15.

Следует отметить, что детали обмена ключами, переключения ключа и сигналы тревоги, связанные с перемешиванием, остаются неизменными.

### 8.3.5.7 Функция верификации

Из-за того, что все порядковые номера ONU могут быть выделены из ячеек PLOAM в нисходящем потоке, так как они передаются во время протокола измерения дальности, то злонамеренный пользователь может замаскироваться под другой ONU, перехватив ячейки PLOAM и выделив все порядковые номера. В противодействие этому, OLT может запросить пароль ONU. Этот пароль передается только в восходящем направлении и не может быть восстановлен другими подключенными ONU.

Когда OLT запрашивает пароль, ONU отвечает на это, трижды посылая свой пароль. Если OLT получает три идентичных пароля, то оно объявляет этот пароль верифицированным и затем пытается подтвердить правильность этого пароля.

В зависимости от требований оператора возможны два метода подтверждения правильности. Если OLT имеет таблицу действительных паролей подключенных ONU, инициализируемых по команде оператора, то требуется только произвести сравнение полученного пароля с местной таблицей действительных паролей. Если OLT не знает паролей заранее, то пароль, полученный при первом измерении дальности ONU, берется в качестве действительного на оставшийся срок существования ONU эталона.

Если OLT получает недействительный пароль, то оно информирует об этом оператора.

### 8.3.5.8 VP/VC для верхнего уровня

Уровень ТС активирует/деактивирует VP/VC в нисходящем и восходящем направлении. OLT и ONU используют эти VP/VC для передачи сообщений на уровне ATM. Этот канал используется для таких

функций, как конфигурация функции UPC в ONU, заполнение таблиц фильтрации в ONU, конфигурация интерфейсов ONU и т. д.

OLT посылает к ONU три сообщения configure\_VP/VC и в течение 300 мс после передачи последнего сообщения configure\_VP/VC ожидает подтверждение приема. Если подтверждение приема не получено, то OLT детектирует состояние LOAi и деактивирует ONU.

### **8.3.5.9 Дуплексная система PON**

В случае дуплексной системы, в которой избыточная PON защищает активную PON, защитная коммутация будет активироваться с использованием специальных сообщений в ячейках PLOAM. Эта последовательность потребует, чтобы номера линий OLT были в целом такими же, как номера ONU. Идентификатор линии присваивается передатчику, основываясь на схеме межсоединений OLT с ONU. Этот идентификатор линии передается как в OLT, так и в ONU с тем, чтобы проверить – является ли принятый идентификатор линии таким же, как его собственный идентификатор. Это определяется как сообщение трассы участка PON (PST). Затем каждое устройство может проверить свое непрерывное соединение с назначенным передатчиком. Если принятый номер линии отличается от собственного номера линии, то это устройство генерирует аварийный сигнал MIS (рассогласование звена) с целью уведомления оператора или пользователя.

Сообщения PST включают байты K1, K2, как они установлены в Рекомендации МСЭ-Т G.783, для осуществления автоматической защитной коммутации. Полное описание этого приведено в Рекомендации МСЭ-Т G.983.5.

В случае недублированной системы рассогласование звена является необязательным.

### **8.3.5.10 Протокол MAC**

Контроллер MAC в OLT распределяет надлежащим образом среди ONU ширину полосы пропускания PON в восходящем направлении и для выполнения этой задачи нуждается в информации. ONU отображает требуемую информацию на поле полезной нагрузки минислота, который является частью Divided\_slot ONU позволено посылать этот минислот после получения соответствующего права доступа для divided\_slot. Это право доступа устанавливается или освобождается, используя сообщение Divided\_Slot\_Grant\_configuration. Длина и смещение минислота передаются в этом же сообщении. Формат для передачи этой информации и протокол MAC подлежат дальнейшему изучению.

## **8.3.6 Функции TC, ориентированные на ATM**

### **8.3.6.1 Нисходящий поток**

#### **8.3.6.1.1 Формат ATM ячейки**

ATM ячейка определена в Рекомендации МСЭ-Т I.361.

#### **8.3.6.1.2 Коррекция ошибок в заголовке**

Как определено в Рекомендации МСЭ-Т I.432.

#### **8.3.6.1.3 Выделение ячеек**

Выделение ячеек в нисходящем направлении осуществляется в ONU. Необязательный метод определен в Рекомендации МСЭ-Т I.432.

#### **8.3.6.1.4 Операция скремблирования**

Как определено в Рекомендации МСЭ-Т I.432 (метод скремблирования распределенных ячеек для транспортных систем на основе ячеек).

#### **8.3.6.1.5 Пустые ячейки**

Пустые ячейки, как определено в Рекомендации МСЭ-Т I.432, вставляются в OLT и аннулируются в ONU для развязки по скорости ячеек.

### 8.3.6.1.6 Ячейки PLOAM

Любая ячейка, пронумерованная от "ячейки ATM 1" до "ячейки ATM 54" на рисунке 11, или пронумерованная от "ячейки ATM 1" до "ячейки ATM 216" на рисунке 12 или 13, или пронумерованная от "ячейки ATM 1" до "ячейки ATM 432" на рисунке 14 или 15, которая имеет заголовок, подобный установленному заголовку ячейки PLOAM, аннулируется в ONU.

### 8.3.6.2 Восходящий поток

#### 8.3.6.2.1 Формат ячейки ATM

Как определено в Рекомендации МСЭ-Т I.361.

#### 8.3.6.2.2 Коррекция ошибок в заголовке

OLT применяет HEC для восходящего потока, как определено в Рекомендации МСЭ-Т I.432, для каждого единичного ONU.

#### 8.3.6.2.3 Выделение ячеек

Так как восходящие ячейки поступают от разных ONU с разной фазой, то OLT сохраняет  $n$  диаграмм состояний для  $n$  активных ONU. На рисунке 21 показана диаграмма состояний одного ONU.

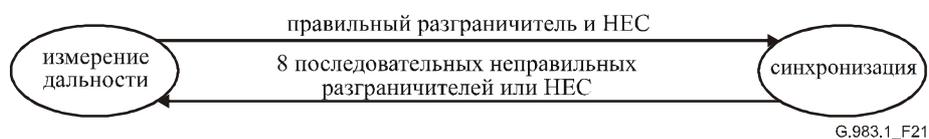
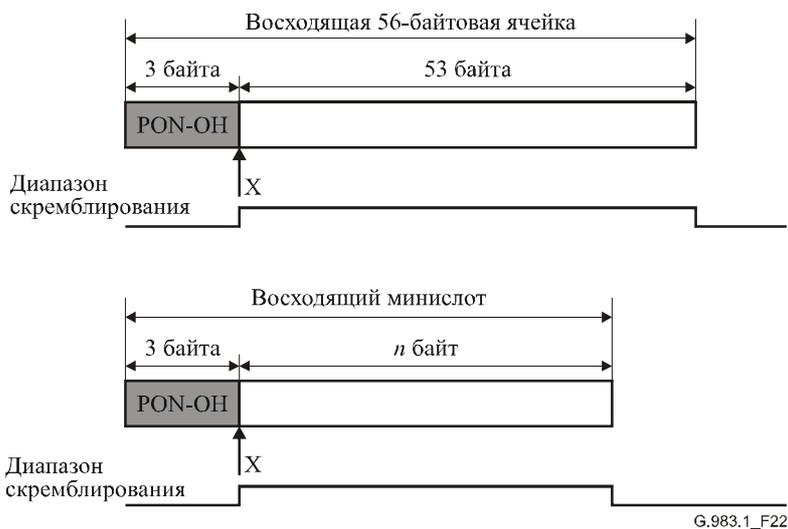


Рисунок 21/G.983.1 – Диаграмма состояний выделения ячеек

Изначально выделение ячеек достигается с помощью метода измерения дальности. ONU компенсирует двустороннюю задержку, чтобы заставить свою ячейку прибыть в правильное для OLT время. Процесс измерения дальности может рассматриваться как состояние HUNT, что определено в Рекомендации МСЭ-Т I.432.1. После одного правильного разграничителя и HEC, ONU объявляется находящимся в синхронизме. При восьми последовательных неправильных разграничителях или HEC, ONU объявляется вне синхронизма (LCDi, потеря выделения ячеек) и он должен быть деактивирован и переупорядочен. Всё еще ожидающие права доступа к этому ONU должны быть аннулированы.

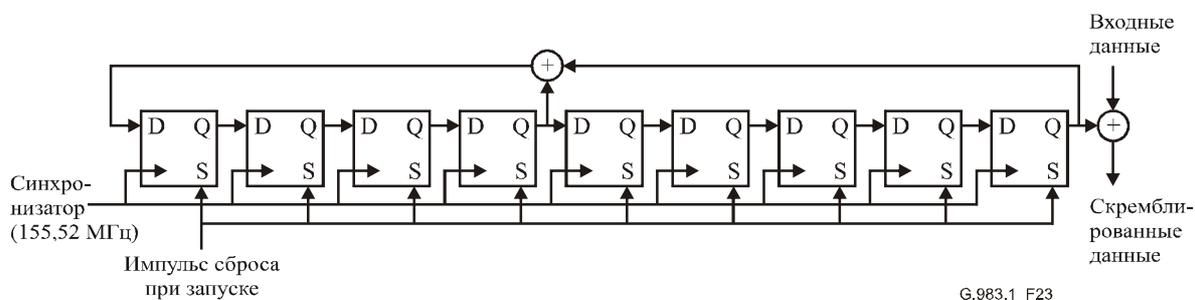
#### 8.3.6.2.4 Операция скремблирования

Ячейки в восходящем направлении скремблируются с помощью порождающего полинома  $x^9 + x^4 + 1$ . Он устанавливается во все единицы в эталонной точке X, показанной на рисунке 22. Эта комбинация суммируется по модулю 2 с каждой ячейкой в восходящем направлении или мини-слотом. Байты служебной нагрузки в восходящем направлении не скремблируются.



**Рисунок 22/G.983.1 – Скремблер восходящего потока**

Реализация этого скремблера должна быть функционально эквивалентна той, что показана на рисунке 23.



**Рисунок 23/G.983.1 – Скремблер восходящего потока**

Все FF устанавливаются в 1 посредством импульса сброса.

### 8.3.6.2.5 Пустые ячейки

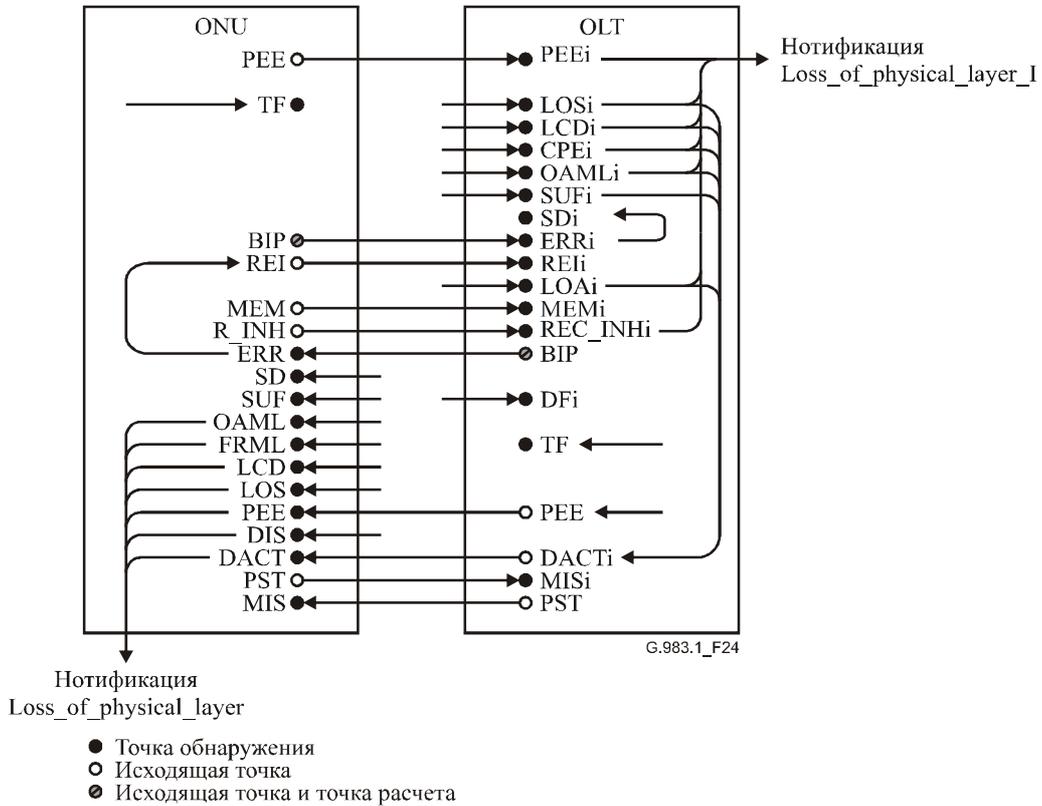
ONU посылает пустую ячейку, как определено в Рекомендации МСЭ-Т I.432, если он получает право доступа данных и не имеет готовых ячеек. Пустые ячейки вставляются в ONU и аннулируются в OLT для развязки по частоте ячеек.

### 8.3.6.2.6 Ячейки PLOAM

Ячейки PLOAM, полученные от уровня ТС, ориентированного на транспортирование, что является исключительным случаем, аннулируются.

### 8.3.7 Функции OAM

Функции OAM, введенные в ONU и OLT, представлены на рисунке 24. На нем также показаны сигналы нотификации между OLT и ONU. Эти сигналы отображены на поля сообщений ячеек PLOAM. Общие принципы, определенные в Рекомендации МСЭ-Т I.610, могут быть применимы к PON. Однако вследствие того, что физическая среда относится к типу "точка-множество точек", некоторые нотификации от OLT к ONU являются устаревшими, так как в принципе ONU подчиняется OLT и ONU ничего не может сделать с этими нотификациями.



### 8.3.7.1 Проблемы, выявляемые в OLT

Таблица 15/G.983.1 – Проблемы, выявляемые в OLT

Тип	Описание	
	Условия выявления	Действия
	Условия устранения	Действия
<b>TF</b>	<b>Отказ передатчика</b>	
	Передатчик OLT объявляется отказавшим, если нет номинального фототока обратной грани или же если токи возбуждения превосходят максимальные по спецификации.	
<b>SUFi</b>	<b>Отказ при запуске ONUi</b>	
	Отказ п раз при измерении дальности ONUi ( $n = 2$ , обратитесь к 8.4.4.3.3), в то время как OLT принял оптические пакеты от ONU.	Послать трижды сообщение deactivate_PON_ID.
	The ONU is reranged successfully.	
<b>PEEi</b>	<b>Ошибка физического оборудования ONUi</b>	
	Если OLT получает PEE от ONU.	Создать нотификацию Loss_of_physical_layer_I.
	Если OLT не получает сообщение PEEi от ONUi в течение трех секунд.	Прекратить нотификацию Loss_of_physical_layer_I.
<b>LCDi</b>	<b>Потери выделения ячеек ONUi</b>	
	Если от ONUi получены восемь последовательных недостоверных разграничителей или недостоверных HEC.	Послать трижды сообщение deactivate_PON_ID Создать нотификацию Loss_of_physical_layer_I.
	Если выделение ячеек для ONUi достигнуто в состоянии работы.	
<b>OAMLi</b>	<b>Потеря ячеек PLOAM для ONUi</b>	
	Если пропускаются три последовательные ячейки PLOAM ONUi.	Послать трижды сообщение deactivate_PON_ID Создать нотификацию Loss_of_physical_layer_I.
	Если OLT получает ячейку PLOAM, соответствующую его праву доступа PLOAM в состоянии работы.	
<b>CPEi</b>	<b>Фазовая погрешность ячейки для ONUi</b>	
	Если OLT может принимать правильный разграничитель, а фаза принятой ячейки превосходит пределы и корректирующие действия OLT не решают эту проблему.	Послать трижды сообщение deactivate_PON_ID messages. Создать нотификацию Loss_of_physical_layer_I.
	Если OLT получает ячейку в правильной позиции и в состоянии работы.	

**Таблица 15/G.983.1 – Проблемы, выявляемые в OLT**

Тип	Описание	
<b>LOSi</b>	<b>Потеря сигнала ONUi</b>	
	Никакой достоверный оптический сигнал не получен для ONUi в приемнике О/Е в ожидаемое время, то есть в течение восьми последовательных ячеек.	Послать трижды сообщение deactivate_PON_ID. Создать нотификацию Loss_of_physical_layer_I.
	Если OLT в состоянии Работы принимает достоверный оптический сигнал, соответствующий его праву доступа.	
<b>LOAi</b>	<b>Потеря подтверждения приема от ONUi</b>	
	OLT не получает подтверждение приема от ONUi после ряда сообщений в нисходящем направлении, что предполагает подтверждение приема в восходящем направлении.	Послать трижды сообщение deactivate_PON_ID. Создать нотификацию Loss_of_physical_layer_I.
	Когда OLT получает подтверждение приема.	
<b>DFi</b>	<b>Отказ деактивации ONUi</b>	
	ONU не реагирует правильно после трех сообщений DACT.	
	Отменяется оператором.	
<b>ERRi</b>	<b>Обнаружение блока ошибок ONUi</b>	
	ERRi должен сбрасываться, когда в OLT поступает от ONUi следующая восходящая ячейка PLOAM с VIP8, совпадающим с расчетным VIP8.	
	ERRi должен обновляться, когда в OLT принята следующая восходящая ячейка PLOAM от ONUi.	
<b>SDi</b>	<b>Ухудшение параметров сигнала ONUi</b>	
	Количество отличающихся битов накапливается в Error_I в течение интервала Treasure. КОБ определяется как $КОБ = \text{Error}_i / (BW * \text{Treasure})$ , где BW – это присвоенная ширина полосы в восходящем потоке. Когда КОБ ONUi в восходящем потоке становится $\geq 10^{-5}$ , то наступает это состояние.	
	Когда КОБ ONUi в восходящем потоке становится $< 10^{-5}$ , то это состояние прекращается.	

**Таблица 15/G.983.1 – Проблемы, выявляемые в OLT**

<b>Тип</b>	<b>Описание</b>	
<b>REI<sub>i</sub></b>	<b>Дистанционная индикация ошибки ONU<sub>i</sub></b>	
	Когда OLT принимает сообщение ненулевой REI, то оно посылает REI <sub>i</sub> .	
	REI <sub>i</sub> должна сбрасываться при приеме в OLT от ONU <sub>i</sub> сообщения REI, указывающего на отсутствие ошибок.	
<b>MEM<sub>i</sub></b>	<b>Сообщение Message_Error от ONU<sub>i</sub></b>	
	Если OLT принимает неизвестное сообщение от ONU <sub>i</sub> или же если принято сообщение message_error.	
	Когда оператор уведомлен.	
<b>R-INH<sub>i</sub></b>	<b>Запрещение принятых аварийных сигналов ONU<sub>i</sub></b>	
	Если OLT принимает сообщение R-INH от ONU <sub>i</sub> , то обнаруживается R-INH <sub>i</sub> .	Проигнорировать принятые аварийные сигналы от ONU. Создать нотификацию Loss_of_physical_layer_I.
	Когда OLT принимает ячейку PLOAM в процессе измерения дальности ONU <sub>i</sub> .	–
<b>MIS<sub>i</sub></b>	<b>Рассогласование звена ONU<sub>i</sub></b>	
	OLT обнаруживает, что принятая PST <sub>i</sub> отличается от переданной PST.	
	OLT обнаруживает, что принятая PST <sub>i</sub> и переданная PST одинаковые.	

**8.3.7.2 Проблемы, выявляемые в ONU**

**Таблица 16/G.983.1 – Проблемы, выявляемые в ONU**

<b>Тип</b>	<b>Описание</b>	
	Условия обнаружения	Действия
	Условия обнаружения	Действия
<b>TF</b>	<b>Отказ передатчика</b>	
	Передатчик ONU объявляется отказавшим, если нет номинального фототока обратной грани или же если токи возбуждения превосходят максимальные по спецификации.	
<b>LOS</b>	<b>Потеря сигнала</b>	
	Отсутствие достоверного оптического сигнала. Это, к примеру, может быть вызвано логической функцией (OAML.AND.FRML.AND.LCD).	Отключить лазер. Создать нотификацию Loss_of_physical_layer.
	Достоверный оптический сигнал, к примеру, он может быть порожден отвергнутой логической функцией, данной выше.	

**Таблица 16/G.983.1 – Проблемы, выявляемые в ONU**

<b>Тип</b>	<b>Описание</b>	
<b>PEE</b>	<b>Сигнал Physical_Equipment_error</b>	
	Когда ONU принимает сообщение PEE.	Создать нотификацию Loss_of_physical_layer.
	Когда ONU принимает сообщение PEE в течение трех секунд.	
<b>SUF</b>	<b>Отказ при запуске</b>	
	Измерение дальности этого ONU потерпело неудачу (см. протокол измерения дальности для уточнения ситуации).	
	Когда измерение дальности успешно.	
<b>OAML</b>	<b>Потеря ячеек PLOAM</b>	
	Когда три последовательных заголовка PLOAM неправильны.	Отключит лазер. Создать нотификацию Loss_of_physical_layer.
	Синхронизация OAM при трех последовательных правильных заголовках PLOAM.	
<b>LCD</b>	<b>Потеря выделения ячеек</b>	
	Когда семь последовательных ячеек ATM имеют недостоверный HEC.	Отключить лазер. Создать нотификацию Loss_of_physical_layer.
	Когда <i>N</i> последовательных ячеек ATM имеют правильный HEC ( <i>N</i> = 9 или 17).	
<b>FRML</b>	<b>Потеря нисходящего кадра FRML</b>	
	Когда этот бит кадра равен "0" при трех последовательных кадрах.	Отключить лазер. Создать нотификацию Loss_of_physical_layer.
	Когда этот бит кадра равен "1" при трех последовательных кадрах.	
<b>ERR</b>	<b>Обнаружение ошибок в блоке</b>	
	Принятый в нисходящем потоке VIP-8 is сравнивается с расчетным VIP-8 в полученном потоке. Количество отличающихся битов накапливается в ERR. Через регулярные промежутки времени это содержимое посылается через REI к OLT. Этот промежуток времени программируется OLT посредством сообщения BER_interval_timer . ERR обновляется при каждом приеме ячейки PLOAM в нисходящем потоке.	REI передается в период времени BER_interval.
<b>SD</b>	<b>Ухудшение параметров сигнала</b>	
	Становится активным, если КОБ $\geq 10^{-5}$ в нисходящем потоке.	
	Становится неактивным, если КОБ $< 10^{-5}$ в нисходящем потоке.	
<b>MEM</b>	<b>Сообщение Message_Error</b>	
	Когда ONU получает неизвестное сообщение.	Послать сообщение Message_error в восходящем направлении.

**Таблица 16/G.983.1 – Проблемы, выявляемые в ONU**

<b>Тип</b>	<b>Описание</b>	
<b>DACT</b>	<b>Деактивировать PON_ID</b>	
	Прием сообщения Deactivate_PON_ID, адресованного этому ONU и запрашивающего его деактивироваться.	Отключить лазер и перейти к состоянию O2. Создать нотификацию Loss_of_physical_layer.
	Прием сообщения Upstream_overhead.	Приступить к нормальным процедурам измерения дальности.
<b>DIS</b>	<b>Заблокированный ONU</b>	
	Когда ONU принимает сообщение Disable_serial_number со своим собственным порядковым номером, а флаг разблокирования = 0xFF. Он остается в этом состоянии даже после отключения энергии.	Отключить лазер. Перейти к состоянию аварийной остановки O9. Создать нотификацию Loss_of_physical_layer
	Когда ONU принимает сообщение Disable_serial_number с флагом разблокирования = 0x0F или же когда он получает сообщение Disable_serial_number со своим собственным порядковым номером, а флаг разблокирования = 0x00	Перейти к состоянию O1.
<b>MIS</b>	<b>Рассогласование звена</b>	
	ONU обнаруживает, что принятая PST и переданная PST разные.	
	ONU обнаруживает, что принятая PST и переданная PST одинаковы.	

### **8.3.8 СООБЩЕНИЯ в канале PLOAM**

Время обработки всех сообщений в нисходящем потоке находится в пределах  $6 \cdot T_{frame}$  и является временем, необходимым ONU для обработки сообщения в нисходящем потоке и подготовки любого соответствующего действия в восходящем потоке. Сообщение churning\_key\_update в нисходящем потоке имеет приоритет перед всеми другими сообщениями в нисходящем потоке. Уровень приоритета указан в колонке "функция". На некоторые сообщения ONU должен ответить восходящим сообщением. Уровень приоритета восходящих сообщений также указан в колонке "функция". Если он не указан, то уровень приоритета равен 0 (0 – самый низкий приоритет).

Следует также отметить, что специальные сообщения Divided\_Slot\_Grant\_configuration и PST не используются в системах без DBA или двусторонней защиты. Однако все системы должны быть способны принимать такие сообщения, не вызывая ошибок. Дальнейшее описание детализированного поведения в отношении этих сообщений см. в Рекомендациях МСЭ-Т G.983.4 и G.983.5.

#### **8.3.8.1 Определение сообщений**

См. таблицу 17.

**Таблица 17/G.983.1 – Определение сообщений**

	<b>Название сообщений</b>	<b>Функция</b>	<b>Направление</b>	<b>Запуск</b>	<b>Количество посылок</b>	<b>Результат приема</b>
1	No message	При передаче ячейки PLOAM сообщения отсутствуют	OLT → ONU	Пустая очередь сообщений	–	Аннулирование.
2	New_churning_key_rq	Запрашивает новый ключ перемешивания от ONU	OLT → ONU	OLT требует новый ключ для механизма перемешивания	1	OLT создает новый ключ и передает этот новый ключ к OLT в сообщении new_chuning_key
3	Upstream_RX_control	Указать ONU, какой комбинацией заполнить часть RXCF ячейки PLOAM в восходящем направлении	OLT → ONU	Каждый раз начинается процесс измерения дальности	3	ONU устанавливает в восходящем направлении поле RXCF ячейки PLOAM в восходящем направлении
4	Upstream_overhead	Указать ONU, какую служебную нагрузку и предопределенную задержку выравнивания (Te) использовать в восходящем направлении	OLT → ONU	Каждый раз начинается процесс измерения дальности	3	ONU устанавливает в восходящем направлении служебную нагрузку и предопределенную задержку выравнивания (Te)
5	Serial_number_mask	Обеспечивает последовательный номер и маску, маскирующую часть этого последовательного номера	OLT → ONU	Чтобы отыскать последовательный номер конкретного ONU	1	Если последовательный номер и маска соответствуют последовательному номеру ONU, то ONU разблокируется для реагирования на права доступа измерения дальности
6	Assign_PON_ID	Связывает свободный номер PON_IDс порядковым номером, также предоставленным в этом сообщении	OLT → ONU	Когда OLT обнаружило последовательный номер конкретного ONU	3	ONU с этим последовательным номером использует этот PON_ID и должен быть адресован по этому PON_ID

**Таблица 17/G.983.1 – Определение сообщений**

	<b>Название сообщений</b>	<b>Функция</b>	<b>Направление</b>	<b>Запуск</b>	<b>Количество посылок</b>	<b>Результат приема</b>
7	Ranging_time	Указывает значение, выраженное некоторым числом восходящих битов, которыми ONU с PON_ID должен заполнить свой регистр задержки выравнивания (Td)	OLT → ONU	Когда OLT решает, что задержка (Td) должна быть откорректирована, см. протокол измерения дальности	3	ONU заполняет регистр задержки выравнивания (Td) этими значениями
8	Deactivate_PON_ID	Указывает ONU с этим PON_ID прекратить передачу трафика в восходящем направлении и перезапуститься. Это сообщение может быть также циркулярным	OLT → ONU	Когда обнаружены LOS <sub>i</sub> , LCD <sub>i</sub> , OAML <sub>i</sub> , LOA <sub>i</sub> , SUF <sub>i</sub> или CPE <sub>i</sub>	3	ONU с этим PON_ID отключает лазер и PON_ID аннулируется. Он должен быть активирован при повреждении MPU
9	Disable_serial_number	Блокирует ONU с этим порядковым номером	OLT → ONU	По команде от OpS	3 или же до тех пор, пока пакеты не перестанут обнаруживаться	Переводит ONU в состояние экстренной остановки. ONU не может отвечать на права доступа
10	Churning_key_update	Указывает ONU время, когда ключ перемешивания становится достоверным Уровень приоритета равен 1.	OLT → ONU	Когда OLT готово перемешивать данные для ONU с PON_ID	3	ONU переключается на новый ключ перемешивания перед 48*T <sub>frame</sub> после первого сообщения обновления. Посылать одно подтверждение приема после каждого правильно принятого сообщения
11	Сообщение Grant_allocation	Распределяет данные и права доступа PLOAM к ONU	OLT → ONU	После того, как PON_ID присвоен ONU, ему требуются данные и право доступа PLOAM для передачи данных и ячеек PLOAM в восходящем направлении	3	ONU хранит два типа прав доступа

**Таблица 17/G.983.1 – Определение сообщений**

	<b>Название сообщений</b>	<b>Функция</b>	<b>Направление</b>	<b>Запуск</b>	<b>Количество посылок</b>	<b>Результат приема</b>
12	Сообщение Divided_Slot_Grant_configuration	Распределить к ONU или снять распределение Divided_slot_grant to an ONU и идентифицировать длину минислота и позицию смещения	OLT → ONU	OLT нуждается/ больше не нуждается в услуге, предоставляемой минислотом	3	ONU посылает минислот после приема этого распределенного Divided_Slot_grant. При снятии распределения он более не реагирует на это Divided_Slot_grant
13	Configure_VP/VC	Это сообщение активирует или деактивирует VP/VC в нисходящем и восходящем направлении для обмена сообщениями на уровне ATM	OLT → ONU	Когда OLT хочет установить или разорвать соединение с ONU, к примеру, для конфигурации функции UPC, заполнения таблиц фильтрации или конфигурации интерфейсов ONU	3	ONU активирует/ деактивирует эти VP/VC для канала связи. Посылать одно подтверждение приема после каждого правильно принятого сообщения.
14	BER_interval	Определяет интервал накопления для каждого ONU, выраженный количеством нисходящих кадров для ONU, с учетом количества ошибок по бит в нисходящем направлении. Та же временная выдержка, что и для Configure_VP/VC	OLT → ONU	OpS определяет этот интервал и может фокусироваться на одном определенном ONU	3	ONU запускает таймер BER_interval timer и накапливает ошибки по бит в нисходящем направлении. Посылать одно подтверждение приема после каждого правильно принятого сообщения. Порядковый номер в сообщениях REI переустанавливается
15	Сообщение PST	Проверить связность OLT-ONU в резервной конфигурации и осуществить APS	OLT → ONU	Посылать его с определенной частотой	1 раз/секунду	ONU сверяет номер звена со своим собственным номером звена и, если они разные, генерирует рассогласование звена (MIS)

**Таблица 17/G.983.1 – Определение сообщений**

	<b>Название сообщений</b>	<b>Функция</b>	<b>Направление</b>	<b>Запуск</b>	<b>Количество посылок</b>	<b>Результат приема</b>
16	Сообщение Physical_equipment_error (PEE)	Указать ONU , что OLT неспособно послать как ячейки ATM, так и ячейки OMCC в направлении от уровня ATM к уровню TC.	OLT → ONU	Когда OLT обнаруживает, что оно не может послать как ячейки ATM, так и ячейки OMCC в направлении от уровня ATM к уровню TC.	1 раз/секунду	Зависит от системы.
17	Churned_VP	Указать ONU на то, какие VP/VC перемешиваются, а какие нет	OLT → ONU	Когда новый VP должен быть перемешан или нет	3	(Не) Отметить этот VP как перемешиваемый. Посылать одно подтверждение приема после каждого правильно принятого сообщения
18	Сообщение Request_password	Запросить пароль от ONU для того, чтобы проверить его. OLT имеет локальную таблицу паролей подключенных ONU. Если после повторного измерения дальности пароль изменился, то он не будет активировать этот ONU	OLT → ONU	После измерения дальности ONU. Это является необязательным.	1	Посылать трижды сообщение пароля
19	Сообщение POPUP	OLT может запросить все подключенные ONU восстановить свои установленные значения, за исключением задержки выравнивания и может заставить их перейти из состояния POPUP в состояние ожидания работы 3 (07)	OLT → ONU	Ускорить повторное измерение дальности подмножества или всех подключенных ONU	3	ONU восстанавливает параметры, которые он использовал в рабочем состоянии до того, как он обнаружил LOS, LCD, OAML или FRML, за исключением задержки выравнивания, которая устанавливается в predetermined задержку выравнивания
20	Сообщение Vendor_specific	Ряд Message_IDs резервируются для сообщений, обусловленных поставщиком	OLT → ONU	Обусловлен поставщиком	Обусловлено поставщиком	Обусловлен поставщиком
21	Сообщение отсутствует	При передаче ячейки PLOAM сообщение отсутствуют	OLT ← ONU	Пустая очередь сообщений		Аннулирование

**Таблица 17/G.983.1 – Определение сообщений**

	<b>Название сообщений</b>	<b>Функция</b>	<b>Направление</b>	<b>Запуск</b>	<b>Количество посылок</b>	<b>Результат приема</b>
22	New_churning_key	Содержит новый ключ, который должен быть использован на перемешанных нисходящих ячейках к этому ONU	OLT ← ONU	После запроса OLT, ONU выбирает новый ключ и посылает его к OLT	3 раза	OLT инициализирует механизм перемешивания с этим новым ключом, если принимает три последовательных идентичных ключа, и переключается на новый ключ через 48*Tframe после первого сообщения churning_key_update
23	Acknowledge	Используется ONU для указания получения нисходящего сообщения Configure_VP/VC, Churning_key_update, Churned_VP or BER_interval. Для подтверждения приема сообщения churning_key_update уровень приоритета равен 1. Для других сообщений уровень приоритета равен 0. Выдержка времени для подтверждения приема равна 300 мс.	OLT ← ONU	После приема каждого правильного соответствующего сообщения в нисходящем направлении	1 раз	OLT информируется о надлежащем приеме нисходящего сообщения, которое оно посылало, и выполняет соответствующие действия
24	Serial_number_ONU	Содержит последовательный номер ONU	OLT ← ONU	ONU посылает это сообщение, когда он находится в режиме измерения дальности и по приеме права доступа измерения дальности или права доступа PLOAM	X (может быть послано несколько раз во время протокола измерения дальности)	OLT извлекает порядковый номер и может назначить свободный PONJD этому ONU

**Таблица 17/G.983.1 – Определение сообщений**

	<b>Название сообщений</b>	<b>Функция</b>	<b>Направление</b>	<b>Запуск</b>	<b>Количество посылок</b>	<b>Результат приема</b>
25	Сообщение Message_error	Указывает, что ONU неспособен соответствовать сообщению от OLT	OLT ← ONU	Когда ONU не способен соответствовать сообщению, содержащемуся в нисходящей ячейке PLOAM	3	Проинформировать оператора
26	REI (Remote Error Indication – дистанционное указание ошибки)	Содержит определенное количество рассогласований ВР в нисходящем направлении (один импульс счета на каждое рассогласование битов), подсчитанных в течение BER_interval	OLT ← ONU	По истечении BER_interval has	1 раз/BER_interval	OLT может показать средний КОБ в функции времени для ONU
27	R-INH	Проинформировать OLT, что ONU отключит питание при нормальной работе. Это для того, чтобы предупредить посылку OLT ненужных аварийных сообщений	OLT ← ONU	ONU создает это сообщение, когда активируется отключение питания (такое как отключение источника питания или же удаление метевого шнура без батарейного резервирования) при нормальной работе	По крайней мере 3 раза	Аннулировать любые последующие аварийные сигналы от этого ONU. Проинформировать OpS
28	Сообщение PST	Проверить связность OLT-ONU в резервной конфигурации и осуществить APS	OLT ← ONU	Посылать его с определенной частотой	1 раз/секунду	OLT сверяет номер звена со своим собственным номером звена и, если они разные, генерирует рассогласование звена (MIS)
29	Physical_equipment_error	Указать OLT, что ONU неспособен посылать как ячейки АТМ, так и ячейки ОМСС в направлении от уровня АТМ к уровню ТС	OLT ← ONU	Когда ONU обнаруживает, что он не может послать как ячейку АТМ, так и ячейки ОМСС в направлении от уровня АТМ к уровню ТС	1 раз/секунду	В зависимости от системы

**Таблица 17/G.983.1 – Определение сообщений**

	<b>Название сообщений</b>	<b>Функция</b>	<b>Направление</b>	<b>Запуск</b>	<b>Количество посылок</b>	<b>Результат приема</b>
30	Пароль	Для проверки ONU, основываясь на его пароле	OLT ← ONU	Когда OLT запрашивает пароль посредством сообщения request password	3	Если OLT принимает три идентичных пароля, то оно объявляется достоверным. Дальнейшая обработка зависит от системы.
31	Сообщение Vendor_specific	Ряд Message_Ids резервируются для сообщений, обусловленных поставщиком	OLT ← ONU	Обусловлен поставщиком	Обусловлено поставщиком	Обусловлен поставщиком
32	Сообщение Big_Key message (необязательное)	Переносит ключ большого объема для использования при шифровании данных. Уровень приоритета равен 1.	OLT ← ONU	После запроса OLT ONU выбирает новый ключ и посылает его OLT	3 раза на фрагмент	OLT инициализирует криптографические логические схемы этим новым ключом, если оно принимает три последовательных идентичных ключа, и переключается на новый ключ через 48*Tframe после первого сообщения churning_key_update.

### 8.3.8.2 Форматы сообщений

Эта статья определяет содержание сообщений в предыдущей статье.

#### 8.3.8.2.1 Форматы сообщений в нисходящем направлении

Сообщение "No message"		
Октет	Содержимое	Описание
35	0100 0000	Циркулярное сообщение ко всем ONU
36	0000 0000	Идентификация сообщения "no message"
37..46	Не установлено	

Сообщение "Upstream_Rx_Control"		
Октет	Содержимое	Описание
35	0100 0000	Циркулярное сообщение ко всем ONU
36	0000 0001	Идентификация сообщения "Upstream_Rx_control"
37	Submessage count <i>n</i>	<i>n</i> может быть 0x00 или 0x01. Оно указывает, какая часть поля RXCF указана в оставшихся восьмибитовых байтах этого сообщения.
38	dddd dddd	RXCF1 для <i>n</i> = 0x00 и RXCF10 для <i>n</i> = 0x01
39	dddd dddd	RXCF2 для <i>n</i> = 0x00 и RXCF11 для <i>n</i> = 0x01
40	dddd dddd	RXCF3 для <i>n</i> = 0x00 и RXCF12 для <i>n</i> = 0x01
41	dddd dddd	RXCF4 для <i>n</i> = 0x00 и RXCF13 для <i>n</i> = 0x01
42	dddd dddd	RXCF5 для <i>n</i> = 0x00 и RXCF14 для <i>n</i> = 0x01
43	dddd dddd	RXCF6 для <i>n</i> = 0x00 и RXCF15 для <i>n</i> = 0x01
44	dddd dddd	RXCF7 для <i>n</i> = 0x00 и RXCF16 для <i>n</i> = 0x01
45	dddd dddd	RXCF8 для <i>n</i> = 0x00 и не определено для <i>n</i> = 0x01
46	dddd dddd	RXCF9 для <i>n</i> = 0x00 и не определено для <i>n</i> = 0x01

Сообщение "Upstream_overhead"		
Октет	Содержимое	Описание
35	0100 0000	Циркулярное сообщение ко всем ONU
36	0000 0010	Идентификация сообщения "Upstream_overhead"
37	gggg gggg	Количество защитных битов служебной нагрузки в восходящем направлении, начиная подсчет с первого бита байтов служебной нагрузки в восходящем направлении ( $4 \leq \text{gggggggg} \leq 24$ ). Значение первых битов gggg gggg данных служебной нагрузки в байте 38–40 игнорируется ONU
38	bbbb bbbb	Данные должны программироваться в служебном байте 1
39	bbbb bbbb	Данные должны программироваться в служебном байте 2
40	bbbb bbbb	Данные должны программироваться в служебном байте 3
41	Не установлено	
42	Не установлено	

Сообщение "Upstream_overhead"		
43	xxxx xxxx	Идентификация сообщения "предопределенная задержка выравнивания (Te)" p = "0" указывает Te = 0 p = "1" указывает, что Te определяется октетами 44–46
44	dddd dddd	MSB предопределенной задержки выравнивания (Te)
45	dddd dddd	
46	dddd dddd	LSB предопределенной задержки выравнивания (Te)

Сообщение "Ranging_time"		
Октет	Содержимое	Описание
35	PON_ID	Направленное сообщение к одному ONU
36	0000 0011	Идентификация сообщения "Ranging_time"
37	dddd dddd	MSB задержки выравнивания (Td)
38	dddd dddd	
39	dddd dddd	LSB задержки выравнивания (Td)
40..46	Не установлено	

Сообщение "Serial_number_mask"		
Октет	Содержимое	Описание
35	0100 0000	Циркулярное сообщение ко всем ONU
36	0000 0100	Идентификация сообщения "Serial_number_mask"
37	nnnn nnnn	Количество достоверных битов (nnnnnnnn<=64), начиная подсчет от LSB байта 45 до MSB байта 38
38	abcd efgh	Байт 1 порядкового номера
...	...	
45	stuv wxyz	Байт 8 порядкового номера
46	Не установлено	

Сообщение "Assign_PON_ID"		
Октет	Содержимое	Описание
35	0100 0000	Циркулярное сообщение ко всем ONU
36	0000 0101	Идентификация сообщения "Assign_PON_ID"
37	pppp rppp	PON_ID (pppprrpp ≤ 63)
38	abcd efgh	Байт 1 порядкового номера
...	...	
45	stuv wxyz	Байт 8 порядкового номера
46	Не установлено	

Сообщение "Deactivate PON_ID"		
Октет	Содержимое	Описание
35	PON_ID	Направленное сообщение к одному ONU или ко всем ONU. При циркулярной передаче ко всем ONU, PON_ID = 0x40
36	0000 0110	Идентификация сообщения "Deactivate_PON_ID"
37..46	Не установлено	

Сообщение "Disable_serial_number"		
Октет	Содержимое	Описание
35	0100 0000	Циркулярное сообщение ко всем ONUs
36	0000 0111	Идентификация сообщения "Disable_serial_number"
37	Enable	0xFF: Доступ к ONU с этим порядковым номером отклонен в восходящем направлении. 0x0F: Все ONU, имеющие отклоненный доступ в восходящем направлении, могут участвовать в процессе измерения дальности. Содержимое байтов 38 и 45 является несоответствующим. 0x00: ONU с этим порядковым номером может участвовать в процессе измерения дальности.
38	abcd efgh	Байт 1 порядкового номера
...	...	
45	stuv wxyz	Байт 8 порядкового номера
46	Не установлено	

Сообщение "New_churning_key_request"		
Октет	Содержимое	Описание
35	PON_ID	Направленное сообщение к одному ONU
36	0000 1000	Идентификация сообщения "New_churning_key_request"
37..46	Не установлено	

Сообщение "Churning_key_update"		
Октет	Содержимое	Описание
35	PON_ID	Направленное сообщение к одному ONU
36	0000 1001	Идентификация сообщения "Churning_key_update"
37	COUNT	Происходит от 1 до 3
38..46	Не установлено	

Сообщение "Grant_allocation"		
Октет	Содержимое	Описание
35	PON_ID	Направленное сообщение к одному ONU
36	0000 1010	Идентификация сообщения "Grant_allocation"
37	dddd dddd	Право доступа данных, распределенных к ONU с этим PON_ID
38	0000 000a	a:1 = Активировать право доступа данных для этого ONU a:0 = Деактивировать право доступа данных для этого ONU
39	pppp pppp	Право доступа PLOAM, присвоенное ONU с этим PON_ID
40	0000 000a	a:1 = Активировать право доступа PLOAM для этого ONU a:0 = Деактивировать право доступа PLOAM для этого ONU
41..46	Не установлено	

Сообщение "Divided_Slot_Grant_configuration"		
Октет	Содержимое	Описание
35	PON_ID	Направленное сообщение к одному ONU
36	0000 1011	Идентификация сообщения "Divided_Slot_Grant_configuration"
37	0000 000a	a:1 = Активировать право доступа для этого ONU a:0 = Деактивировать право доступа для этого ONU
38	DS_GR	Определяет значение право доступа, присвоенного этому ONU для посылки минислота
39	LENGTH	Определяет длину минислота полезной нагрузки в виде некоторого количества байтов. В пределах [1 .. (53 – OFFSET)]
40	OFFSET	Определяет смещение начала минислота, выраженное некоторым количеством байтов, от начала слота ячейки в восходящем направлении. OFFSET = 0 означает, что минислот начинается с первым байтом слота в восходящем направлении
41	Service_ID	Определяет услугу, которая должна быть отображена на минислот. 0000 0000 используется для протокола MAC. Другие значения предназначены для функционального блока FU.
42..46	Не установлено	

Сообщение "Configure VP/VC"		
Октет	Содержимое	Описание
35	PON_ID	Направленное сообщение ONU
36	0000 1100	Идентификация сообщения "Configure VP/VC"
37	0000 000a	Байты 38–41 определяют VP/VC в восходящем и нисходящем направлениях. a:1 Активирует этот VP/VC a:0 Деактивирует этот VP/VC
38	HEADER1	Байт 1 заголовка ячейки ATM (MSB)
39	HEADER2	Байт 2 заголовка ячейки ATM
40	HEADER3	Байт 3 заголовка ячейки ATM

Сообщение "Configure VP/VC"		
Октет	Содержимое	Описание
41	HEADER4	Байт 4 заголовка ячейки ATM (LSB). 4 младших значащих бита (PTI и CLP) являются прозрачными для уровня TC
42	MASK1	Все биты MASK, которые установлены в 1, определяют соответствующие биты в HEADER, которые должны использоваться для завершения или создания ячеек на уровне ATM
43	MASK2	
44	MASK3	
45	MASK4	Используется только 4 старших значащих бита
46	Не установлено	

Сообщение "Physical_equipment_error"		
Октет	Содержимое	Описание
35	0100 0000	Циркулярное сообщение ко всем ONU
36	0000 1101	Идентификация сообщения "Physical_equipment_error"
37..46	Не установлено	

Сообщение "Request_Password"		
Октет	Содержимое	Описание
35	PON_ID	Направленное сообщение к одному ONU
36	0000 1110	Идентификация сообщения "Request_Password"
37..46	Не установлено	

Сообщение "Churned_VP"		
Октет	Содержимое	Описание
35	PON_ID	Направленное сообщение к одному ONU
36	0000 1111	Идентификация сообщения "Churned_VP"
37	xxxx xxха	a = 1 Перемешанное a = 0 Неперемешанное
38	abcd efgh	abcdefgh = VPI[11.4]
39	ijkl 0000	ijkl = VPI[3..0]
40..46	Не установлено	

Сообщение "POPUP"		
Октет	Содержимое	Описание
35	0100 0000	Циркулярное сообщение ко всем ONU
36	0001 0000	Идентификация сообщения "POPUP"
37..46	Не установлено	

Сообщение "Vendor_specific"		
Октет	Содержимое	Описание
35	xxxx xxxx	Направленное сообщение к одному ONU или циркулярное
36	0111 1zzz	Идентификация сообщения "Vendor_specific"
37..46	yyyy yyyy	Обусловлено поставщиком. Эти сообщения могут использоваться для частного использования различными поставщиками и никогда не будут стандартизованы.

Сообщение "PST"		
Октет	Содержимое	Описание
35	0100 0000	Циркулярное сообщение ко всем ONU
36	1000 0000	Идентификация сообщения "PST"
37	Номер линии	Может быть 0 или 1
38	Управление	Это байт K1, определенный в Рекомендации МСЭ-Т G.783.
39	Управление	Это байт K2, определенный в Рекомендации МСЭ-Т G.783.
40..46	Не установлено	

Сообщение "BER_interval"		
Октет	Содержимое	Описание
35	PON_ID	Направленное сообщение к одному ONU
36	1000 0001	Идентификация сообщения "BER_interval"
37	Интервал 1	Интервал в 32 бита, MSB
38	Интервал 2	
39	Интервал 3	
40	Интервал 4	Интервал в 32 бита, LSB, интервал в виде количества кадров
41..46	Не установлено	

#### 8.3.8.2.2 Форматы сообщений в восходящем направлении

Сообщение "No message"		
Октет	Содержимое	Описание
2	PON_ID	Указывает ONU, являющийся источником этого сообщения
3	0000 0000	Идентификация сообщения "no message"
4..13	Не установлено	

<b>Сообщение "New_churning_key"</b>		
<b>Октет</b>	<b>Содержимое</b>	<b>Описание</b>
2	PON_ID	Указывает ONU, являющийся источником этого сообщения
3	0000 0001	Идентификация сообщения "New_churning_key"
4	Churning_key1	(MSB) X1, X2, ..., X8 (LSB)
5	Churning_key2	(MSB) P1, P2, ..., P8
6	Churning_key3	P9, P10, ..., P16 (LSB)
7..13	Не установлено	

<b>Сообщение "Acknowledge"</b>		
<b>Октет</b>	<b>Содержимое</b>	<b>Описание</b>
2	PON_ID	Указывает ONU, являющийся источником этого сообщения
3	0000 0010	Идентификация сообщения "Acknowledge"
4	DM_ID	Идентификация сообщения в нисходящем направлении
5	DMBYTE37	Байт 37 нисходящего сообщения
6	DMBYTE38	Байт 38 нисходящего сообщения
7	DMBYTE39	Байт 39 нисходящего сообщения
8	DMBYTE40	Байт 40 нисходящего сообщения
9	DMBYTE41	Байт 41 нисходящего сообщения
10	DMBYTE42	Байт 42 нисходящего сообщения
11	DMBYTE43	Байт 43 нисходящего сообщения
12	DMBYTE44	Байт 44 нисходящего сообщения
13	DMBYTE45	Байт 45 нисходящего сообщения

<b>Сообщение "Serial_number_ONU"</b>		
<b>Октет</b>	<b>Содержимое</b>	<b>Описание</b>
2	0100 0000 PON_ID	Состояние ожидания работы 2 Состояние ожидания работы 3
3	0000 0011	Идентификация сообщения "Serial_number_ONU"
4	0000 0000	Байты 5–12 формируют полный порядковый номер ONU
5	VID1	Байт 1 Vendor_ID
6	VID2	Байт 2 Vendor_ID
7	VID3	Байт 3 Vendor_ID
8	VID4	Байт 4 Vendor_ID
9	VSSN1	Байт 1 порядкового номера, обусловленного поставщиком
10	VSSN2	Байт 2 порядкового номера, обусловленного поставщиком
11	VSSN3	Байт 3 порядкового номера, обусловленного поставщиком
12	VSSN4	Байт 4 порядкового номера, обусловленного поставщиком
13	Не установлено	

Кодовый набор для Vendor\_ID определен в стандарте ANSI T1.220. Четыре символа размещены в 4-байтовом поле посредством выбора каждого кода символа ASCII/ANSI и их конкатенации.

Например: Vendor\_ID = ABCD ⇒ VID1 = 0x41, VID2 = 0x42, VID3 = 0x43, VID4 = 0x44.

Сообщение "Password"		
Октет	Содержимое	Описание
2	PON_ID	Указывает ONU, являющийся источником этого сообщения
3	0000 0100	Идентификация сообщения "Password"
4	rrrr rrrr	Парль 1
...	...	...
13	rrrr rrrr	Пароль 10

Сообщение "Physical_equipment_error"		
Октет	Содержимое	Описание
2	PON_ID	Указывает ONU, являющийся источником этого сообщения
3	0000 0101	Идентификация сообщения "Physical_equipment_error"
4..13	Не установлено	

Сообщение "Vendor_specific"		
Октет	Содержимое	Описание
2	xxxx xxxx	Указывает ONU, являющийся источником этого сообщения
3	0111 1zzz	Идентификация сообщения "Vendor_specific"
4..13	yyyy yyyy	Обусловлено поставщиком. Эти сообщения могут использоваться для частного использования различными поставщиками и никогда не будут стандартизированы

Сообщение "REI"		
Октет	Содержимое	Описание
2	PON_ID	Указывает ONU, являющийся источником этого сообщения
3	1000 0000	Идентификация сообщения "REI message"
4	Error_count1	32-битовый счетчик ошибок, MSB
5	Error_count2	32-битовый счетчик ошибок
6	Error_count3	32-битовый счетчик ошибок
7	Error_count4	32-битовый счетчик ошибок, LSB
8	0000 SSSS	Порядковый номер. Четыре LSB бита SSSS инкрементируются при каждой посылке этого сообщения
9..13	Не установлено	

<b>Сообщение "R-INH"</b>		
<b>Октет</b>	<b>Содержимое</b>	<b>Описание</b>
2	PON_ID	Указывает ONU, являющийся источником этого сообщения
3	1000 0001	Идентификация сообщения "R-INH"
4..13	Не установлено	

<b>Сообщение "PST"</b>		
<b>Октет</b>	<b>Содержимое</b>	<b>Описание</b>
2	PON_ID	Указывает ONU, являющийся источником этого сообщения
3	1000 0010	Идентификация сообщения "PST"
4	Linenumber	Может быть 0 или 1
5	Control	Это байт K1, определенный в Рекомендации МСЭ-Т G.783
6	Control	Это байт K2, определенный в Рекомендации МСЭ-Т G.783
7..13	Не установлено	

<b>Сообщение "Message_error"</b>		
<b>Октет</b>	<b>Содержимое</b>	<b>Описание</b>
2	PON_ID	Указывает ONU, являющийся источником этого сообщения
3	1000 0011	Идентификация сообщения "Message_error"
4	Message_id	Указывает непризнанный message_id в нисходящем направлении
5..13	Не установлено	

<b>Сообщение ключа большой длины (необязательное)</b>		
<b>Октет</b>	<b>Содержимое</b>	<b>Описание</b>
2	PON_ID	Указывает ONU, являющийся источником этого сообщения
3	0000 0110	Идентификация "сообщения ключа перемешивания большой длины"
4	Key_Index	Индекс, указывающий, какой ключ ONU переносит это сообщение
5	Frag_Index	Индекс, указывающий, какую часть ключа переносит это сообщение
6	KeyBYTE0	Байт 0 фрагмента (Frag_Index) of Key (Key_Index)
7	KeyBYTE1	Байт 1 фрагмента (Frag_Index) of Key (Key_Index)
8	KeyBYTE2	Байт 2 фрагмента (Frag_Index) of Key (Key_Index)
9	KeyBYTE3	Байт 3 фрагмента (Frag_Index) of Key (Key_Index)
10	KeyBYTE4	Байт 4 фрагмента (Frag_Index) of Key (Key_Index)
11	KeyBYTE5	Байт 5 фрагмента (Frag_Index) of Key (Key_Index)
12	KeyBYTE6	Байт 6 фрагмента (Frag_Index) of Key (Key_Index)
13	KeyBYTE7	Байт 7 фрагмента (Frag_Index) of Key (Key_Index)

### **8.3.9 Автоматическая защитная коммутация**

Автоматическая защитная коммутация (APS) может быть обеспечена в качестве необязательной на уровне TC PON. Использование APS зависит от количества пользователей и надежности обслуживания. Для некоммерческих применений необходимо рассмотреть резервные конфигурации с дублированными ODN или ONU. Несколько контрольных битов для протокола защиты резервируются в поле сообщения PST, определенном в пп. 8.3.8.2.1 и 8.3.8.2.2. Полное описание функции APS приведено в Рекомендации МСЭ-Т G.983.5. За дальнейшими подробностями обратитесь к Приложению D.

Необходимо учитывать время, необходимое для APS, чтобы обеспечивать услуги POTS и/или ISDN, включая время измерения дальности для 32 ONU, с тем чтобы текущие соединения не прерывались при выполнении APS.

## **8.4 Метод измерения дальности**

### **8.4.1 Область применения предлагаемого метода измерения дальности**

Полностью цифровой метод измерения дальности "в полосе" должен использоваться системой PON для измерения расстояний логической досягаемости между каждым ONU и OLT. Максимальный диапазон PON составляет, по крайней мере, 20 км. Должна существовать возможность выполнения измерения задержки передачи для каждого ONU во время, когда PON находится в процессе работы, чтобы не прерывать обслуживание других ONU.

Размер окна для сигнала измерения задержки может быть минимизирован, используя некоторые данные о расположении ONU. Оператор сети может заранее предоставить PON данные о минимальном и максимальном расстоянии OLT-ONU (если же нет, то значение по умолчанию составляет 0 км минимум и 20 км максимум). Минимальные и максимальные расстояния могут быть предоставлены с любой степенью детализации, что определяется оператором сети. Для ONU, дальность которого не была предварительно измерена, начало и окончание окна измерения дальности определяются исходя из этих предоставляемых минимальных и максимальных расстояний.

Протокол измерения дальности определен и применим для нескольких типов методов установки ONU и нескольких типов процессов измерения дальности, при необходимости, с дополнительными или необязательными функциями.

#### **8.4.1.1 Метод установки ONU**

Существуют два возможных примерных метода установки ONU:

Метод А: Порядковый номер ONU зарегистрирован в OLT системой OpS.

Метод В: Порядковый номер ONU не зарегистрирован в OLT системой OpS. Это требует наличия механизма автоматического обнаружения порядкового номера (программируемого однозначного закодированного номера) ONU.

Как для Метода А, так и для Метода В, измерение дальности ONU может быть инициировано двумя возможными способами:

- 1) оператор сети позволяет начать процесс измерения дальности, если известно о подключении нового ONU. После успешного проведения измерения дальности (или временной выдержки), измерение дальности автоматически прекращается;
- 2) OLT периодически и автоматически инициирует процесс измерения дальности, проводя проверку на выявление любых новых подключений ONU. Частота опроса программируется так, что окно измерения дальности может открываться каждую миллисекунду или каждую секунду по команде системы OpS.

#### **8.4.1.2 Типы процессов измерения дальности**

Возможны различные ситуации, описанные ниже, при которых может происходить процесс измерения дальности. Имеются четыре категории ситуаций, при которых может происходить процесс измерения дальности.

##### **8.4.1.2.1 Неактивная PON, неактивный ONU**

Эта ситуация характеризуется отсутствием на PON передаваемого восходящего трафика и тем, что ONU еще не получил PON-ID от OLT.

### 8.4.1.2.2 Действующая PON, недействующая ONU

Эта ситуация характеризуется добавлением нового (их) ONU, который не подвергался ранее измерению дальности, или же добавлением ранее активного (их) ONU с восстановлением его питания и возвратом его в PON на то время, пока график передается на PON

### 8.4.1.2.3 Активная PON, активный ONU

Эта ситуация характеризуется наличием ранее активного ONU, который остается с включенным питанием и подключенным к активной PON, но пребывая в состоянии POPUP, описанном в 8.4.4.2.1. Эта ситуация также включает активный ONU, подключенный к активной PON с передаваемым трафиком.

### 8.4.1.2.4 Переключение

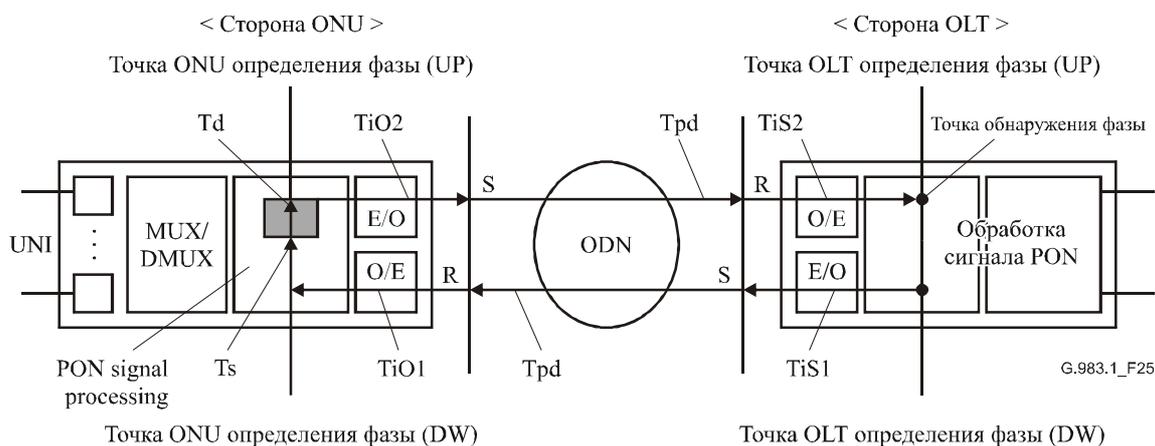
Может существовать несколько типов возможных дуплексных и/или частично дуплексных конфигураций ATM-PON. В этих случаях должен применяться протокол измерения дальности.

## 8.4.2 Определение фазового соотношения между восходящим и нисходящим потоками

Фазовое соотношение между восходящим и нисходящим потоками должно определяться для процесса измерения дальности.

### 8.4.2.1 Описание точек определения фазы

Конфигурация точек определения, описанных ниже, показана на рисунке 25.



$$T_{const} = TiS1 + Tpd + TiO1 + Ts + Td + TiO2 + Tpd + TiS2$$

$$T_{response}(ONU) = TiO1 + Ts + Td + TiO2 \text{ (at } Td = 0)$$

$$= TiO1 + Ts + TiO2$$

$$0 \leq Td \text{ (Equalization\_delay)} \leq \text{Макс}$$

Рисунок 25/G.983.1 – Конфигурация точек определения

### 8.4.2.1.1 Точки определения фазы ONU и OLT

Точка определения фазы ONU устанавливается для удобства определения фазы передачи ячеек. Она виртуально располагается на стороне ONU эталонной точки S/R. Точка определения фазы OLT также устанавливается для определения фазы передачи ячеек. Она виртуально находится на стороне OLT эталонной точки R/S.

### 8.4.2.1.2 Основная задержка передачи ячеек (Ts)

Основная задержка передачи ячеек (Ts) определяется как фаза ячейки в восходящем направлении, которая соответствует первому праводоступу первой ячейки PLOAM в нисходящем кадре к ее нисходящему кадру в точке определения фазы ONU, когда equalizationdelay (Td) равна 0. Эта задержка (Ts) происходит из-за обработки сигнала PON в ONU.

### 8.4.2.1.3 Задержка передачи ячеек ONU

Задержка передачи ячеек ONU определяется как фаза ячейки в восходящем направлении, которая соответствует первому праву доступа первой ячейки PLOAM в нисходящем кадре к ее нисходящему кадру в точке определения фазы ONU. Задержка передачи ячеек ONU является суммой основной задержки передачи ячейки ( $T_s$ ) и  $equalization\_delay$  ( $T_d$ ) в процессе измерения дальности.

### 8.4.2.1.4 Фаза точек S/R и R/S спецификации интерфейса

Ячейки в нисходящем направлении передачи в эталонной точке R в ONU достигают точки определения фазы ONU с определенной задержкой  $TiO1$ . Ячейки в восходящем направлении передачи в точке определения фазы ONU достигают эталонной точки S в ONU через  $TiO2$ .

Также ячейки в нисходящем направлении передачи в точке определения фазы OLT достигают эталонной точки S в OLT с определенной задержкой  $TiS1$ . Ячейки в восходящем направлении передачи в эталонной точке R в OLT достигают точки определения фазы OLT через  $TiS2$ .

Задержки  $TiO1$ ,  $TiO2$ ,  $TiS1$  и  $TiS2$  происходят вследствие оптоэлектрического и электрооптического преобразования в ONU и OLT (см. рисунок 25).

### 8.4.2.2 Определение времени срабатывания ONU

Время срабатывания ONU,  $T_{response}$  (ONU), должно определяться в эталонной точке S/R для обеспечения связности будущих ONU в условиях наличия оборудования различных фирм-производителей.

Время срабатывания,  $T_{response}$  (ONU), определено ниже:

$$\begin{aligned} T_{response} (ONU) &= TiO1 + T_s + T_d + TiO2 \text{ (при } T_d = 0) \\ &= TiO1 + T_s \end{aligned}$$

Значение  $T_{response}$  (ONU) должно составлять от 3136 до 4032 бит (при 155,52 Мбит/с), что эквивалентно от 7 до 9 ячеек (при 56-байтовой ячейке). Оно оценивается как достаточное время обработки сигнала в ONU.

$$3136 \text{ битов} \leq T_{response}(ONU) \leq 4032 \text{ бита (при } 155,52 \text{ Мбит/с)}$$

$$6272 \text{ бита} \leq T_{response}(ONU) \leq 8064 \text{ бита (при } 622,08 \text{ Мбит/с)}$$

ПРИМЕЧАНИЕ. – Изменение задержки из-за  $T_{response}(ONU)$  рассматривается как неоднозначность расположения ONU и эквивалентно примерно 600 м и 300 м для скоростей в восходящем направлении 155 и 622 Мбит/с, соответственно.

### 8.4.2.3 Фазовое соотношение в обычном рабочем состоянии

Соотношение между фазами для нисходящих и восходящих ячеек в эталонной точке S/R ONU, точке определения фазы ONU, эталонной точке R/S OLT и точке определения фазы OLT показано на рисунке 26.  $T_{pd}$  представляет задержку распространения в оптоволокне от OLT к ONU (и наоборот).

Временной слот ячейки в восходящем направлении для ячейки #1 соответствует полю первого права доступа первой нисходящей ячейки PLOAM нисходящего кадра. Задержка между ячейкой PLOAM с первым правом доступа и соответствующей восходящей ячейкой определяется как компенсированная двусторонняя задержка ( $T_{eqd}$ ).

Эта компенсированная двусторонняя задержка ( $T_{eqd}$ ) определяется в точке определения фазы OLT (как описано выше).

$$\begin{aligned} T_{eqd} &= 2 * T_{pd} + T_s + T_d + TiO1 + TiO2 + TiS1 + TiS2 \\ &= 2 * T_{pd} + T_{response} (ONU) + T_d + TiS1 + TiS2 \end{aligned}$$

В обычном рабочем состоянии  $T_{eqd}$  является постоянной для всех ONU. Допуская изменение  $T_{pd}$  и  $T_{response}$  (ONU),  $equalization\_delay$  ( $T_d$ ) определена далее:

максимальное значение  $T_d \geq 32\,000$  битов (при 155,52 Мбит/с)

максимальное значение  $T_d \geq 128\,000$  битов (при 622,08 Мбит/с)

Максимальная двусторонняя задержка в 200 мс (эквивалентная 20 км оптоволоконна) равна 69 ячейкам (ячейки по 56 байт) + 192 бита, а максимальное  $T_{response}$  (ONU) составляет 9 ячеек  $\pm$  2 ячейки, так что  $equalization\_delay$  должна охватывать изменения задержки от 0 до 32 000 бит (при 155,52 Мбит/с).

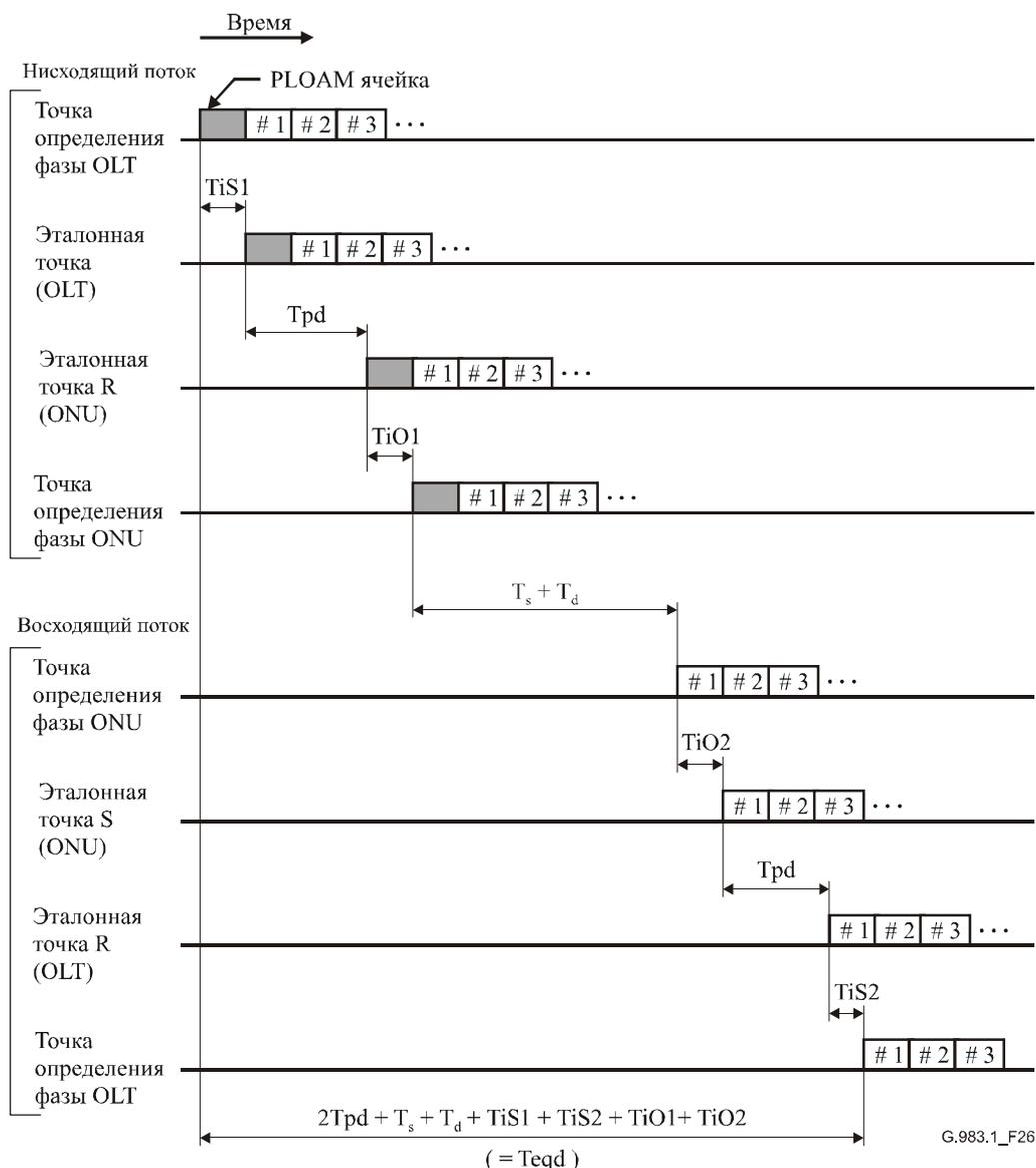


Рисунок 26/G.983.1 – Фазовое соотношение между нисходящим и восходящим потоками

#### 8.4.2.4 Степень детализации $equalization\_delay$

$Equalization\_delay$  ( $T_d$ ) должна быть определена со степенью детализации 1 бит для всех скоростей передачи.

#### 8.4.2.5 Открывание окна измерения дальности в процессе измерения дальности

ПРИМЕЧАНИЕ. – Ниже приводятся примеры для скорости 155,52 Мбит/с в восходящем направлении. Значения, указанные для  $T_{response}$  и  $T_d$ , зависят от скорости в восходящем направлении. Поэтому эти значения не относятся к случаю использования скорости 622 Мбит/с. Соответствующие значения см. в вышеприведенных спецификациях.

### 8.4.2.5.1 Обычная процедура

Прежде чем инициировать процесс измерения дальности, OLT посылает сообщение "Upstream\_overhead", чтобы указать новым ONU на то, какую служебную нагрузку они могут задействовать. Затем OLT инициирует процесс измерения дальности. Права доступа данных в восходящем направлении организованы в очередь.

OLT создает следующую последовательность:

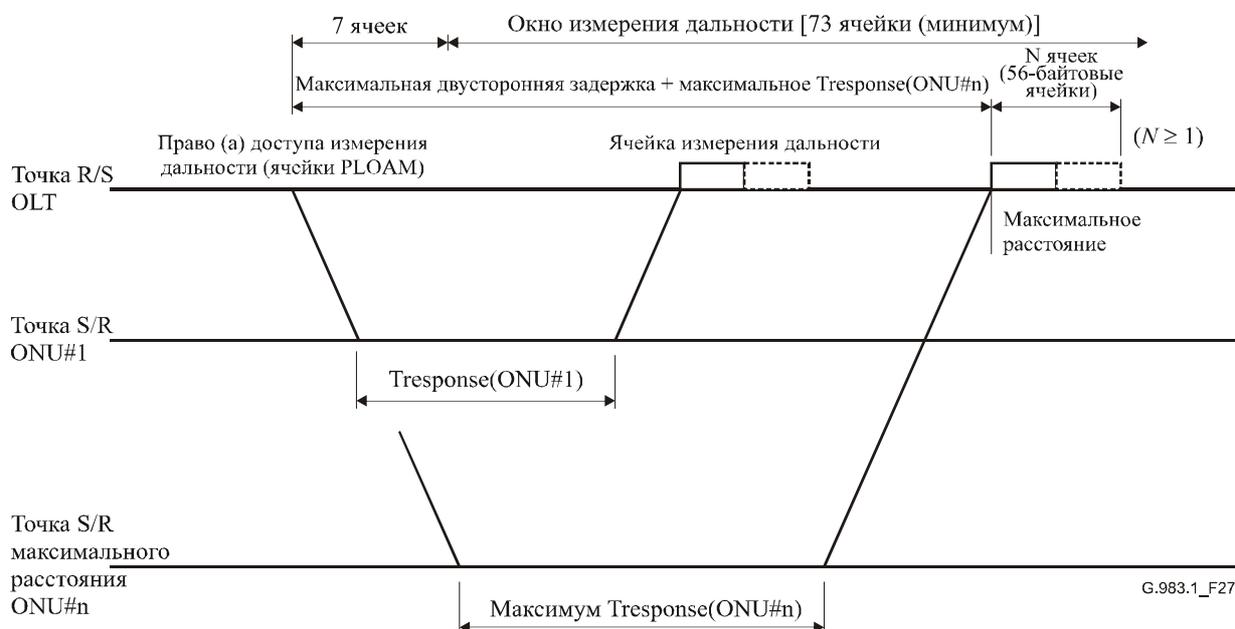
- неназначенные права доступа для открывания окна; и
- право доступа измерения дальности (или право доступа PLOAM); и
- дополнительные права доступа измерения дальности или права доступа PLOAM, если они необходимы.

Они отображаются в ячейки PLOAM в нисходящем направлении. Это гарантирует, что после того, как право доступа измерения дальности покидает OLT, открывается окно в восходящем направлении для приема ячейки PLOAM измерения дальности. Дополнительные права доступа измерения дальности или права доступа PLOAM позволяют установить оптическую мощность ONU и/или регулировать пороговые значения OLT, или получение данных об амплитуде и т.д. Количество дополнительных прав доступа для установки оптической мощности ONU должно равняться 1, а их количество для приемника OLT должно, по необходимости, определяться OLT.

Если для завершения установки оптической мощности ONU необходимо большее количество прав доступа, то установка оптической мощности может быть завершена, допуская несколько отказов во время измерения дальности и повторного измерения дальности. В случае, если применяется поиск порядковых номеров (механизм двоичного дерева, изложенный в 8.4.4.1), то ONU может использовать права доступа для установки оптической мощности ONU. Также, если ONU периодически инициирует процесс измерения дальности для проверки недавно подключенных ONU, то это является приемлемым для данной цели.

Некоторые из неназначенных прав доступа для окна могут быть заменены правами доступа данных и/или правами доступа PLOAM, с тем чтобы минимизировать размер окна.

Схема открывания окна измерения дальности в случае, когда право доступа измерения дальности размещено в поле первого права доступа первой ячейки PLOAM нисходящего кадра, показана на рисунке 27.



ПРИМЕЧАНИЕ. – Если ONU получает право доступа измерения дальности, то ONU немедленно посылает ячейку(и) измерения дальности.

Ячейка измерения дальности принимается через Tresponse(ONU) + двусторонняя задержка распространения, в случае соответствия ее первому праву доступа первой ячейки PLOAM в нисходящем кадре.

Размер окна измерения дальности должен определяться с учетом дополнительных прав доступа.

Рисунок 27/G.983.1 – Окно измерения дальности и фазовое соотношение

Каждый ONU, которому разрешено посылать ячейку(и), должен послать ячейку(и) PLOAM измерения дальности немедленно по получении права доступа измерения дальности.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В этом контексте слово "немедленно" означает, что каждый ONU посылает ячейку PLOAM в назначенное время, соответствующее расположению права доступа измерения дальности в нисходящей ячейке PLOAM.

Equalization\_delay (Td) может быть измерена, как в примере на рисунке 27.

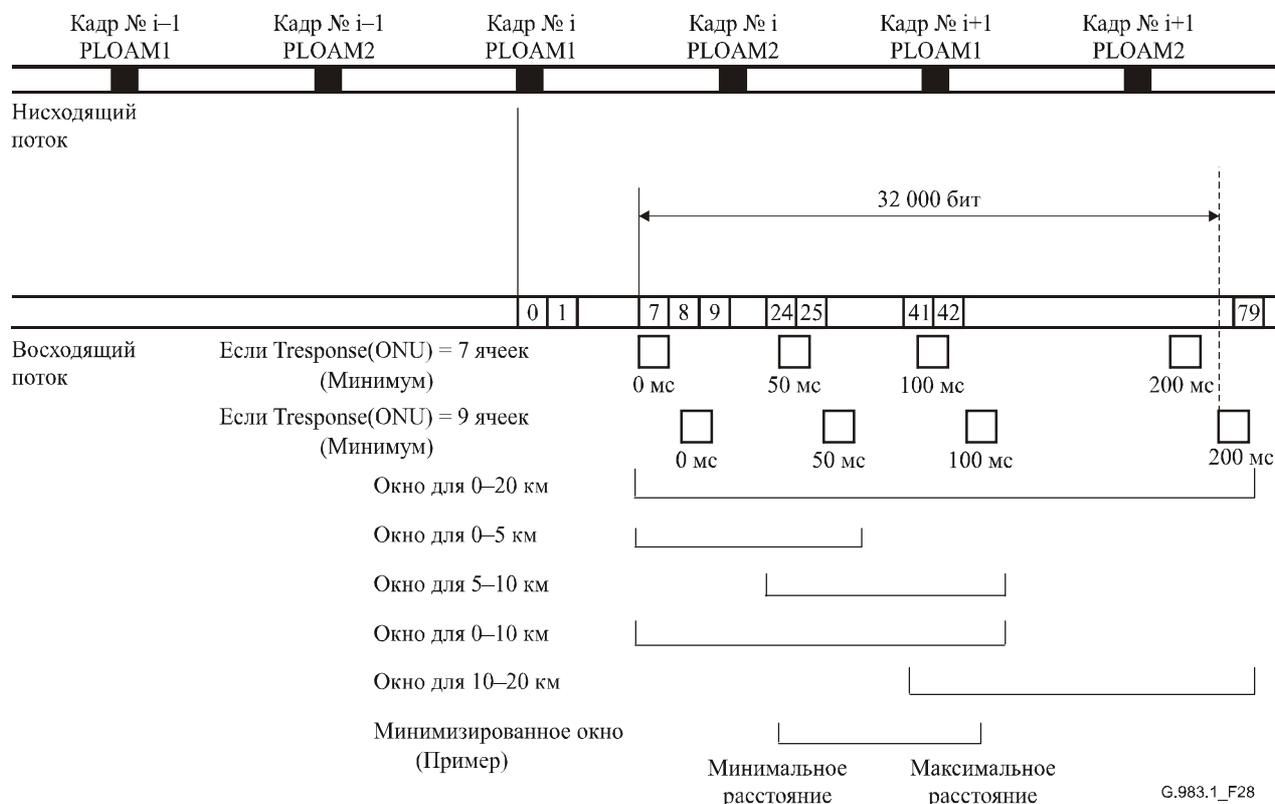
$$T_d = T_{eqd} - (T_2 - T_1)$$

T1 = Времени передачи нисходящей ячейки PLOAM, содержащей право доступа измерения дальности в точке определения фазы OLT.

T2 = Времени прибытия восходящей ячейки измерения дальности в точку определения фазы OLT.

T<sub>eqd</sub> = 79 ячеек (к примеру).

Используя сведения о расстоянии между ONU и OLT, размер окна измерения дальности программируется посредством назначения соответствующих неназначенных прав доступа, как показано на рисунке 28.

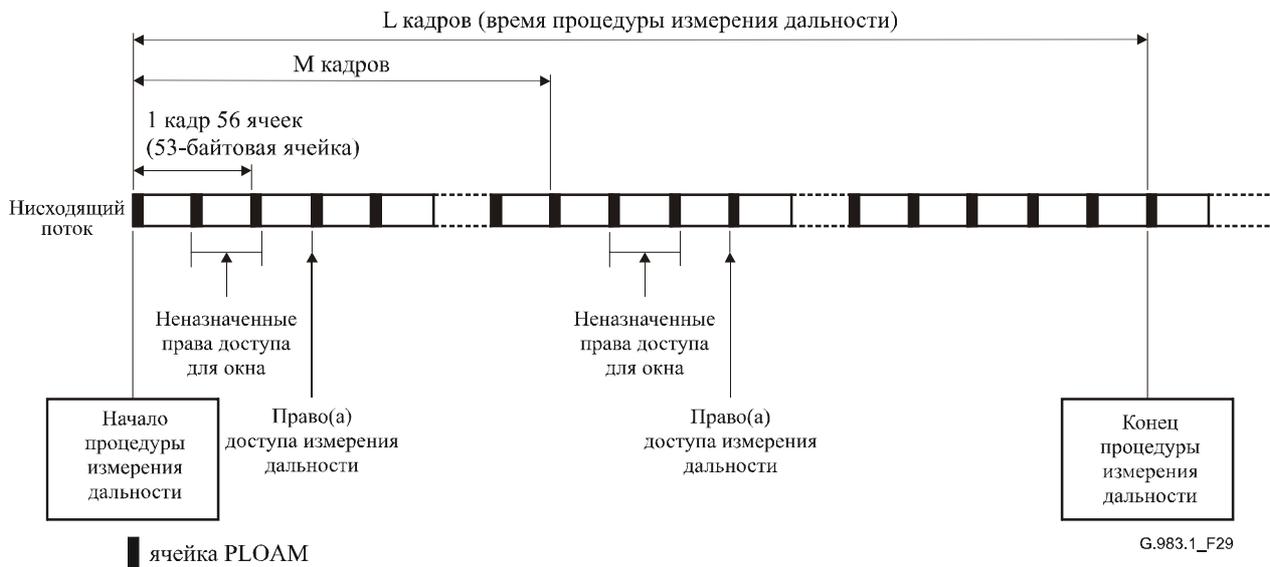


ПРИМЕЧАНИЕ. – Предполагая, что первое право доступа Кадра № i – это право доступа измерения дальности.

**Рисунок 28/G.983.1 – Программируемое окно измерения дальности (пример)**

Если запрашивается открывание окна измерения дальности сокращенной длины в фиксированном местоположении в восходящем кадре, то можно использовать предопределенную equalization\_delay.

В процессе измерения дальности, при необходимости, могут быть открыты дополнительные окна в восходящем направлении. Пример этого показан на рисунке 29.



**Рисунок 29/G.983.1 – Повторное открывание окна измерения дальности**

Значение "М" на этом Рисунке указывает на интервал между открывающимися окнами. Это значение "М" должно быть определено с тем, чтобы избежать ухудшения качества обслуживания.

Значение "L" указывает время, требуемое для завершения процедуры измерения дальности.

#### **8.4.2.5.2 Окно фиксированного местоположения при некоторых данных о местонахождении ONU**

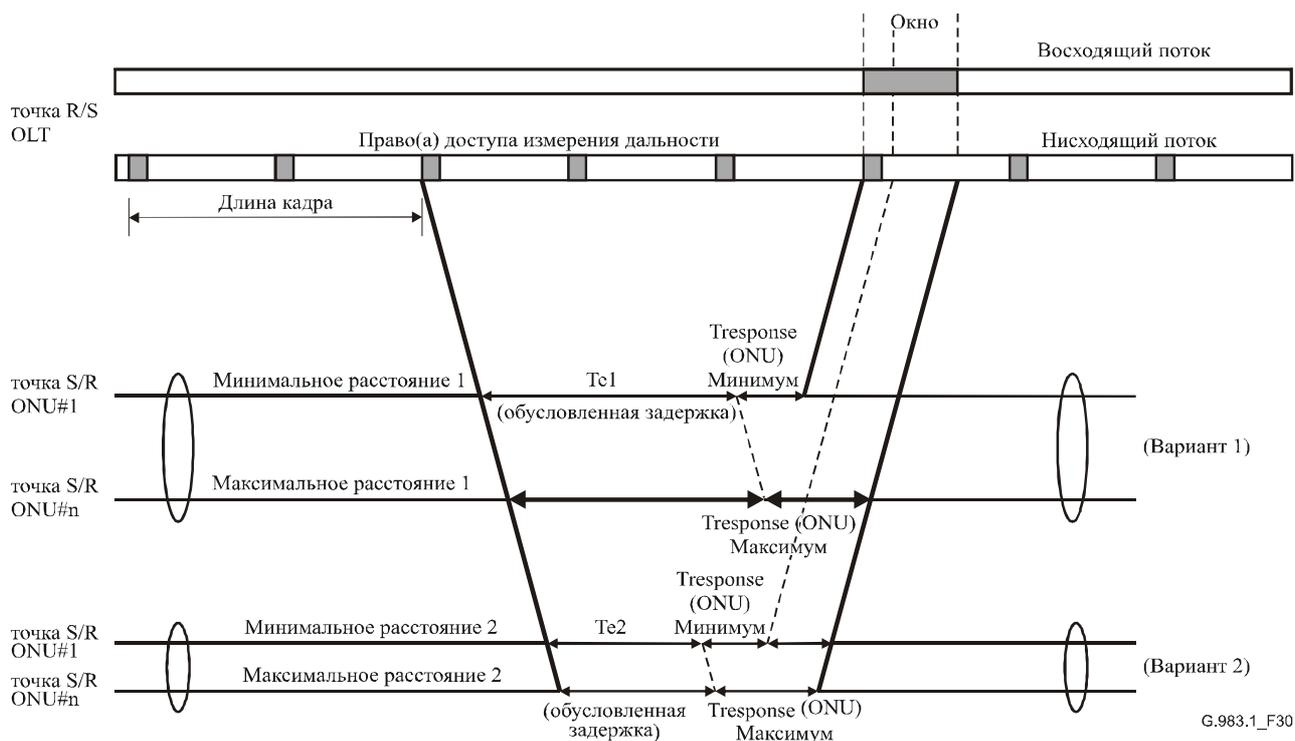
Когда известны некоторые данные о месте ONU, то OLT может передавать предопределенную  $equalization\_delay$  ( $T_e$ ) к ONU, при этом  $T_e$  эквивалентна приблизительной  $equalization\_delay$  ( $T_d$ ). Предопределенная  $equalization\_delay$  ( $T_e$ ) может быть передана в сообщении  $Upstream\_overhead$  от OLT к каждому ONU. Значение  $T_e$  по умолчанию равно 0.

OLT будет передавать неназначенные права доступа для открывания окна измерения дальности, размер которого сокращен по сравнению с максимумом в зависимости от полноты данных о расстоянии OLT-ONU. Затем оно должно послать право доступа измерения дальности к ONU.

Когда ONU получает право доступа измерения дальности, оно ответит ячейкой измерения дальности после предопределенной  $equalization\_delay$  ( $T_e$ ) плюс  $T_{response}(ONU)$ . Это будет гарантировать, что ячейка измерения дальности придет в пределах открытого окна, которое находится в фиксированной позиции в восходящем кадре.

Пример показан на рисунке 30. В этом случае  $equalization\_delay$  ( $T_d$ ) может быть измерена следующим образом:

$$T_d = T_{eqd} - (T_2 - T_1) + T_e.$$



**Рисунок 30/G.983.1 – Окно фиксированного местоположения при некоторых данных о местонахождении ONU**

### 8.4.3 Определение сообщений, используемых в протоколе измерения дальности

Сообщения, используемые в протоколе измерения дальности, определены в разделе спецификации уровня ТС.

Временные соотношения между нисходящими сообщениями и правами доступа в процессе измерения дальности должны быть интерпретированы следующим образом:

- Если нисходящая ячейка PLOAM содержит и права доступа, и сообщение, то правильная интерпретация определяется посредством обработки сначала прав доступа, а затем – этого сообщения. Обработка сообщений, принятых в ONU и касающихся процесса измерения дальности, должна быть завершена в течение шести кадровых периодов ( $6 \cdot T_{frame}$ ).
- По приеме сообщения Ranging\_time,  $T_d$  должна быть обновлена в течение  $6 \cdot T_{frame}$ . Это означает, что OLT должно посылать право доступа PLOAM или право доступа данных к назначенному ONU не позднее, чем через  $6 \cdot T_{frame}$  секунд после отправки к этому ONU первых трех сообщений Ranging\_time в процессе измерения дальности. Ввиду того, что необходимо избегать коллизий восходящих ячеек во время обработки сообщений в ONU.

Временных соотношений между нисходящими ячейками PLOAM и восходящими слотами вышеизложенное определение не касается.

### 8.4.4 Процедура измерения дальности

#### 8.4.4.1 Общая процедура измерения дальности

Измерение дальности выполняется под управлением OLT. ONU реагирует на сообщения, которые инициируются в OLT.

Схема процедуры измерения дальности:

- OLT измеряет фазу прибытия восходящей ячейки от ONU;
- OLT уведомляет ONU о equalization\_delay; и
- ONU согласовывает фазу передачи с объявленным значением.

Эта процедура выполняется посредством внутрислобного обмена данными, переносимыми нисходящими и восходящими ячейками.

Процедура измерения дальности выполняется с использованием некоторых видов прав доступа и сообщений.

В обычном рабочем состоянии все ячейки могут использоваться для контроля фазы поступающей ячейки. Основываясь на данных контроля фазы ячейки, можно обновлять `equalization_delay`.

Проблема с измерением дальности может возникнуть при использовании метода установки В, если OLT предпринимает попытку измерить дальность ONU и одновременно появляются несколько включенных ONU. Порядковые номера ONU неизвестны, так что право доступа измерения дальности выдавалось направленно во все ONU в состоянии ожидания. Это может вызвать срабатывание нескольких ONU, сигналы которых могут перекрываться в OLT, вызывая таким образом коллизию в OLT. Механизм двоичного дерева используется для решения этой проблемы.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** – Механизм Двоичного Дерева: После того, как коллизия ячеек измерения дальности была обнаружена в OLT, OLT посылает сообщение `Serial_number_mask`, за которым следует право доступа измерения дальности, с тем чтобы позволить любому ONU, порядковый номер которого соответствует маске, передавать ячейку измерения дальности. Размер `Serial_number_mask` увеличивается на один бит за один раз до тех пор, пока только один ONU будет передавать ячейку измерения дальности. Это позволяет производить индивидуальное измерение дальности ONU. Затем повторно может быть послано общее право доступа измерения дальности, позволяющее все же производить измерение дальности других ONU для передачи ячеек измерения дальности. Если коллизия все же происходит, то этот механизм повторяется.

Этот механизм двоичного дерева может быть также полезен для того, чтобы избежать перегрузки оптического ввода приемника OLT во время установки мощности ONU.

#### **8.4.4.2 Процедура измерения дальности в ONU**

Процедура измерения дальности обусловлена функциональным поведением в виртуально определенных состояниях и переходом состояний, как показано ниже.

Примерный поток данных измерения дальности в ONU описан в подразделе III.1.

##### **8.4.4.2.1 Состояния ONU**

Десять состояний используются для описания режима измерения дальности.

a) *Исходное состояние (O1)*

Состояние, при котором после первого включения ONU все еще обнаруживаются LOS, LCD, OAML или FRML.

b) *Состояние ожидания измерения дальности 1 (O2)*

Состояние подготовки к измерению дальности, но сообщения в нисходящем направлении поддаются обнаружению. Выполняется прием сообщения `Upstream_overhead`. Передаваемая в этом сообщении `Upstream_overhead` предопределенная `equalization_delay` также обнаруживается в этом состоянии.

c) *Состояние ожидания измерения дальности 2 (O3)*

Если необходимо, то выполняется процедура установки оптической мощности ONU. Механизм двоичного дерева может быть применен для установки оптической мощности ONU.

Никакая ячейка PLOAM не может быть передана в ответ на право доступа измерения дальности.

d) *Состояние ожидания измерения дальности 3 (O4)*

Если необходимо, то выполняется процедура установки оптической мощности ONU. Механизм двоичного дерева может быть применен для установки оптической мощности ONU.

Ячейка PLOAM может быть передана в ответ на право доступа измерения дальности.

e) *Состояние ожидания работы 1 (O5)*

Состояние выявления `PON_ID`. Механизм двоичного дерева применим для выявления порядковых номеров.

Никакая ячейка PLOAM не может быть передана в ответ на право доступа измерения дальности.

- f) *Состояние ожидания работы 2 (O6)*  
Состояние накопления PONJTO. Механизм двоичного дерева применим для накопления порядковых номеров.  
Ячейка PLOAM с сообщением Serial\_number\_ONU должна быть передана в ответ на право доступа измерения дальности.
- g) *Состояние ожидания работы 3 (O7)*  
Состояние выполненного измерения задержки.  
Ячейка PLOAM с сообщением Serial\_number\_ONU должна быть передана в ответ на право доступа PLOAM.
- h) *Состояние работы (O8)*  
Equalization\_delay обновляется по получении сообщения Ranging\_time.
- i) *Состояние экстренной остановки (O9)*  
Состояние экстренной остановки после получения сообщения Disable\_serial\_jmumber с согласованным Serial\_number и полем разрешения FFh.  
Никакая ячейка PLOAM не может быть передана в ответ на право доступа измерения дальности. Если ONU входит в это состояние, то этот ONU не должен выводиться из этого состояния любым из других событий, представленных в таблице 18, таких как сообщение DeactivateJPON\_ID или LOS и т. д. и/или отключение питания ONU.  
Только если сообщение Desable\_serial\_number получено с согласованным Serial\_number и с полем разблокирования 00h или полем разблокирования 0Fh, независимо от Serial\_number, то тогда происходит переход состояния в O1.
- j) *Состояние POPUP (O10)*  
ONU входит в это состояние после обнаружения LOS, LCD, OAML или FRML в состоянии работы (O8). Если получено сообщение POPUP, ONU восстанавливает установки лазера, Upstream\_overhead, поля LCF и RXCF, предопределенную задержку выравнивания Те, PON\_ID и Grant\_allocations. Переход в O7 происходит после установки таймера TO1 на запуск.

#### **8.4.4.2.2 Спецификация поведения в ONU**

Диаграмма состояний в таблице 18 используется для описания функционального поведения в ONU. В первом столбце таблицы 18 указаны генерированные события, включая прием сообщений, а в первой строке указаны состояния в ONU.

Таблица 18/G.983.1 – Диаграмма состояний ONU

	Исходное состояние (O1)	Состояние ожидания измерения дальности 1 (O2)	Состояние ожидания измерения дальности 2 (O3)	Состояние ожидания измерения дальности 3 (O4)	Состояние ожидания работы 1 (O5)
Сообщение Upstream_overhead	–	выделит служебную нагрузку установить predetermined задержку T <sub>e</sub> ⇒ O3	–	–	–
Завершение установки оптической мощности	–	–	– запуск таймера TO1 ⇒ O5	– запуск таймера TO1 ⇒ O5	–
Сообщение Serial_number_mask	–	–	согласовывать SN (достоверные биты)? ⇒ O4	согласовывать SN (достоверные биты)? ⇒ O3	согласовывать SN (достоверные биты)? ⇒ O6
Сообщение Assign_PON_ID	–	–	–	–	согласовывать SN? – назначить PON_ID
Сообщение Grant_allocation	–	–	–	–	согласовывать PON_ID? – присвоить право доступа данных/PLOAM ⇒ O7
Сообщение POPUP	–	–	–	–	–
истечение времени таймера TO2	–	–	–	–	–
истечение времени таймера TO1	–	–	–	–	⇒ O3 (аварийный SUF)
Сообщение Ranging_time	–	–	–	–	–
право доступа данных	–	–	–	–	–
право доступа PLOAM	–	–	–	–	–
право доступа измерения дальности	–	–	–	Послать ячейку PLOAM	–
Сообщение Deactivate_PON_ID <sup>a)</sup>	–	–	согласовывать PON_ID? ⇒ O2	согласовывать PON_ID? ⇒ O2	согласовывать PON_ID? – остановить таймер TO1 ⇒ O2
Сообщение Disable_serial_number	–	согласовывать SN и позволить = FFh? ⇒ O9	согласовывать SN и позволить = FFh? ⇒ O9	согласовывать SN и позволить = FFh? ⇒ O9	согласовывать SN и позволить = FFh? – остановить таймер TO1 ⇒ O9
обнаружить LOS или LCD, или OAML или FRML	–	⇒ O1	⇒ O1	⇒ O1	Остановить таймер TO1 stop ⇒ O1
отменить LOS и LCD, и OAML, и FRML	⇒ O2	–	–	–	–

Таблица 18/G.983.1 – Диаграмма состояний ONU

	Состояние ожидания работы 2 (O6)	Состояние ожидания работы 3 (O7)	Состояние работы (O8)	Состояние экстренной остановки 1 (O9)	Состояние POPUP (O10)
Сообщение Upstream_overhead	–	–	–	–	–
Завершение установки оптической мощности	–	–	–	–	–
Сообщение Serial_number_mask	не согласовывать SN (достоверные биты)? ⇒ O5	–	–	–	–
Сообщение Assign_PON_ID	согласовать SN? – присвоить PON_ID	–	–	–	–
Сообщение Grant_allocation	согласовать PON_ID? – присвоить право доступа данных/PLOAM ⇒ O7	–	–	–	–
Сообщение POPUP	–	–	–	–	Восстановить установки лазера, Upstream_overhead, LCF и RXCF поля, Te, PON_ID, и Grant allocation, запуск таймера TO1 ⇒ O7
истечение времени таймера TO2	–	–	–	–	⇒ O1
истечение времени таймера TO1	⇒ O3 (аварийный сигнал SUF)	⇒ O3 (аварийный сигнал SUF)	–	–	–
Сообщение Ranging_time	–	согласовать PON_ID? – остановка таймера TO1 – установить задержку выравнивания ⇒ O8	согласовывать PON_ID? – обновить задержку выравнивания	–	–
право доступа данных	–	–	послать ячейку ATM	–	–
право доступа PLOAM	–	послать ячейку PLOAM	послать ячейку PLOAM	–	–
право доступа измерения дальности	послать ячейку PLOAM	–	–	–	–
Сообщение Deactivate_PON_ID <sup>a)</sup>	согласовывать PON_ID? – остановка таймера TO1 ⇒ O2	согласовывать PON_ID? – остановка таймера TO1 ⇒ O2	согласовывать PON_ID? ⇒ O2	–	–

Таблица 18/G.983.1 – Диаграмма состояний ONU

	Состояние ожидания работы 2 (O6)	Состояние ожидания работы 3 (O7)	Состояние работы (O8)	Состояние экстренной остановки 1 (O9)	Состояние POPUP (O10)
Сообщение Disable_serial_number	согласовать SN и позволить = FFh? – остановка таймера TO1 ⇒ O9	согласовать SN и позволить = FFh? – остановка таймера TO1 ⇒ O9	согласовать SN и позволить = FFh? ⇒ O9	согласовать SN и позволить = 00h? или позволить = 0Fh и несоответствующий SN ⇒ O1	–
обнаружить LOS или LCD, или OAML, или FRML	остановка таймера TO1 ⇒ O1	остановка таймера TO1 ⇒ O1	Запустить таймер TO2 ⇒ O10	–	⇒ O10
отменить LOS и LCD, и OAML, и FRML	–	–	–	–	–
<p>– ONU покинет состояние работы, если происходит отказ или отключение питания ONU. В этой диаграмме состояний учитываются только сигналы технического обслуживания LOS, LCD, OAML, и FRML.</p> <p>– "-" означает отсутствие операции для соответствующего события.</p> <p>– Ячейка PLOAM в состоянии O6 или O7 должны передаваться сообщением Serial_number_ONU с предопределенной задержкой Te, а в состоянии O4 она должна передаваться с предопределенной задержкой Te.</p> <p>– PON_ID и Grant allocation должны быть отменены или аннулированы при возникновении переходов состояний O1, O2, O3 и O9, а предопределенная задержка Te должна быть отменена при переходах в состояния O1 и O2.</p> <p><sup>a)</sup> Событие приема циркулярного сообщения Deactivate_PON_ID (35-й октет PON_ID = 40h) также допускается.</p>					

#### 8.4.4.2.1 Прием сообщений

Сообщения, передаваемые в ячейках PLOAM от OLT, должны быть защищены с помощью CRC, а событие приема сообщения должно создаваться, если проверка CRC является правильной. В случаях а), с), d) и е), ниже, эти сообщения посылаются трижды с тем, чтобы гарантировать правильный прием в ONU. В этих случаях событие приема сообщения создается после правильного, хотя бы однократного, приема сообщения.

a) *Событие приема сообщения Upstream\_overhead*

Это событие возникает только в состоянии ожидания Измерения дальности 1. После успешного приема сообщения Upstream\_overhead происходит переход состояния ONU в состояние ожидания измерения дальности 2.

b) *Событие приема сообщения Serial\_number\_mask*

Это событие обрабатывается в состоянии ожидания измерения дальности 2, состоянии ожидания измерения дальности 3, состоянии ожидания работы 1 и состоянии ожидания работы 2.

В состоянии ожидания измерения дальности 2 и состоянии ожидания измерения дальности 3:

Когда достоверный порядковый номер согласуется с собственным порядковым номером, то состояние ONU подвергается переходу в состояние ожидания измерения дальности 3. Если достоверный порядковый номер не соответствует собственному порядковому номеру, то происходит переход в состояние ожидания измерения дальности 2.

В состоянии ожидания работы 1 и состоянии ожидания работы 2:

Когда достоверный порядковый номер согласуется с собственным порядковым номером, то состояние ONU подвергается переходу в состояние ожидания работы 2. Если достоверный порядковый номер не согласуется с собственным порядковым номером, то происходит переход в состояние ожидания работы 1.

c) *Событие приема сообщения Assign\_PON\_ID*

Это событие обрабатывается только в состоянии ожидания работы 1 и в состоянии ожидания работы 2.

Если порядковый номер в сообщении Assign\_PON\_ID согласуется с его собственным порядковым номером, то он воспринимается.

d) *Событие приема сообщения Grant\_allocation*

Если PON\_ID в сообщении Grant\_allocation согласуется с его собственным PON\_ID, то назначается право доступа данных и право доступа PLOAM для ONU, и затем состояние ONU устанавливается в состояние ожидания работы 3.

e) *Событие приема сообщения Ranging\_time*

Это событие обрабатывается только в состоянии ожидания работы 3 и в состоянии работы, если PON\_ID согласуется с собственным PON\_ID.

Equalization\_delay принимается в сообщении Ranging\_time и используется equalization\_delay Td, определенная в 8.4.2.3.

(В состоянии ожидания работы 3)

Equalization\_delay установлена, а состояние ONU установлено в состояние работы.

(В состоянии работы)

Equalization\_delay обновлена.

f) *Событие приема сообщения Deactivate\_PON\_ID*

Если PON\_ID согласуется с собственным PON\_ID, то состояние ONU подвергается переходу в состояние ожидания измерения дальности 1. Применяется также циркулярное сообщение Deactivate PON\_ID.

g) *Событие приема сообщения Disable\_serial\_number*

Если порядковый номер (64 бита) согласуется с собственным порядковым номером, а 37-й октет Enable в этом сообщении равен FFh, то состояние ONU подвергается переходу в состояние экстренной остановки.

Если порядковый номер (64 бита) согласуется с собственным порядковым номером, а 37-й октет Enable в этом сообщении равен 00h, или же если поле Enable равно 0Fh независимо от порядкового номера, то состояние ONU подвергается переходу из состояния экстренной остановки в исходное состояние (O1).

h) *Событие приема сообщения POPUP*

Это событие происходит только в состоянии POPUP (O10). При получении сообщения POPUP, ONU восстанавливает установки лазера, Upstream\_overhead, поля LCF и RXCF, обусловленную задержку выравнивания Te, PON\_ID и Grant\_allocations. Запускается таймер TO1, затем происходит переход в состояние O7.

#### 8.4.4.2.2 Прием права доступа

Право доступа данных обрабатывается только в состоянии работы, затем ячейка ATM передается к OLT. Ячейка PLOAM передается к OLT в ответ на право доступа PLOAM в состоянии ожидания работы 3 и в состоянии работы. Ячейка PLOAM, передаваемая в состоянии ожидания работы 3, должна включать сообщение Serial\_number\_ONU для подтверждения ячейки измерения дальности в ответ на право доступа PLOAM.

Право доступа измерения дальности действительно только в состоянии ожидания Измерения дальности 3 и состоянии ожидания работы 2. В состоянии ожидания измерения дальности 3, ONU посылает ячейку PLOAM в соответствии с приемом права доступа измерения дальности. Эта ячейка PLOAM может быть передана ONU неправильно во время установки лазера. В состоянии ожидания работы 2 ONU посылает ячейку PLOAM в назначенное время в соответствии с правами доступа измерения дальности. Эта ячейка PLOAM должна быть передана с сообщением Serial\_number\_ONU для восприятия OLT порядковых номеров.

#### 8.4.4.2.3 Другие события

a) *Завершение установки оптической мощности*

Это событие генерируется в состоянии ожидания измерения дальности 2 и состоянии ожидания Измерения дальности 3 только при завершении установки оптической мощности ONU. Это событие вызывает переход в состояние ожидания работы 1 после установки запуска таймера TO1. Передаваемые в состоянии ожидания измерения дальности 3 ячейки PLOAM используются только для установки оптической мощности ONU в соответствии с приемом права доступа измерения дальности, если это необходимо. Если не требуется установка оптической мощности, то ONU в состоянии ожидания измерения дальности 1 (O2) выделит значение служебной нагрузки и значение предопределенной задержки из сообщения Upstream\_overhead, перейдет в состояние ожидания измерения дальности 2 (O3), а затем немедленно создаст событие завершения установки оптической мощности и перейдет в состояние ожидания работы 1 (O5).

b) *Истечение времени таймера TO1*

Это событие генерируется, когда процедура измерения дальности не завершена в течение определенного периода времени. Это событие создает переход состояния в состояние ожидания измерения дальности 2.

Значение TO1 составляет 10 секунд.

c) *Обнаружение LOS, LCD, OAML или FRML*

Это событие вызывает переход состояния ONU в исходное состояние (O1), за исключением тех случаев, когда ONU находится в состоянии работы (O8).

В состоянии работы (O8) это событие вызывает переход состояния ONU в состояние POPUP (O10) после установки запуска таймера TO2.

d) *Отмена LOS, LCD, OAML и FRML*

Это событие вызывает переход состояния ONU из исходного состояния в состояние ожидания измерения дальности 1.

e) *Истечение таймера TO2*

Это событие генерируется, если сообщение POPUP не получено в состоянии POPUP в течение определенного периода времени. Это событие вырабатывает переход состояния в исходное состояние (O1).

Значение TO2 составляет 100 мс.

#### 8.4.4.3 Процедура измерения дальности в OLT

Процедура измерения дальности обусловлена функциональным поведением в виртуально определенных состояниях и переходом состояний, как показано ниже.

Примерный поток данных измерения дальности в OLT описан в подразделе III.2.

##### 8.4.4.3.1 Состояния в OLT

Функции OLT для процедуры измерения дальности могут быть разделены на Common-part (общую часть) и Individual-ONU-dealing-part(n) (часть, относящуюся к отдельным ONU(n)), где n соответствует каждому ONU. Common-part обрабатывает общую функцию в одном линейном интерфейсе, а Individual-ONU-dealing-part(n) обрабатывает каждый ONU, обеспечиваемый в одном линейном интерфейсе. Каждое состояние обеих частей соответственно описано далее, соответственно, включая поведение каждого.

##### 8.4.4.3.2 Спецификация поведения в OLT

###### 8.4.4.3.2.1 Поведение Common-part

Диаграмма состояний, используемая для описания функционального поведения в Common-part, представлена в таблице 19. Первый столбец в таблице 19 указывает создаваемые события, а первая строка указывает состояния в Common-part.

Таблица 19/G. 983.1 – Диаграмма состояний для Common-part в OLT

	Состояние ожидания измерения задержки/состояние выполнения (OLT-COM1)	Состояние восприятия порядковых номеров (SN) (OLT-COM2)
Запрос восприятия SN	⇒ OLT-COM2	–
Прием достоверной PLOAM в окне	(Примечание)	Извлечь SN распределить свободное n распределить свободный PON-ID
Конец поиска по двоичному дереву	–	⇒ OLT-COM1
Не-[Условия измерения задержки выполнены (n)]	Обновить n	–
Условия измерения задержки выполнены (n)	Команда запуска измерения задержки (n)	–
ПРИМЕЧАНИЕ. – Измерение задержки (Measure Td) может быть выполнено или в OLT Common-part или в Individual-ONU-dealing-part. Следовательно, эта диаграмма не определяет явно эту функцию.		

Состояния определены как:

- состояние ожидания измерения задержки/состояние выполнения (OLT-COM1);
- состояние восприятия последовательных номеров (SN) (OLT-COM2).

События определяются следующим образом:

- a) Получена достоверная PLOAM в окне.
- b) Конец поиска двоичного дерева.
- c) Условия измерения задержки выполнены (n).  
Это событие создается, если n-ная Individual-ONU-dealing-part(n) готова к измерению задержки.
- d) Не-[Условия измерения задержки выполнены (n)]. Нотификация конца измерения задержки (n).  
Это событие генерируется для удобства, если n-ая Individual-ONU-dealing-part(n) завершила, успешно или безуспешно, измерение задержки. Описываемое событие приемлемо для последовательного измерения дальности в качестве запускающего обновления количества "n" ONU, подвергшихся измерению дальности, но не может использоваться в качестве запускающего обновление для параллельного измерения дальности. Соответственно, это событие не определено явно в диаграмме состояний.
- e) Запрос восприятия SN.

#### 8.4.4.3.2.2 Поведение Individual-ONU-dealing-part

Диаграмма состояний, используемая для описания функционального поведения в Individual-ONU-dealing-part(n), представлена в таблице 20. Первый столбец в таблице 20 указывает генерируемые события, а первая строка указывает состояния в Individual-ONU-dealing-part(n).

**Таблица 20/G.983.1 – Диаграмма состояний для Individual-ONU-dealing-part(n) в OLT**

	Исходное состояние (OLT-IDV1)	Состояние измерения задержки (OLT-IDV2)	Состояние работы (OLT-IDV3)
Команда запуска измерения задержки (n)	⇒ OLT-IDV2	–	–
Завершение измерения задержки (n)	–	Послать трижды Ranging_time. Уведомление конца измерения задержки (n). ⇒ OLT-IDV3	–
Аварийная остановка измерения задержки (n)	–	Послать трижды сообщение Deactivate_PON_ID. Нотификация конца измерения задержки (n). ⇒ OLT-IDV1	–
Обнаружить LOSi(n), SPEi(n), LCDi(n), OAMLi(n), LOAi(n), или R-INHi(n)	–	–	⇒ OLT-IDV1
ПРИМЕЧАНИЕ. – Нотификация конца измерения задержки (n) определяется явно, но это событие описано только для удобства. Следовательно, это событие должно считаться информативным.			

Состояния определяются как:

- исходное состояние (OLT-IDV1);
- состояние ожидания команды запуска измерения задержки;
- состояние измерения задержки (OLT-IDV2);
- состояние работы (OLT-IDV3).

События определяются следующим образом:

a) *Команда запуска (n) измерения задержки*

Это событие генерируется, если принята команда из Common-part.

b) *Завершение измерения задержки (n)*

Это событие генерируется, если было успешно выполнено измерение задержки.

После того, как сообщение Ranging\_time, содержащее equalization\_delay, было трижды послано к назначенному ONU, для удобства выдается нотификация конца измерения задержки (n) к Common\_part OLT, затем происходит переход состояния в состояние работы (OLT-IDV3).

c) *Аварийная остановка измерения задержки (n)*

Это событие генерируется при отказе измерения задержки.

После того, как сообщение Deactivate\_PON\_ID было трижды послано к назначенному ONU, для удобства выдается нотификация конца измерения задержки (n) к Common-part OLT, затем происходит переход состояния в исходное состояние (OLT-IDV1).

d) *Обнаружение LOSi(n), CPEi(n), LCDi(n), OAMLi(n) или R-INHi(n)*

Это событие вызывает переход состояния в исходное состояние (OLT-IDV1).

#### 8.4.4.3.3 Процедура для equalization\_delay

Equalization\_delay (Td) должна определяться как описано в 8.4.2.3. Определенные биты в поле сообщения Ranging\_time в нисходящей ячейке PLGAM устанавливаются в значение этой equalization\_delay и это передается к ONU.

Успешное измерение equalization\_delay указывается, если соблюдены все следующие условия:

- 1) достоверная ячейка PLOAM обнаружена в окне измерения дальности;
- 2) сообщение Serial\_number\_ONU в ячейке PLOAM согласуется с порядковым номером адресуемого ONU;
- 3) измеряемая Td меньше или равна определенной величине (например, 79 ячеек);
- 4) фаза накопления ONU отличается менее чем на  $\pm 2$  бита или равно  $\pm 2$  бита, по сравнению с фазой эталонной ячейки.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Эталонная ячейка определяется следующим образом:

- Первая фаза накопления не имеет эталонной ячейки, следовательно, измерение equalization\_delay считается изначально успешным, если первая принятая ячейка PLOAM удовлетворяет всем вышеуказанным условиям (1–3). Первая фаза захвата считается эталонной фазой для следующей принятой ячейки PLOAM. Эталонная ячейка обновляется каждый раз, когда OLT принимает новую достоверную ячейку PLOAM, которая удовлетворяет вышеуказанным условиям (1–3), независимо от соблюдения условия 4).

Процедура измерения задержки включает ряд измерений и считается завершенной по выполнении двух успешных (S) или двух неудачных (F) измерений. Выполнение ее S (=2) раз указывает на успешное измерение equalization\_delay, и это генерирует событие завершения измерения Задержки.

Напротив, F(=2) указывает на отказ при измерении equalization\_delay, это означает, что не были соблюдены условия для успешного измерения equalization\_delay, что генерирует событие аварийной остановки измерения задержки. При необходимости, время отказов может не включать время установки пороговых значений в приемнике OLT.

Метод расчета и передачи equalization\_delay следующий:

Когда происходит событие завершения измерения задержки, то самое последнее успешное значение equalization\_delay и значение equalization\_delay его эталонной ячейки усредняются, а дробные части бита не учитываются. Это усредненное значение передается к ONU как equalization\_delay.

#### 8.4.4.3.4 Контроль фазы и обновление equalization\_delay

Во время активности ONU, фаза принятой в OLT ячейки непрерывно проверяется с тем, чтобы предупредить коллизии с соседними ячейками. Джиттер, создаваемый задающим генератором OLT, компенсируется с помощью метода выравнивания фазы синхронизации. Блуждание (wander), вызываемое изменением температуры, заставляет восходящую ячейку ONU смещаться по направлению к предыдущей или последующей ячейке.

Фазы ячеек, поступающих в OLT, через определенный временной период, усредняются с соответствующей выборкой ячеек для каждого ONU, а обновленная equalization\_delay посылается через сообщение Ranging\_time к тому ONU, который будет регулировать equalization\_delay. Это сообщение Ranging\_time должно быть передано, по крайней мере, один раз в течение определенного максимального периода времени.

Если OLT обнаруживает, что ONU не отрегулировал свою equalization\_delay после определенной выдержки времени, или же, если OLT обнаруживает погрешность по фазе ячейки в определенный промежуток времени, то OLT несколько раз посылает обновленную equalization\_delay. В случае неудачи (CPEi) OLT трижды посылает сообщение Deactivate\_PON\_ID. Если ONU не реагирует на это сообщение, то оператор информируется об этой аномалии. Если ONU заблокирован, то прием права доступа для этого ONU приостанавливается. Оператор информируется об этом действии. Оператор может решить вывести этот ONU из эксплуатации или же повторить полную процедуру измерения дальности.

#### 8.4.5 Требования ко времени измерения дальности

Время измерения дальности должно удовлетворять нижеследующему.

Таблица 21/G.983.1 – Требования ко времени измерения дальности

Параметр	Состояние PON (Примечание 1)	Состояние ONU (Примечание 1)	Метод	Количество ONU	Требование
1	неактивная	неактивная	A	каждый ONU	2 с
2	неактивная	неактивная	B	каждый ONU	10 с
3	активная	неактивная	A	1	1 с
4	активная	неактивная	B	1	3 с
5	активная	неактивная	A/B	31	93 с
6 (Прим. 2)	активная	активная	A	16	100 мс
7 (Прим. 3)	переключение	активная	Обратитесь к 8.3.9.		

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – За пояснением состояний PON и ONU обратитесь к 8.4.1.2.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Требование к параметру 6 может быть необязательным, но необходимо предусмотреть его возможность.

Это требование может обеспечиваться возможностью запрограммировать частоту открывания окон, к примеру, каждую миллисекунду, как указано в 8.4.1.1. Это может вызвать некоторое ухудшение QoS трафика.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Требования ко времени измерения дальности в условиях переключения здесь не определены.

Весь процесс переключения должен быть завершен в пределах времени, указанного в 8.3.9.

#### 8.4.6 Обычная последовательность измерения дальности

Диаграмма, приведенная на рисунке 31, иллюстрирует обычный обмен сообщениями между OLT и ONU в процессе измерения дальности.

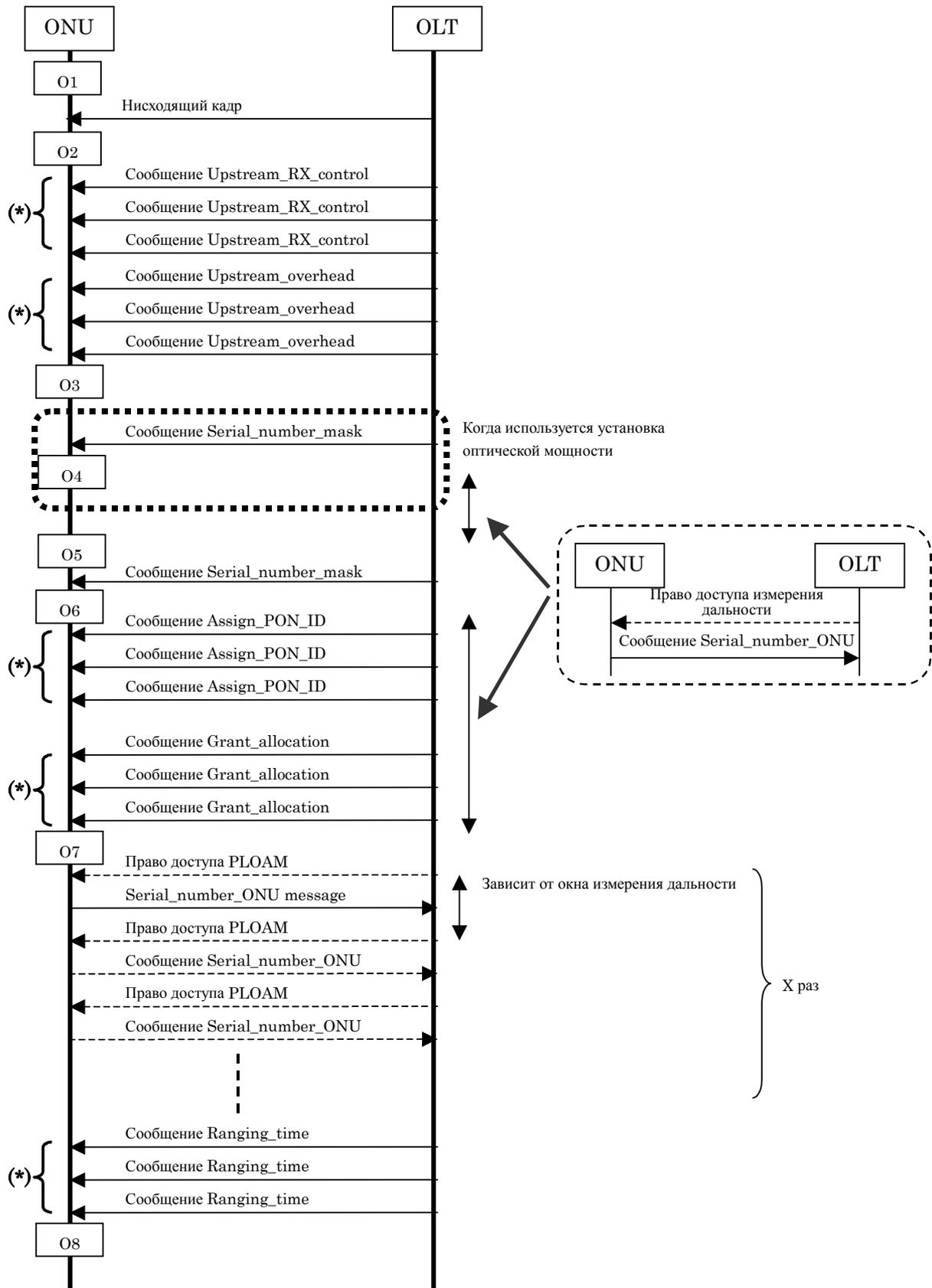


Рисунок 31/G.983.1 – Последовательность сообщений измерения дальности

### Примечания к рисунку 31:

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Определено, что время обработки каждого сообщения PLOAM в ONU находится в пределах 6 кадровых периодов ( $6 \cdot T_{frame}$ ). ONU может получать сообщения PLOAM от OLT в любой интервал.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Имеются два способа завершения установки оптической мощности. Один из них состоит в том, что ONU в состоянии O3 сам завершает установку оптической мощности, а другой состоит в том, что ONU в состоянии O4 получает несколько прав доступа измерения дальности и посылает несколько восходящих ячеек PLOAM. В последнем случае OLT должно заранее знать, сколько раз и когда посылаются права доступа измерения дальности. Эти величины связаны со временем измерения дальности и числом окон измерения дальности. Следовательно, способ завершения установки оптической мощности должен выбираться операторами в соответствии с их требованиями к услугам.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В состояниях O4 и O6, если OLT предоставляет права доступа измерения дальности ONU, последний должен направить OLT сообщение Serial\_number\_ONU.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – ONU может перейти к следующему действию, когда он получит по крайней мере одно сообщение в трех последовательных сообщениях, помеченных "звездочкой" (\*). Детализированные операции включают следующее:

- ONU может перейти в состояние O3 из состояния O2, когда получит по крайней мере одно сообщение Upstream\_overhead.
- ONU может получить сообщения Grant\_allocation, когда он получит по крайней мере одно сообщение Assigned\_PON\_ID.
- ONU может перейти в состояние O7 из состояния O6, когда он получит по крайней мере одно сообщение Grant\_allocation.
- ONU может перейти в состояние O8 из состояния O7, когда он получит по крайней мере одно сообщение Ranging\_time.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Если OLT собирается использовать поле Rx\_control, оно должно послать OLT сообщение Upstream\_RX\_control, прежде чем предпринимать попытку использования этой возможности.

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – Сообщения Serial\_number\_ONU передаются элементом ONU X раз в соответствии с правами доступа PLOAM в состоянии O7. X определяется реализацией OLT.

## 9 Функциональные возможности эксплуатации, административного управления и технического обслуживания.

Использовалась структура, состоящая из двух осей, согласно которым можно классифицировать функции OAM. Первая ось включает функциональную подсистему OAN, к которой относятся функции OAM. Вторая ось является функциональной категорией OAM.

Следующие функциональные подсистемы выполняют требования OAM:

- 1) оборудование (корпус и питание);
- 2) передача;
- 3) оптическая подсистема;
- 4) подсистема обслуживания.

Исходя из функциональной категории, требования OAM могут быть распределены на пять категорий согласно Рекомендации МСЭ-Т М.3010:

- a) управление конфигурацией;
- b) управление эксплуатационным качеством;
- c) управление устранением неисправности;
- d) управление защитой;
- e) управление учетом: вне области рассмотрения.

За дальнейшей информацией обратитесь к Рекомендации МСЭ-Т G.982/Приложение III.

## 10 Эксплуатационное качество

Среднее время задержки сигнала при передаче между T-V (или a-V) должно составлять менее 1,5 мс, как определено в Рекомендации МСЭ-Т G.982. Значение 1,5 мс является ориентировочным для телефонии.

Измерения задержки ячеек ATM на уровне ATM определяется эксплуатационным качеством ATM, Рекомендация МСЭ-Т I.356.

## 11 Условия окружающей среды

Рекомендуются условия МЭК 60721-3-3.

Рекомендуются условия МЭК 60801-2 и 60801-3 по электромагнитной совместимости.

Примерные условия окружающей среды, в плане температуры и относительной влажности для OLT и ONU, описаны в таблице 22. Другие условия окружающей среды, такие как загрязнители окружающей среды и химикалии, подлежат дальнейшему изучению.

Таблица 22/G.983.1 – Примеры условий окружающей среды

Используемые примеры	Температура (С)		Относительная влажность (%)		Замечания
	Обычно	Кратковременно	Обычно	Кратковременно	
OLT	от 5 до 40	от 0 до 50 (Примечание)	от 5 до 85	от 5 до 90 (Примечание)	МЭК 60721-3-3 класс 3к3
Внутренний ONU	от -5 до 45	–	от 5 до 95	–	МЭК 60721-3-3 класс 3к5
Наружный ONU	–	–	–	–	Для дальнейшего изучения

ПРИМЕЧАНИЕ. – Опция 1: "Кратковременно" касается временного периода не более чем в 72 последовательных часа и, в целом, не более 15 дней за год.

Вариант 2: "Кратковременно" относится к временному периоду не более 12 последовательных часов и, в целом, не более 4 дней за год.

## 12 Безопасность

### 12.1 Электрическая безопасность и защита

Аспекты электрической безопасности оборудования ATM-PON подлежат дальнейшему изучению.

### 12.2 Оптическая безопасность и защита

Уровни оптической мощности приемника ONU не должны превышать Класса 1, как определено в МЭК 60825-1 (1993).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Оптическое отключение ONU в целях безопасности не требуется. Разъединение линии в восходящем направлении, вызванное извлечением оптического соединителя или состоянием отказа, может не приводить к отключению лазера. Отключение приемника ONU может быть, кроме того, результатом операции уровня ТС.

## Приложение 1

### Необязательные случаи остаточного минимального ORL сети ODN в $O_{ru}$ , $O_{rd}$ , $O_{ld}$ и $O_{lu}$

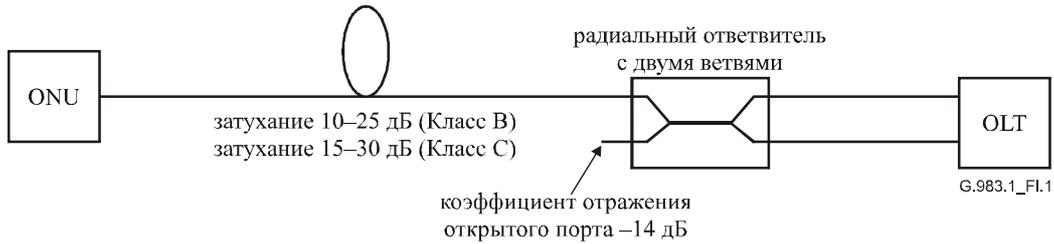
#### I.1 Введение

В 8.2.7.2 минимальное ORL сети ODN в  $O_{ru}$ ,  $O_{rd}$ ,  $O_{ld}$  и  $O_{lu}$  определено как лучшее, чем 32 дБ. В этом приложении описаны примеры для ORL, которое стало менее 32 дБ.

#### I.2 Воздействие открытых соединителей, размещенных на стороне ONU радиального ответвителя

В случае, если все порты радиального ответвителя загружены, минимальное ORL в ODN должно быть лучше, чем 32 дБ, но в случае, если все порты радиального ответвителя не загружены, то минимальное ORL в ODN не должно быть лучше, чем 32 дБ. Как показано на рисунке I.1, если оптоволокно между

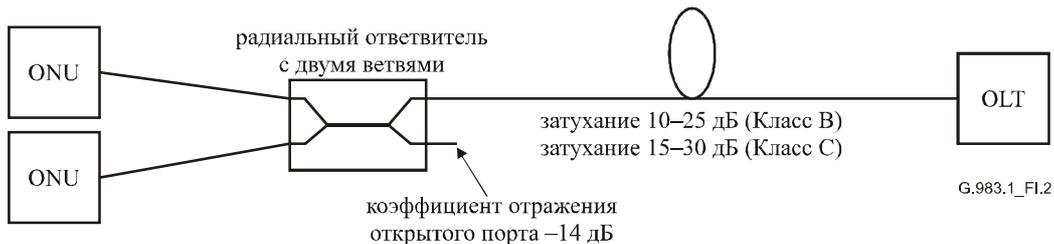
OLT и радиальным ответвителем защищено, и один порт в радиальном ответвителе с двумя ветвями не загружен, при условии, что коэффициент отражения этого порта составляет  $-14$  дБ, а двустороннее оптическое затухание в радиальном ответвителе составляет  $-6$  дБ, то ORL сети ODN, с точки зрения OLT, составляет  $-(-14 - 6) = 20$  дБ.



**Рисунок I.1/G.983.1 – Воздействие открытых соединителей, размещенных на стороне ONU радиального ответвителя**

### I.3 Воздействие открытых соединителей, размещенных на стороне OLT радиального разветвителя

Как показано на рисунке I.2, если один порт в радиальном ответвителе с двумя ветвями не загружен при условии, что коэффициент отражения порта составляет  $-14$  дБ, а двустороннее оптическое затухание в радиальном ответвителе составляет  $-6$  дБ, то ORL сети ODN, с точки зрения ONU, составляет  $-(-14 - 6) = 20$  дБ.

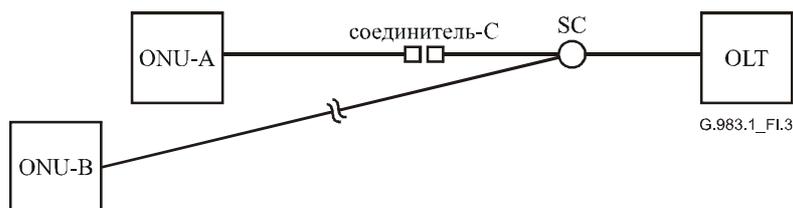


**Рисунок I.2/G.983.1 – Воздействие открытых соединителей, размещенных на стороне OLT радиального ответвителя**

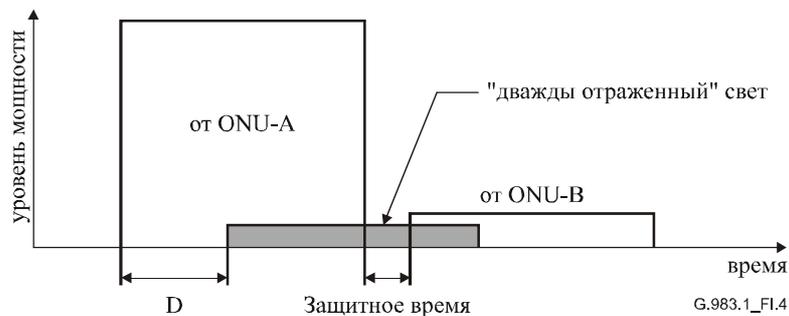
Особенно в случае FTTH многие соединители размещены возле ONU. В этом случае, эти 20 дБ соответствуют коэффициенту отражения четырех соединителей PC, коэффициент отражения которых составляет  $-25$  дБ для каждого соединителя.

### I.4 Воздействие разъединения соединителя возле ONU

ПРИМЕЧАНИЕ. – На рисунке I.3 соединитель-С разъединяется при действующем ONU-A, размещенном возле OLT, и появляется очень узкий промежуток. В этом случае, оптический сигнал от ONU-A отражается в соединителе-С, однако передача оптического сигнала как в восходящем, так и в нисходящем направлении не прерывается. Отраженный свет возвращается в ONU-A и снова отражается в ONU-A. Этот "дважды отраженный" сигнал может перекрывать импульсный сигнал от ONU-B. На рисунке I.4 показано это перекрытие сигналов.



**Рисунок I.3/G.983.1 – Воздействие разъединения соединителя возле ONU**



D Время двустороннего обращения (сигнала) между ONU-A и соединителем-C.

Рисунок I.4/G.983.1 – Перекрывание импульсного сигнала и отраженного света

## Приложение II

### Воздействие затухания оптического отражения ODN

#### II.1 Введение

Каждая модель сети имеет свое собственное затухание оптического отражения (ORL) в сети ODN, а PON чувствительна к ORL сети ODN. В этом приложении описывается соотношение между некоторыми рассматриваемыми типами отражения, развязка ONU и OLT по WDM, коэффициент отражения приемной и передающей аппаратуры ONU в каждом случае, когда ORL сети ODN составляет 32 дБ и 20 дБ.

При расчете оптических параметров, мы предполагаем, что коэффициент отражения приемной аппаратуры ONU составляет  $-20$  дБ и коэффициент отражения приемной аппаратуры OLT составляет  $-20$  дБ. Описываются уравнения условий и результаты расчетов коэффициента отражения, которые ограничивают параметры.

#### II.2 Затухание оптического отражения ODN 32 дБ

##### II.2.1 Модель отражения, подлежащая рассмотрению

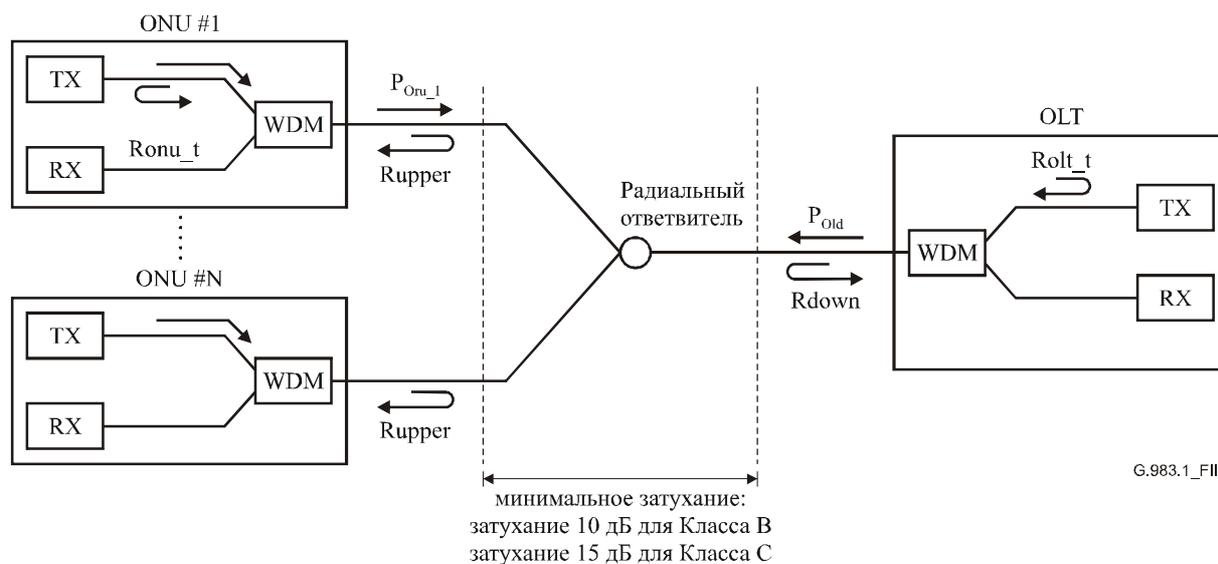


Рисунок II.1/G.983.1 – Модель отражения, подлежащая рассмотрению

В этом Приложении используются следующие обозначения:

$P_{Oru\_n}$	Оптическая выходная мощность передатчика ONU #n в $O_{ru}$
$P_{Old}$	Оптическая выходная мощность передатчика OLT в $O_{ld}$
$R_{onu\_t}$	Коэффициент отражения передающей аппаратуры ONU
$R_{olt\_t}$	Коэффициент отражения передающей аппаратуры OLT
$R_{upper}$	ORL сети ODN в $O_{ru}$ и $O_{rd}$
$R_{down}$	ORL сети ODN в $O_{ld}$ и $O_{lu}$
$I_{olt\_t}$	Развязка по WDM для передатчика OLT
$I_{olt\_r}$	Развязка по WDM для приемника OLT
$I_{onu\_r}$	Развязка по WDM для приемника ONU

Все эти величины в данном приложении рассматриваются как положительные.

### II.2.2 Воздействие отражения в приемник ONU

На рисунке II.2 показан путь рассматриваемого отраженного сигнала. Уравнение А должно удовлетворяться:

$$P_{Oru\_1} - R_{upper} - I_{onu\_r} < (\text{допустимой оптической мощности интерференции}) \quad (\text{Уравнение А})$$

На рисунке II.2 передаваемые от других ONU (#2 – #N) сигналы поступают в ONU # 1. Так как их время передачи отличается от времени ONU # 1, то они не суммируются.

Относительно Класса В, если предположить, что допустимая оптическая мощность интерференции<sup>^</sup> соответствует (минимальной чувствительности –10 дБ), то допустимая оптическая мощность интерференции = –30 дБм – 10 дБ = –40 дБм.

Тогда:

$$+ 2 - 32 - I_{onu\_r} < -40 \quad (\text{II-1})$$

Мы получаем:

$$I_{onu\_r} > 10 \text{ dB} \quad (\text{II-2})$$

Относительно Класса С, если предположить, что допустимая оптическая мощность интерференции соответствует (минимальной чувствительности –10 дБ), то допустимая оптическая мощность интерференции = –30 дБм – 10 дБ = –40 дБм.

Тогда:

$$+ 4 - 32 - I_{onu\_r} < -43 \quad (\text{II-3})$$

Мы получаем:

$$I_{onu\_r} > 15 \text{ dB} \quad (\text{II-4})$$

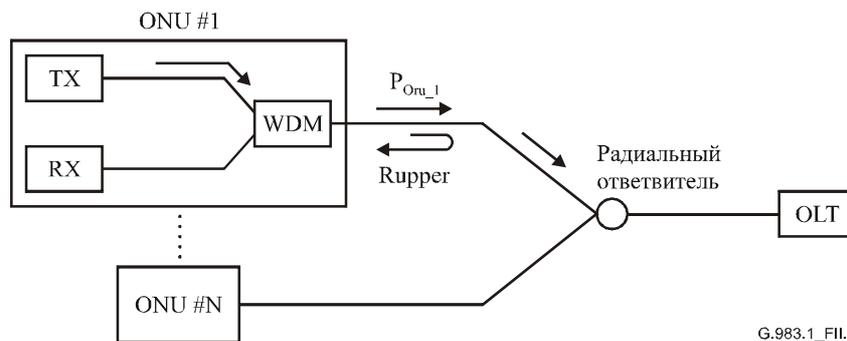


Рисунок II.2/G.983.1 – Модель для поступления сигнала в приемник GNU

### II.2.3 Воздействие отражения в приемник OLT (в области сигнала)

Исследование воздействия отражения в приемник OLT выполняется при двух условиях: первое – отраженный сигнал перекрывает область восходящего импульсного сигнала, второе – отраженный сигнал находится в окне измерения задержки, где нет сигналов.

В области сигнала необходимо рассмотреть следующие три случая.

#### II.2.3.1 Случай 1

На рисунке II.3 показан путь сигналов отражения. Уравнение В должно удовлетворяться :

$$\begin{aligned} & \text{(максимальная разница оптических уровней импульсного сигнала)} - Rupper - Ronu\_t < \\ & \text{(допустимое соотношение оптических мощностей интерференции)} \quad \text{(Уравнение В)} \end{aligned}$$

Предполагая, что допустимое соотношение оптических мощностей интерференции составляет -10 дБ, мы получаем:

$$(15 + 6) - 32 - Ronu\_t < -10 \quad \text{(II-5)}$$

тогда:

$$Ronu\_t > -1 \text{ dB} \quad \text{(II-6)}$$

Следовательно, в этом случае нет необходимости в требованиях к  $Ronu\_t$ .

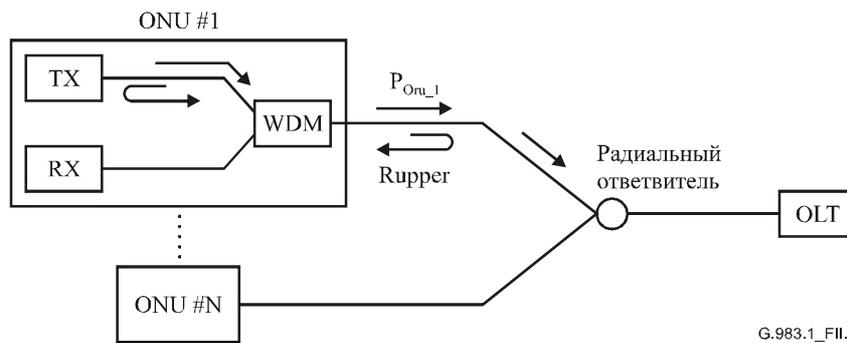


Рисунок II.3/G.983.1 – Модель 1 для поступления сигнала в приемник OLT

#### II.2.3.2 Случай 2

На рисунке II.4 показан путь сигналов отражения. Уравнение С должно удовлетворяться:

$$\begin{aligned} & \text{(максимальная разница оптических уровней импульсного сигнала)} - Rolt\_t - Rdown - Iolt\_t \times 2 < \\ & \text{(допустимая оптическая мощность интерференции)} \quad \text{(Уравнение С)} \end{aligned}$$

$$(15 + 6) - Rolt\_t - 32 - Iolt\_t \times 2 < -10 \quad \text{(II-7)}$$

тогда:

$$Rolt\_t + Iolt\_t \times 2 > -1 \text{ dB} \quad \text{(II-8)}$$

$Rolt\_t$  и  $Iolt\_t$  – положительные числа, и в этом случае нет необходимости в требованиях к  $Rolt\_t$  и  $Iolt\_t$ .

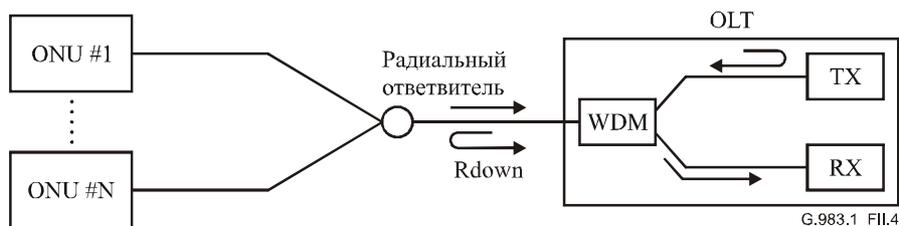


Рисунок П4/G.983.1 – Модель 2 для поступления сигнала в приемник OLT

### П.2.3.3 Случай 3

На рисунке П.5 показан путь сигналов отражения. Уравнение D должно удовлетворяться:

$$P_{Old} - R_{down} - I_{olt\_r} < (\text{допустимая оптическая мощность интерференции}) \quad (\text{Уравнение D})$$

Относительно Класса В, если предположить, что допустимая оптическая мощность интерференции соответствует минимальной чувствительности  $-10$  дБ, то допустимая оптическая мощность интерференции  $= -30$  дБм  $- 10$  дБ  $= -40$  дБм.

Тогда:

$$+ 2 - 32 - I_{olt\_r} < -40 \quad (\text{II-9})$$

Мы получаем:

$$I_{olt\_r} > 10 \text{ dB} \quad (\text{II-10})$$

Относительно Класса С, если предположить, что допустимая оптическая мощность интерференции соответствует минимальной чувствительности  $-10$  дБ, то допустимая оптическая мощность интерференции  $= -33$  дБм  $- 10$  дБ  $= -43$  дБм.

Тогда:

$$+ 4 - 32 - I_{olt\_r} < -43 \quad (\text{II-11})$$

Мы получаем:

$$I_{olt\_r} > 15 \text{ dB} \quad (\text{II-12})$$

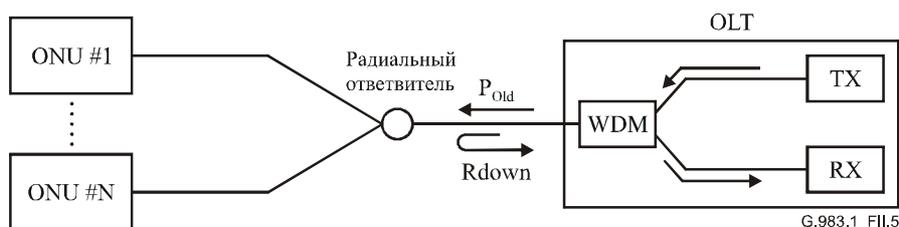


Рисунок П5/G.983.1 – Модель 3 для поступления сигнала в приемник OLT

### П.2.4 Воздействие отражения в приемник OLT (не в области сигнала)

К основным случаям отражения не в области сигнала, подлежащим рассмотрению, относятся следующие два.

#### П.2.4.1 Случай 1

На рисунке П.3 показан путь сигналов отражения. Уравнение E должно удовлетворяться:

$$P_{Oru\_1} - R_{upper} - R_{onu\_t} - (\text{минимальное затухание оптического тракта}) < (\text{уровень определения при отсутствии сигнала}) \quad (\text{Уравнение E})$$

Относительно Класса В, если предположить, что уровень определения при отсутствии сигнала соответствует минимальной чувствительности  $-10$  дБ, то уровень определения при отсутствии сигнала  $= -30$  дБм  $- 10$  дБ  $= -40$  дБм.

Тогда:

$$+ 2 - 32 - Ronu\_t - 10 < -40 \quad (II-13)$$

Мы получаем:

$$Ronu\_t > 0 \text{ dB} \quad (II-14)$$

Соответственно, в этом случае, нет необходимости в требованиях к  $Ronu\_t$ .

Относительно Класса С, если предположить, что уровень определения при отсутствии сигнала соответствует минимальной чувствительности  $-10$  дБ, то уровень определения при отсутствии сигнала  $= -33 \text{ дБм} - 10 \text{ дБ} = -43 \text{ дБм}$ .

Тогда:

$$+ 4 - 32 - Ronu\_t - 15 < -43 \quad (II-15)$$

Мы получаем:

$$Ronu\_t > 0 \text{ dB} \quad (II-16)$$

Соответственно, в этом случае нет необходимости в требовании для  $Ronu\_t$ .

#### II.2.4.2 Случай 2

На рисунке II.5 показан путь стгналов отражения. Уравнение F должно удовлетворяться:

$$P_{Old} - R_{down} - Iolt\_r < (\text{уровень определения при отсутствии сигнала}) \quad (\text{Уравнение F})$$

Относительно Класса В, если предположить, что уровень определения при отсутствии сигнала соответствует минимальной чувствительности  $-10$  дБ, то уровень определения при отсутствии сигнала  $= -33 \text{ дБм} - 10 \text{ дБ} = -43 \text{ дБм}$ .

Тогда:

$$+ 2 - 32 - Iolt\_r < -40 \quad (II-17)$$

Мы получаем:

$$Iolt\_r > 10 \text{ dB} \quad (II-18)$$

Относительно Класса С, если предположить, что уровень определения при отсутствии сигнала соответствует минимальной чувствительности  $-10$  дБ, то уровень определения при отсутствии сигнала  $= -33 \text{ дБм} - 10 \text{ дБ} = -43 \text{ дБм}$ .

Тогда:

$$+ 4 - 32 - Iolt\_r < -43 \quad (II-19)$$

Мы получаем:

$$Iolt\_r > 15 \text{ dB} \quad (II-20)$$

### II.3 Другой случай отражения ODN

Вышеупомянутый метод расчета приемлем в том случае, когда коэффициент отражения составляет  $20$  дБ. В таблице II.1 представлено требование к оптическим параметрам, если минимальное ORL сети ODN составляет  $32$  дБ и  $20$  дБ.

Параметр развязки по WDM - это вопрос реализации, а значения, относящиеся к параметрам развязки по WDM в таблице II.1, даны с целью информации. Это приложение включает коэффициент отражения аппаратуры ONU и OLT. Относительно характеристики WDM, то  $Ronu\_t$  равно коэффициенту отражения ONU, измеренному на длине волны передатчика.

Если ORL сети ODN составляет  $32$  дБ, то коэффициент отражения передатчика ONU должен быть меньше поступающей оптической мощности. Следовательно, он должен составлять  $6$  дБ, что доступно в обычном модуле FP-LD.

В случае, если ORL сети ODN составляет 20 дБ, то коэффициент отражения передающей аппаратуры ONU должен быть меньше 12 дБ.

Как упомянуто выше, максимальный коэффициент отражения передающей аппаратуры ONU является чувствительным к значению ORL сети ODN, которое зависит от сети, построенной телефонной компанией, предоставляющей услуги общего пользования. В случае, когда ORL сети ODN составляет 32 дБ и 20 дБ, применимы значения коэффициента отражения для передатчика ONU в таблице II.1. В других случаях соответствующее значение получается с помощью вышеупомянутого метода расчета.

**Таблица II.1/G.983.1 – Значения для коэффициента отражения передающей аппаратуры ONU**

Мин. ORL сети ODN	Класс	Оптические параметры	Требуемые характеристики					
			A <sup>a)</sup>	B <sup>a)</sup>	C <sup>a)</sup>	D <sup>a)</sup>	E <sup>a)</sup>	F <sup>a)</sup>
32 дБ	B	Развязка по WDM приемника ONU	10 дБ					
		Развязка по WDM передатчика ONU						
		Развязка по WDM приемника OLT				10 дБ		10 дБ
		Развязка по WDM передатчика OLT			NA			
		Коэффициент отражения для передатчика ONU		NA			NA	
	C	Развязка по WDM приемника ONU	15 дБ					
		Развязка по WDM передатчика ONU						
		Развязка по WDM приемника OLT				15 дБ		15 дБ
		Развязка по WDM передатчика OLT			NA			
		Коэффициент отражения для передатчика ONU		NA			NA	
20 дБ	B	Развязка по WDM приемника ONU	22 дБ					
		Развязка по WDM передатчика ONU						
		Развязка по WDM передатчика OLT				22 дБ		22 дБ
		Развязка по WDM передатчика OLT			2,5 дБ			
		Коэффициент отражения для передатчика ONU		11 дБ			12 дБ	
	C	Развязка по WDM приемника ONU	27 дБ					
		Развязка по WDM передатчика ONU						
		Развязка по WDM передатчика OLT				27 дБ		27 дБ
		Развязка по WDM передатчика OLT			2,5 дБ			
		Коэффициент отражения для передатчика ONU		11 дБ			12 дБ	

<sup>a)</sup> A, B, C, D, E и F представляют, соответственно, уравнение A, уравнение B, уравнение C, уравнение D, уравнение E и уравнение F.

## Приложение III

### Диаграммы потока данных измерения дальности

Представленные здесь диаграммы потока данных измерения дальности являются примером нормального функционирования процедуры измерения дальности. Для упрощения этих диаграмм не показано воздействие аварийных сигналов (таких, как LOS, LCD, OAML и FRML). Также не показано воздействие определенных сообщений (таких как Dissable\_serial\_number и Deactivate\_PON\_ID).

#### III.1 Поток данных измерения дальности в ONU (пример)

На рисунке III.1 (листы от 1 до 7 из 7) показан примерный поток данных измерения дальности в ONU. Он не предназначен для определения процедуры измерения дальности и показан только с целью предоставления информации.

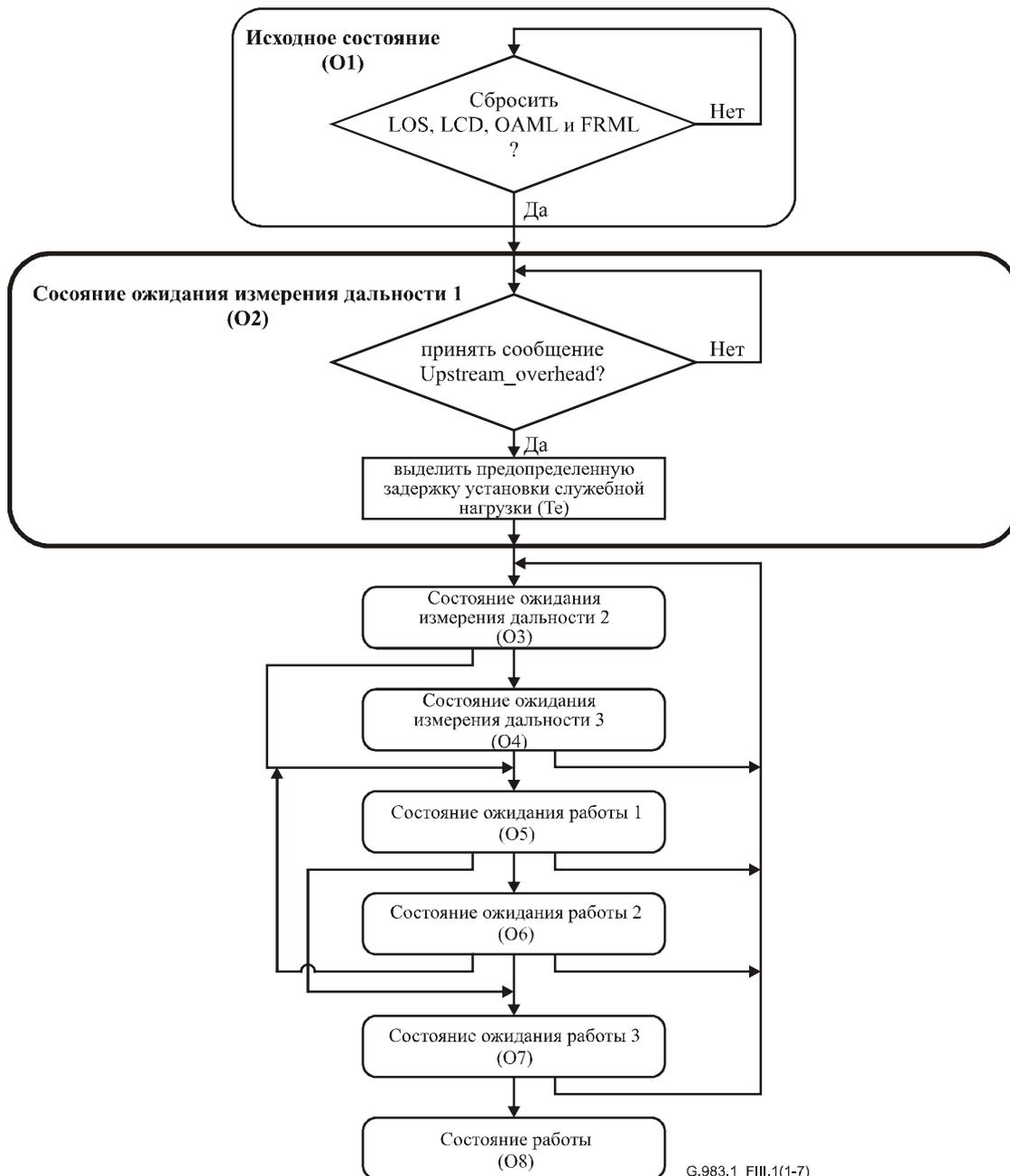


Рисунок III.1/G.983.1 – Поток данных измерения дальности [ONU] (пример) (лист 1 из 7)

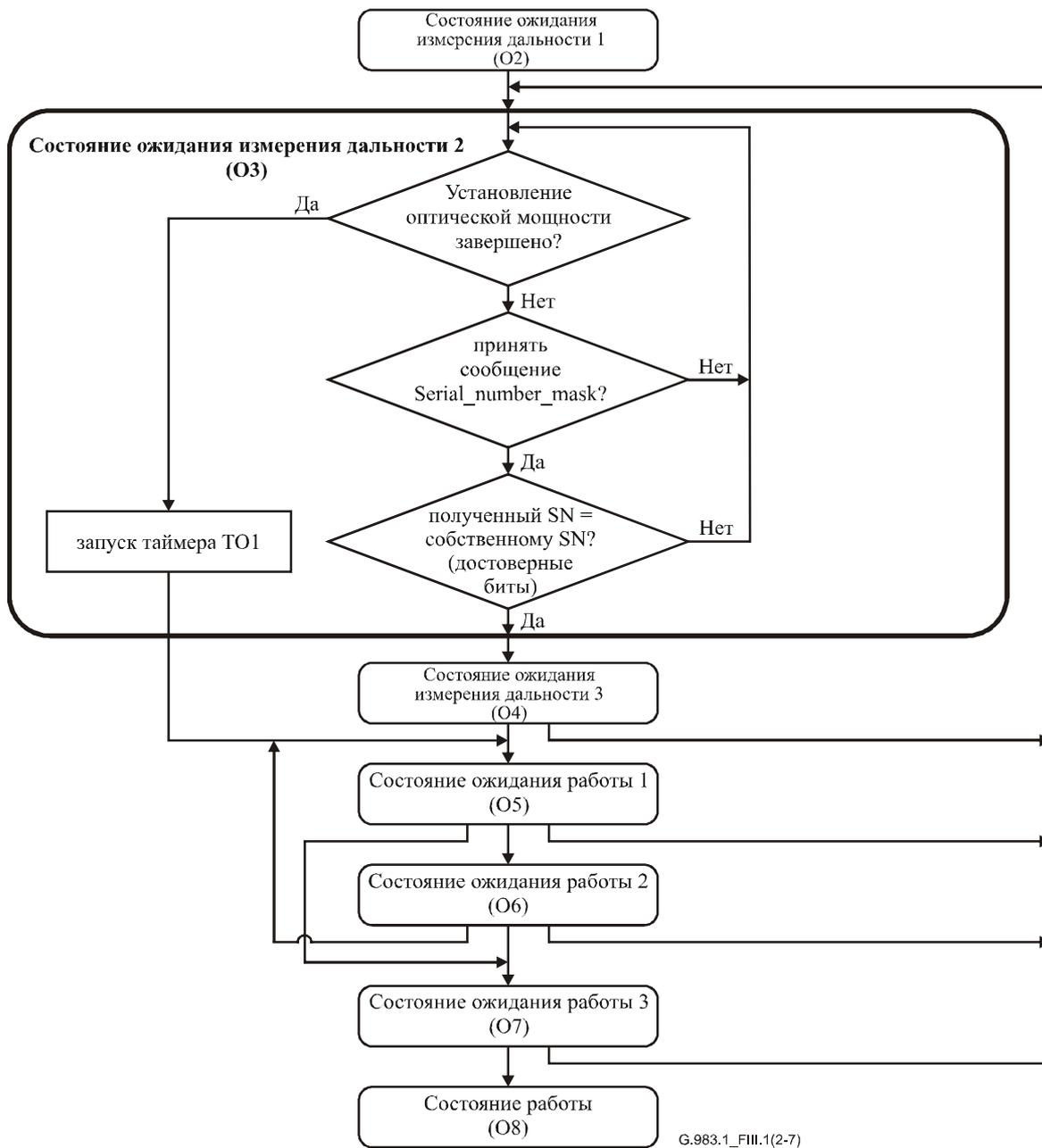
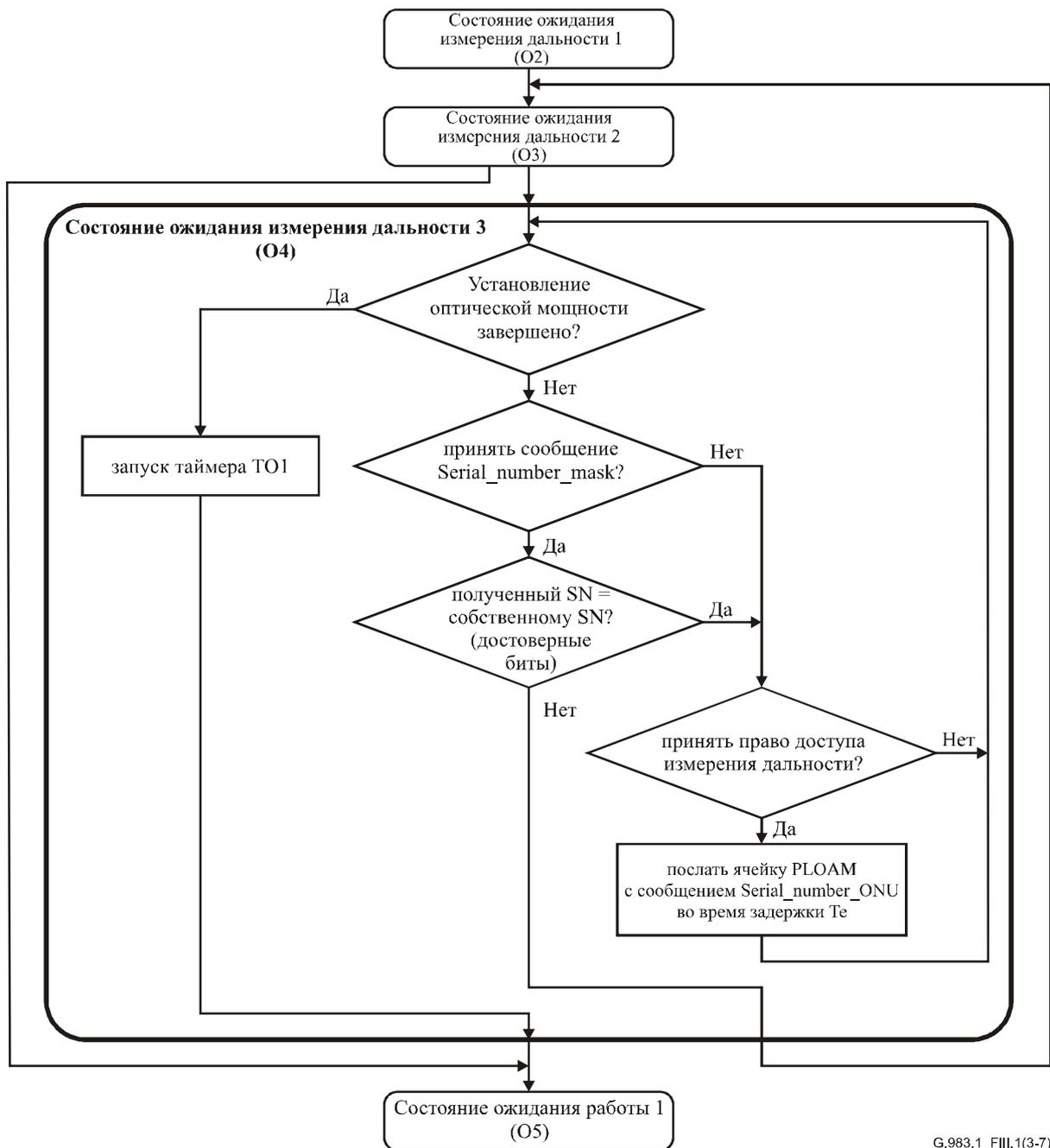
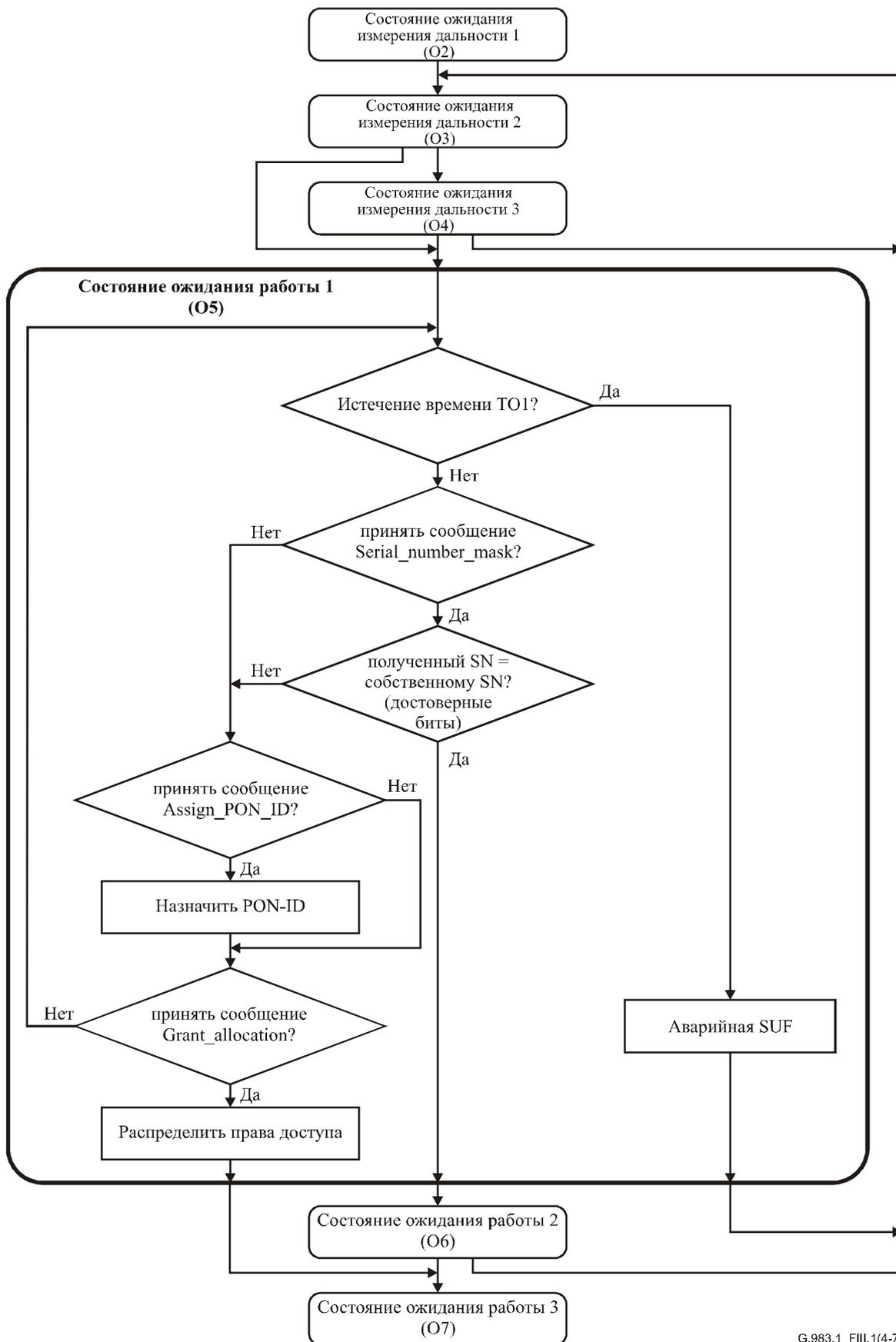


Рисунок III.1/G.983.1 – Поток данных измерения дальности [ONU] (пример) (лист 2 из 7)



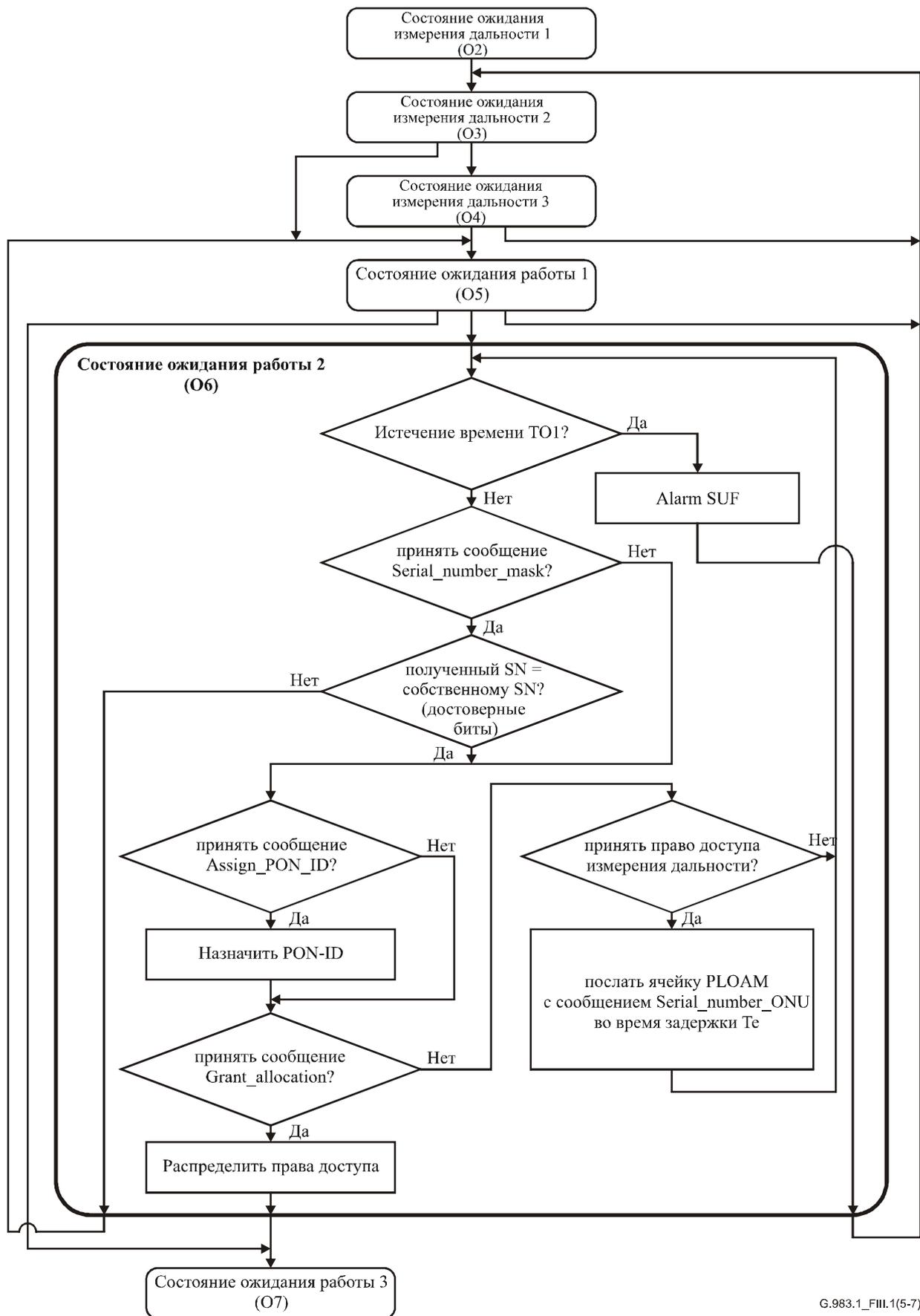
G.983.1\_FIII.1(3-7)

Рисунок III.1/G.983.1 – Поток данных измерения дальности [ONU] (пример) (лист 3 из 7)



G.983.1\_FIII.1(4-7)

Рисунок III.1/G.983.1 – Поток данных измерения дальности [ONU] (пример) (лист 4 из 7)



G.983.1\_FIII.1(5-7)

Рисунок III.1/G.983.1 – Поток данных измерения дальности [ONU] (пример) (лист 5 из 7)

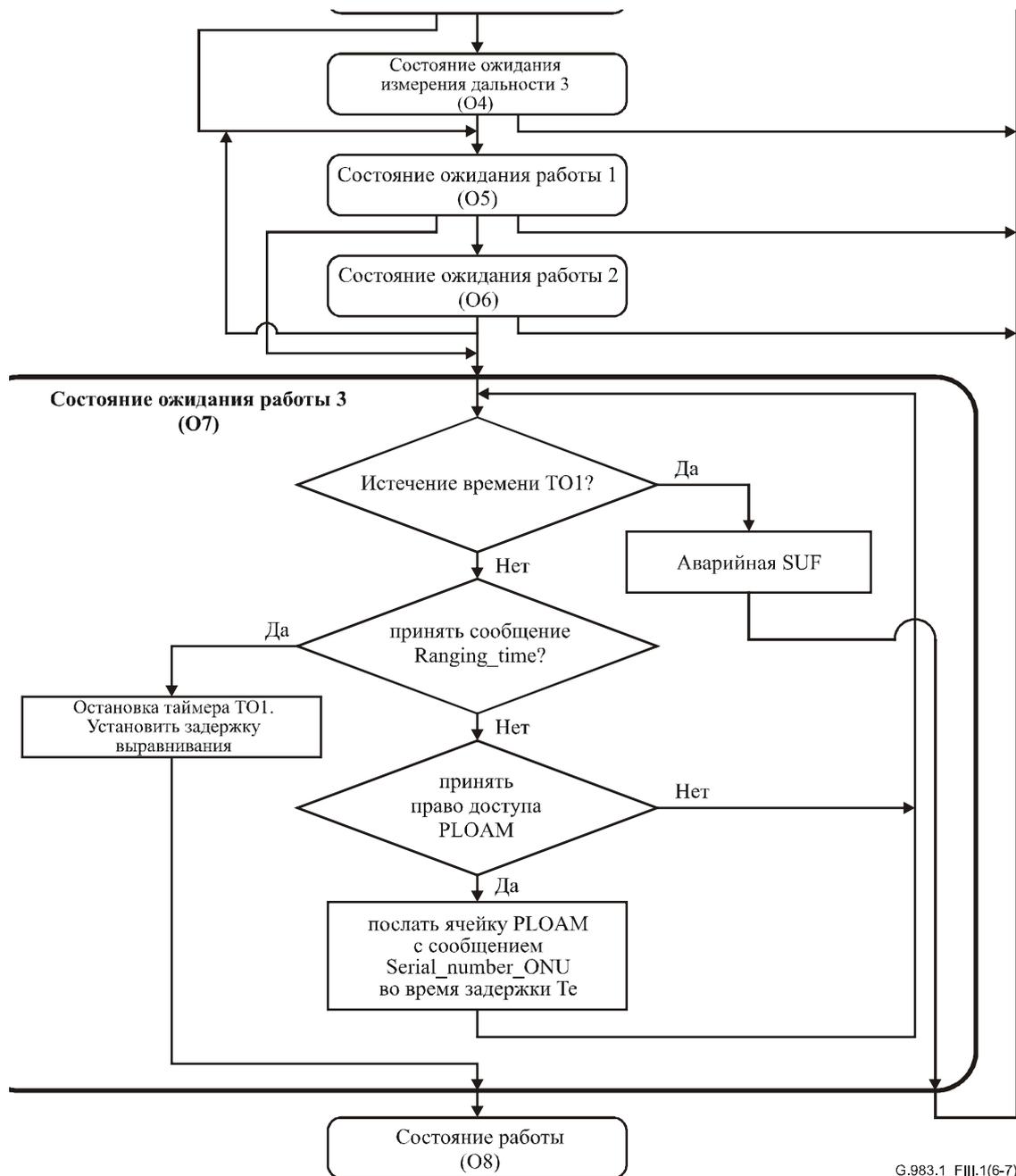
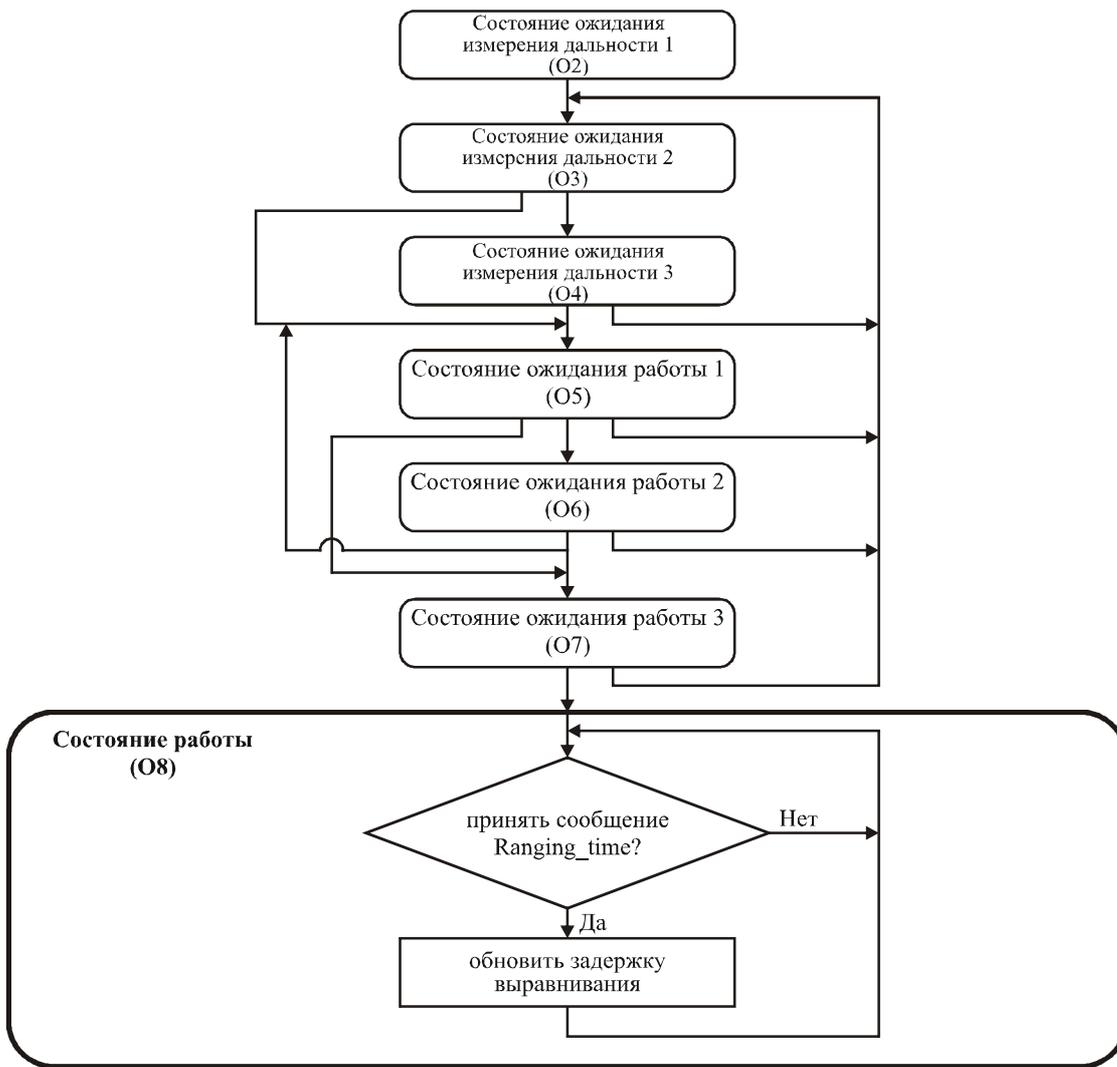


Рисунок III.1/G.983.1 – Поток данных измерения дальности [ONU] (пример) (лист 6 из 7)



G.983.1\_FIII.1(7-7)

Рисунок III.1/G.983.1 – Поток данных измерения дальности [ONU] (пример) (лист 7 из 7)

### III.2 Поток данных измерения дальности в OLT (пример)

На рисунке III.2 (листы от 1 до 7) показан примерный поток данных измерения дальности в OLT. Он не предназначен для определения процедуры измерения дальности и показан только с целью предоставления информации.

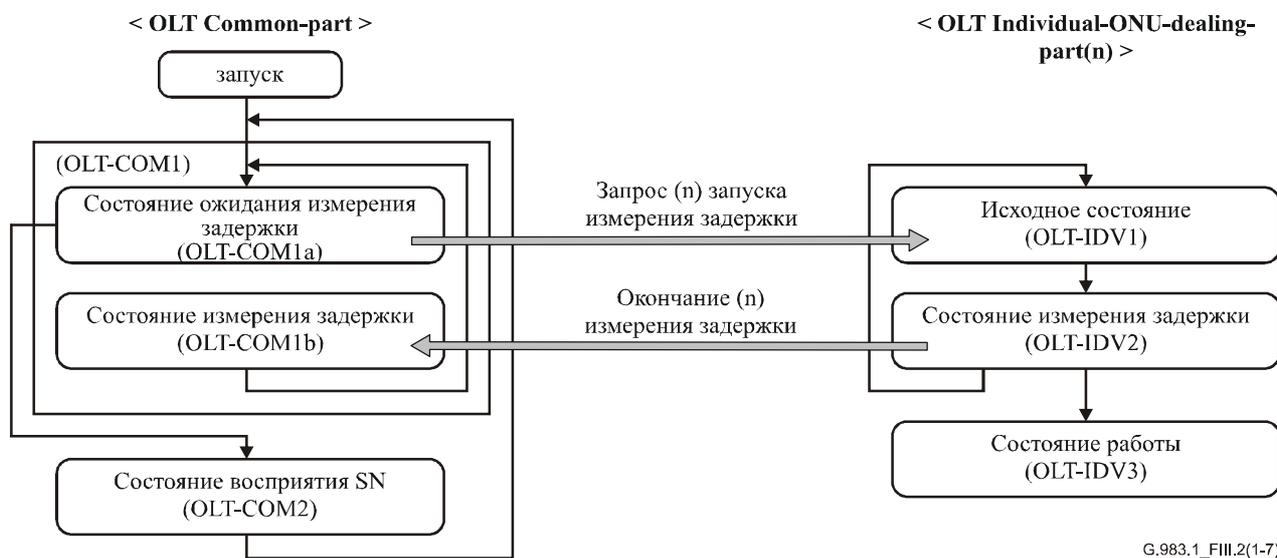
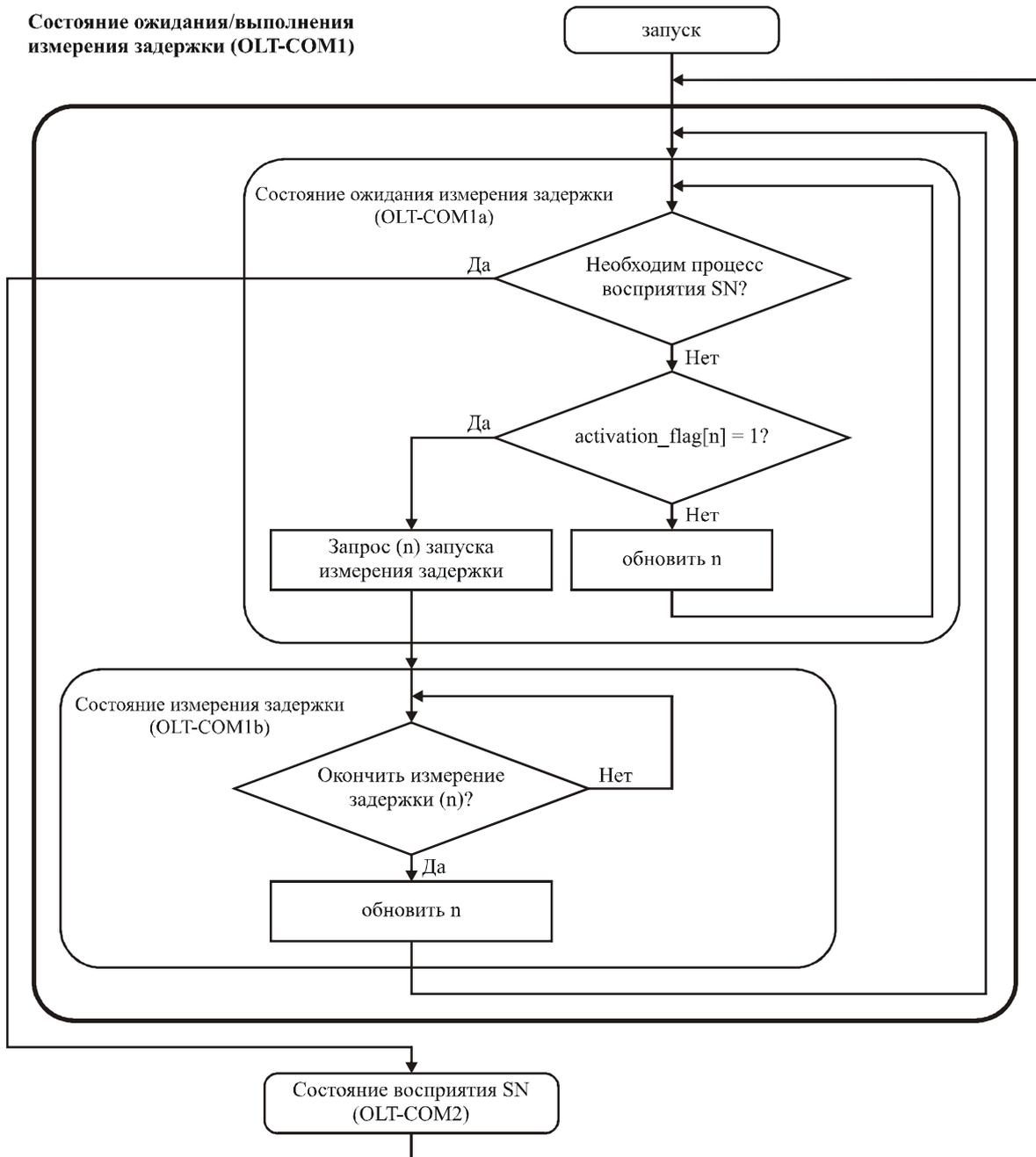


Рисунок III.2/G.983.1 – Поток данных измерения дальности [OLT] (пример) (лист 1 из 7)

Состояние ожидания/выполнения измерения задержки (OLT-COM1)



G.983.1\_FIII.2(2-7)

Рисунок III.2/G.983.1 – Поток данных измерения дальности [OLT] (пример) (лист 2 из 7)

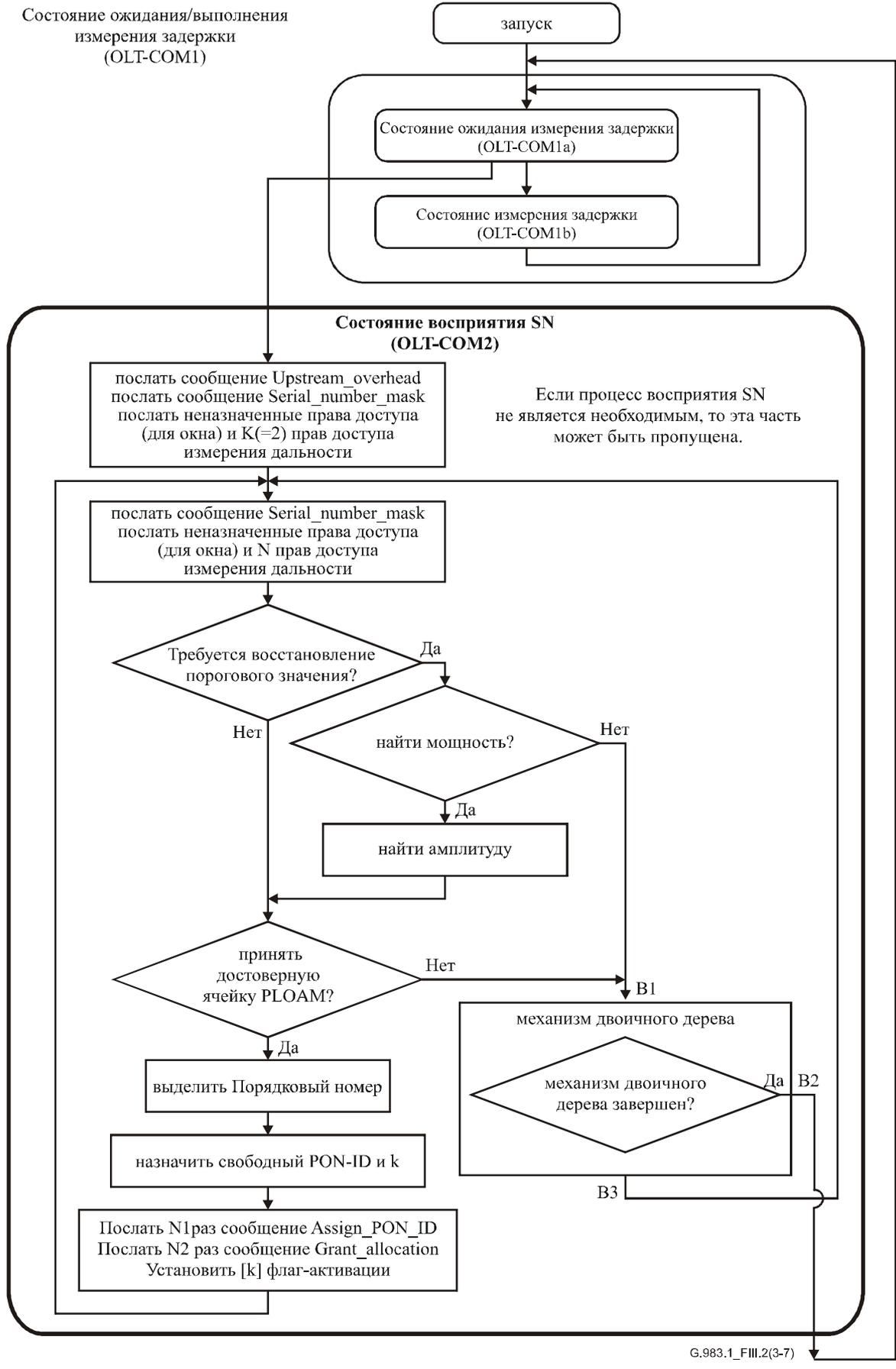
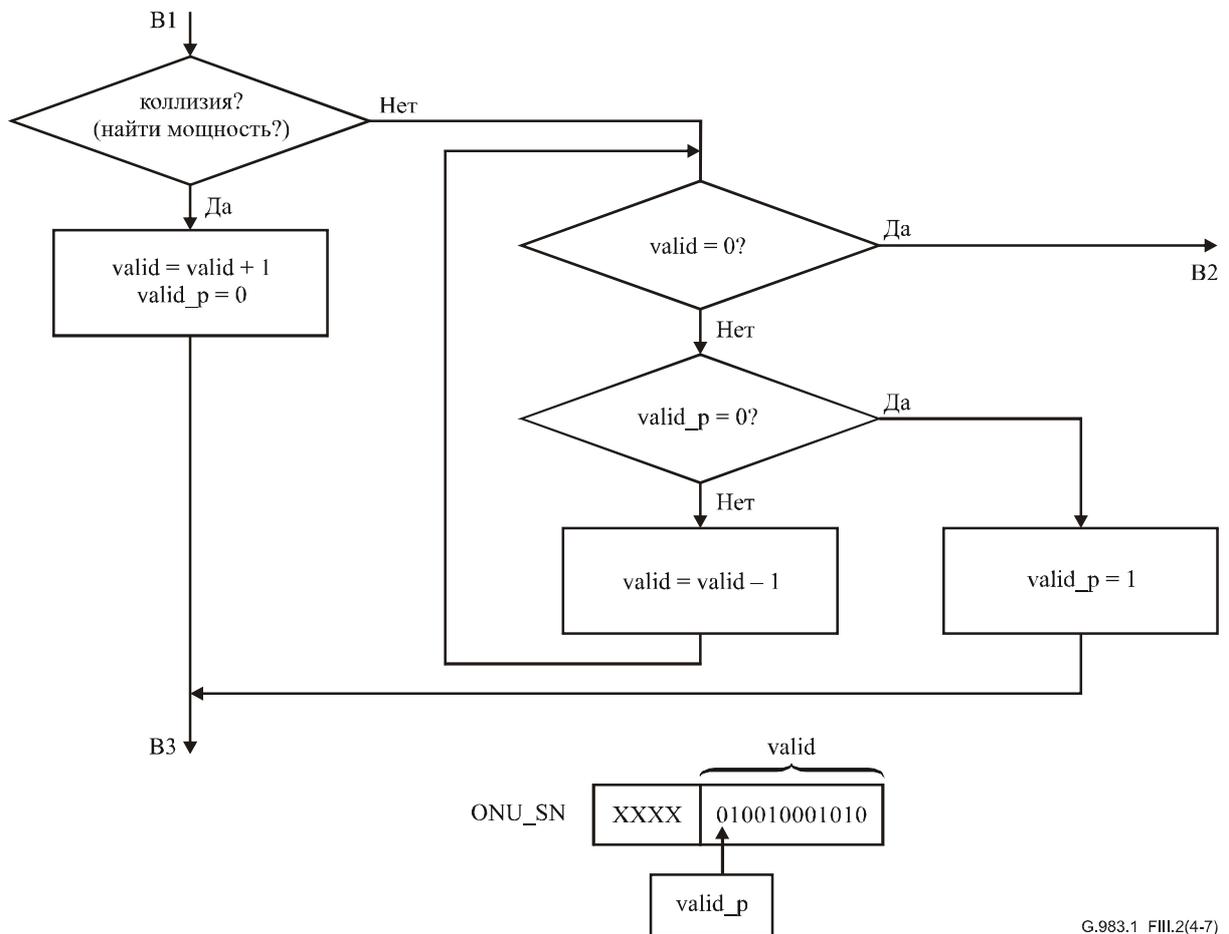
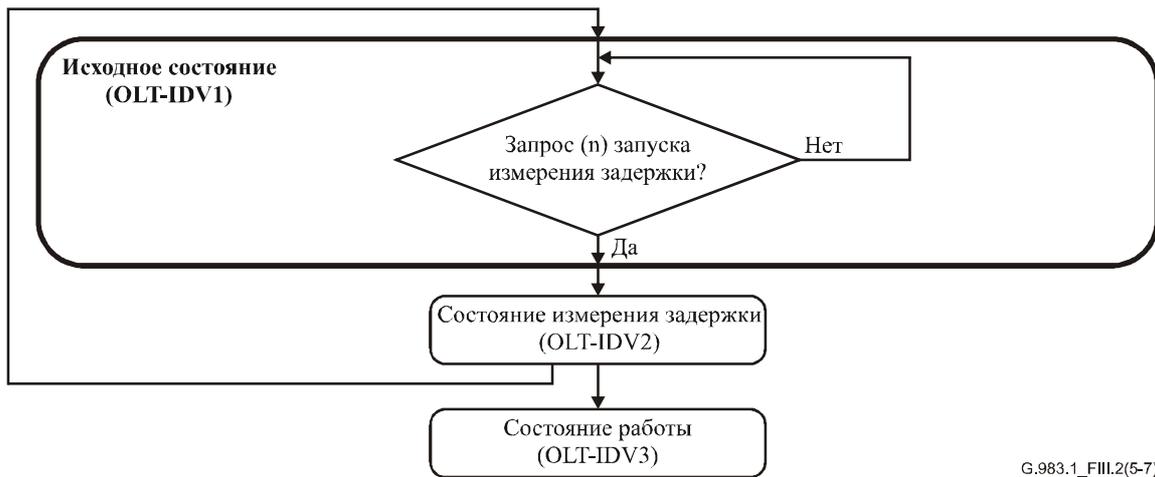


Рисунок III.2/G.983.1 – Поток данных измерения дальности [OLT] (пример) (лист 3 из 7)

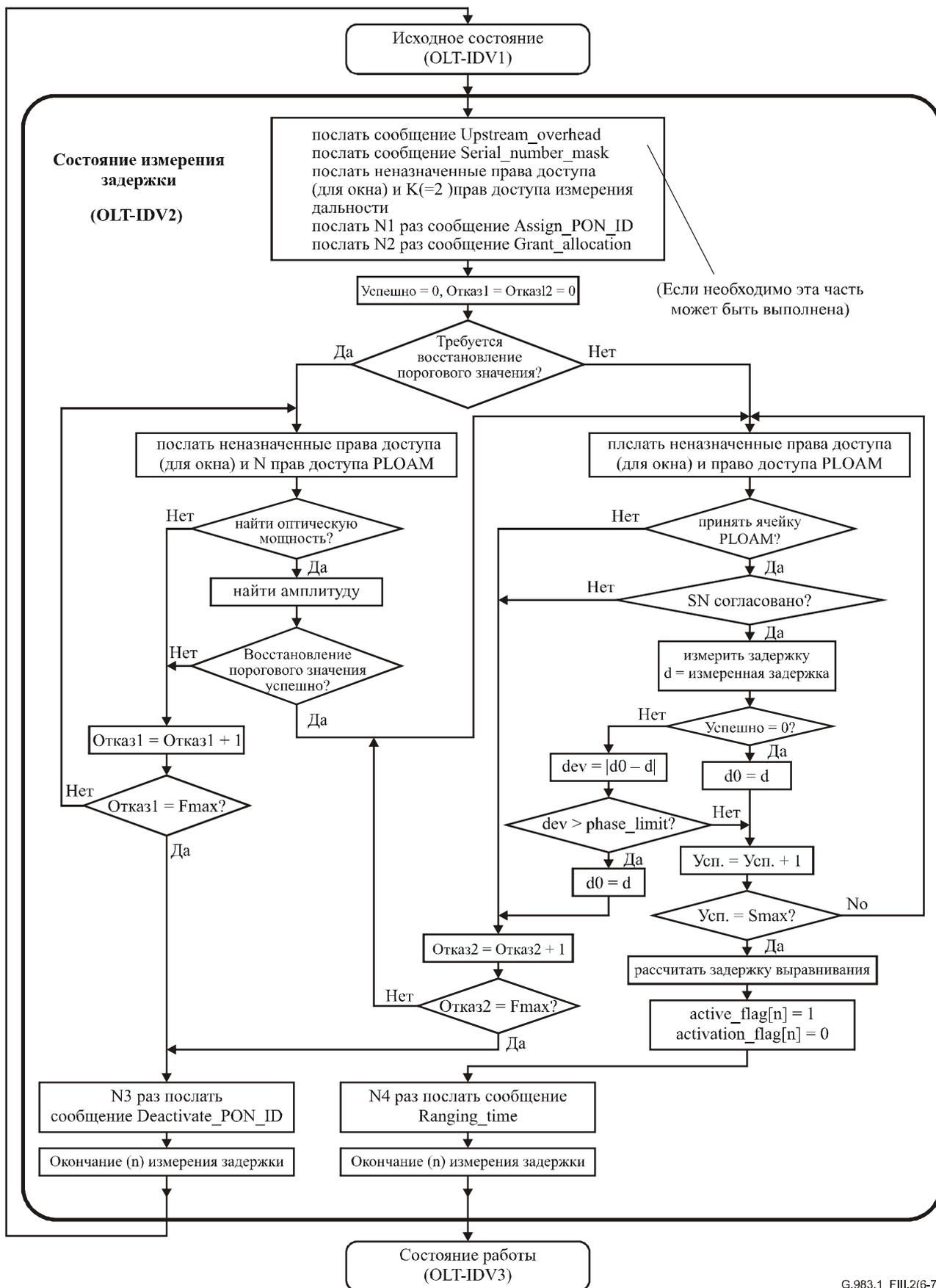


ПРИМЕЧАНИЕ. – Точки В1, В2 и В3 соответствуют точкам В1, В2 и В3 на рисунке III.2, соответственно.  
 "valid" обозначает число достоверных битов порядкового номера ONU.  
 "valid\_p" обозначает старший значащий бит среди достоверных битов.

**Рисунок III.2/G.983.1 – Поток данных измерения дальности [OLT] (пример) (лист 4 из 7)**

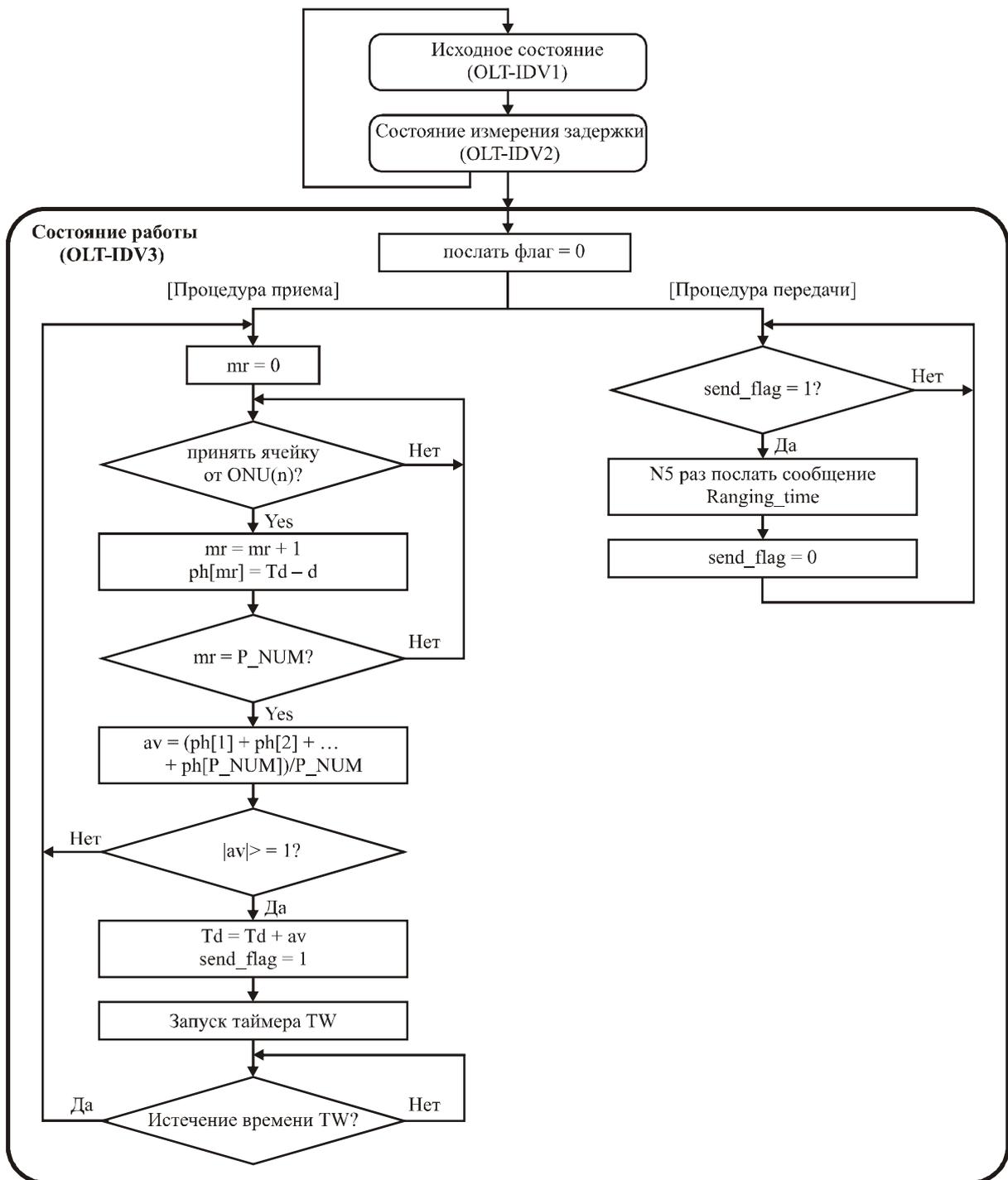


**Рисунок III.2/G.983.1 – Поток данных измерения дальности [OLT] (пример) (лист 5 из 7)**



G.983.1\_FIII.2(6-7)

Рисунок III.2/G.983.1 – Поток данных измерения дальности [OLT] (пример) (лист 6 из 7)



G.983.1\_FIII.2(7-7)

mr Счетчик принятых от ONU(n) ячеек  
 ph[j] Значение отклонения сдвига фазы  
 P\_NUM Номер измерения фазы  
 av Средняя величина ph[1], ph[2], ..., ph[P\_NUM]  
 Td Используемая в данный момент задержка выравнивания  
 d Заново измеренная задержка выравнивания  
 TW Таймер для измерения сдвига фазы  
 send\_flag Признак требования передачи сообщения Ranging\_time

Рисунок III.2/G.983.1 – Поток данных измерения дальности [OLT] (пример) (лист 7 из 7)

## Приложение IV

### Работоспособность сети доступа

#### IV.1 Введение

С целью повышения надежности сетей доступа, с точки зрения административного управления сетью доступа, рассматривается архитектура защиты ATM-PON. Однако защита должна рассматриваться как необязательный механизм, соответствующий данному приложению, ввиду того, что его введение зависит от реализации коммерческой системы..

В этом Приложении представлены несколько возможных дуплексных конфигураций и соответствующие требования как примеры ATM-PON для стимулирования дальнейшего обсуждения. Кроме того, упоминается требуемое для защиты сообщение OAM. Для получения более подробной информации следует обратиться к Рекомендации МСЭ-Т G.983.5.

#### IV.2 Возможные типы коммутации

Существует два типа защитной коммутации:

- i) автоматическая коммутация; и
- ii) принудительная коммутация,

что аналогично системе SDH. Первый тип запускается при обнаружении отказов, таких как: потеря сигнала, потеря кадра, ухудшение параметров сигнала (КОБ становится хуже, чем обусловленное пороговое значение) и т.п. Второй тип будет активироваться посредством событий административного управления, таких как перемаршрутизация оптоволокна, замена оптоволокна и т.д. При необходимости, оба эти типа должны быть возможны в системе ATM-PON, хотя они относятся к необязательным функциям. Механизм коммутации обычно реализуется посредством функции OAM, поэтому требуемое поле данных OAM должно быть зарезервировано в ячейках PLOAM.

На рисунке IV.1 показана модель дуплексной системы для сети доступа. Соответствующая подсистема защиты в системе ATM-PON должна быть подсистемой защиты через ODN между интерфейсом ODN в OLT и интерфейсом ODN в ONU, исключая резервирование SNI в OLT.

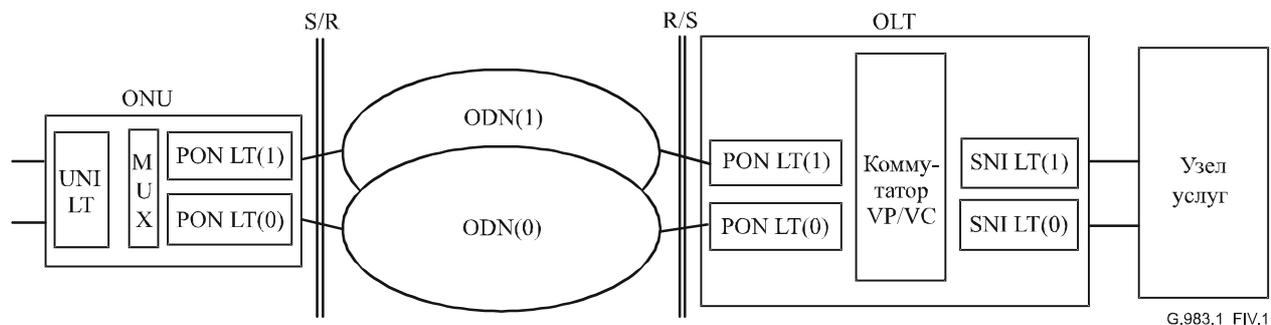


Рисунок IV.1/G.983.1 – Модель дуплексной системы

#### IV.3 Возможные дуплексные конфигурации ATM-PON и характеристики

Как показано на рисунке IV.2 от а) до d) может быть несколько типов дуплексной системы. Протоколы управления для каждой конфигурации должны определяться независимо друг от друга.

К примеру, никакой протокол коммутации не требуется для OLT/ONU на рисунке IV.2 а), так как коммутация применена только к оптоволокну. Аналогично и на рисунке IV.2 б), никакой протокол коммутации не требуется, так как коммутация выполняется только в OLT.

### IV.3.1 Примеры конфигурации

Тип А: Первая конфигурация дублирует только оптоволокно, как показано на рисунке IV.2 а). В этом случае ONU и OLT единичны.

Тип В: Вторая конфигурация [рисунок IV.2 б)] дублирует OLT и оптоволокно между OLT и оптическим разделителем, а разделитель имеет два порта входа/выхода на стороне OLT. Эта конфигурация уменьшает затраты на дублирование ONU, несмотря на то, что может быть восстановлена только сторона OLT.

Тип С: Третья конфигурация [рисунок IV.2 с)] дублирует устройства не только на стороне OLT, но также и на стороне ONU. При этой конфигурации, в случае отказа в любой точке, она может быть восстановлена посредством переключения на резервные устройства. Следовательно, затраты на полный дуплекс обеспечивают высокую надежность.

Тип D: Если ONU установлены в помещении абонента, то внутренняя проводка может быть и продублирована. Кроме того, если каждый ONU принадлежит разным пользователям, то требования надежности зависят от каждого пользователя, и только ограниченное число ONU может иметь дуплексную конфигурацию. Исходя из этого соображения, последняя конфигурация [рисунок IV.2 d)] дает возможность частичного дублирования на стороне ONU. На этом рисунке дан пример наличия как дуплексного ONU#1, так и единичного ONU#N. Основные принципы при этом состоят в:

- 1) использовании дублированных оптических разделителей N:2 для соединения PON LT(0) в ONU#1 с разделителем N(0) и PON LT(1) в ONU#1 с разделителем N(1);
- 2) соединении PON LT в ONU#N с любым оптическим разделителем, так как он единичный;
- 3) использование дублированных оптических разделителей 2:1 для соединения PON LT(0) в OLT с разделителем (0) и PON LT(1) в OLT с разделителем (1);
- 4) соединении дублированных оптических разделителей N:2 и дублированных оптических разделителей 2:1, при том, что один порт разделителя (1) соединен с разделителем N (0), а один порт разделителя (0) - с разделителем N(1);
- 5) использовании метода холодного резерва как в OLT, так и в ONU с тем, чтобы избежать коллизии оптического сигнала от PON LT(0) и PON LT(1) в OLT или PON LT(0) и PON LT(1) в ONU#1.

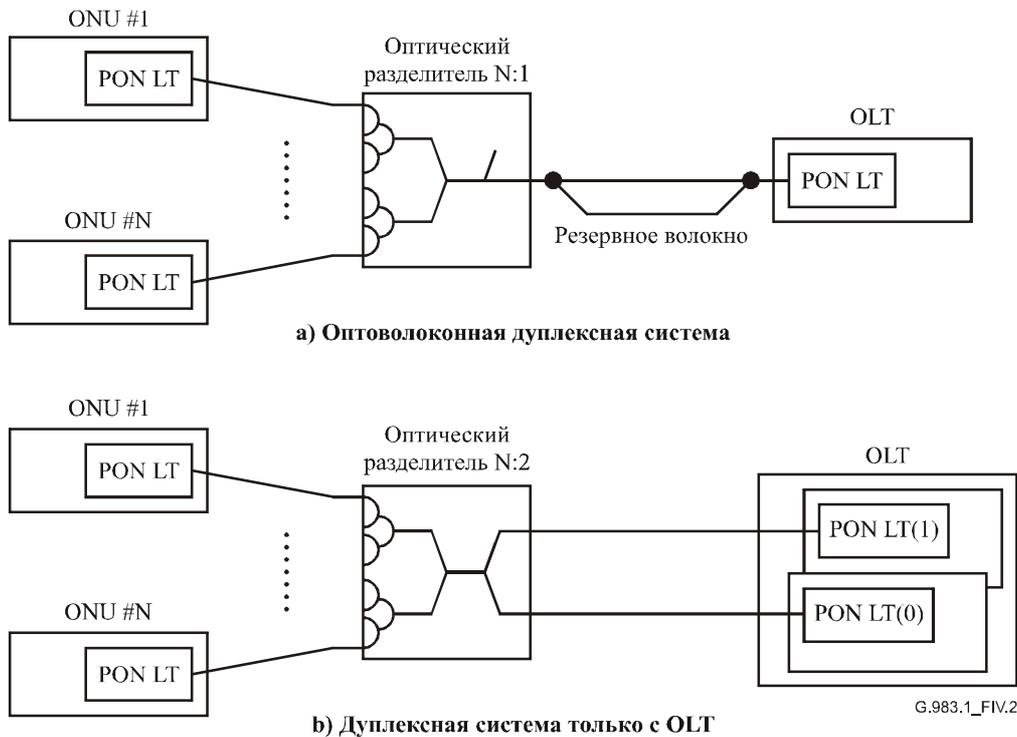
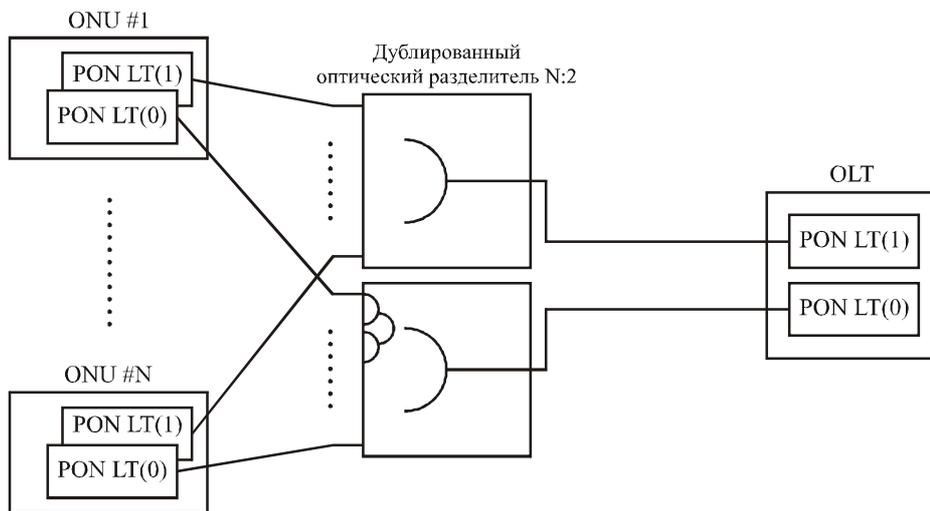
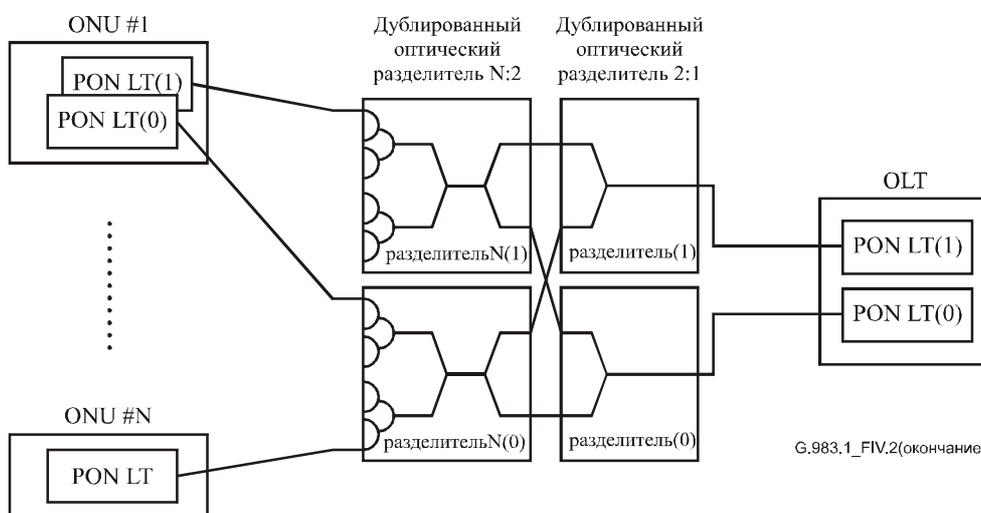


Рисунок IV.2/G.983.1 – Дуплексная система ATM-PON



с) Полностью дуплексная система



G.983.1\_FIV.2(окончание)

д) Частично дуплексная конфигурация

Рисунок IV.2/G.983.1 – Дуплексная система ATM-PON (окончание)

### IV.3.2 Характеристики

Тип А: В этом случае во время коммутации неизбежны потеря сигнала или даже потеря ячейки. Однако, все соединения между узлом услуг и окончательным оборудованием должны сохраняться после этой коммутации оптоволокну.

Тип В: Эта конфигурация требует холодного резерва для резервной цепи на стороне OLT. В этом случае потеря сигнала или даже потеря ячейки, в целом, неизбежны во время коммутации. Однако, все соединения, поддерживаемые между узлом услуг и окончательным оборудованием, должны сохраняться после этой коммутации.

Тип С: В этом случае горячий резерв для резервных цепей приемника возможен на сторонах и ONU, и OLT. Кроме того, коммутация без импульсных помех (без потери ячейки) так же возможна при этой конфигурации.

Тип D: Характеристики этого типа такие же, как и типа В.

### IV.4 Требования

- i) Функция защитной коммутации должна быть необязательной.
- ii) И автоматическая защитная коммутация, и принудительная коммутация, при необходимости, возможны в системе ATM-PON, хотя они являются необязательными функциями.

- iii) Все примеры конфигураций из раздела IV.3 будут возможны, хотя они являются необязательными функциями.
- iv) Механизм коммутации обычно реализуется посредством функции OAM, следовательно, требуемое поле данных OAM должно быть зарезервировано в ячейках PLOAM.
- v) Все соединения, поддерживаемые между узлом услуг и окончательным оборудованием должны сохраняться после этой коммутации.

Относительно последнего требования, то одна реализация узла услуг (коммутационной станции) POTS требует, чтобы период потери ячеек составлял менее 120 мс. Если этот период потери ячеек длиннее, то узел услуг разъединяет соединение, и после защитной коммутации, снова требуется установка соединения. Так как ATM-PON обеспечивает эмуляцию таких традиционных услуг как POTS и ЦСИС, то необходимо учитывать эту величину.

#### **IV.5 Требуемые поля данных для ячеек PLOAM**

По аналогии с системой SDH, защитная коммутация требует использования менее 10 кодов как в восходящем, так и в нисходящем направлении, что должно быть реализовано посредством поля ячейки PLOAM. Для защиты потребуется определение отображения поля ячейки PLOAM.



## СЕРИЯ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
<b>Серия G</b>	<b>Системы и среда передачи, цифровые системы и сети</b>
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных и взаимосвязь открытых систем
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты межсетевого протокола и сети последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи