

**МСЭ-Т**

**G.7044/Y.1347**

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ  
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

(10/2011)

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

Передача данных по транспортным сетям –  
Общие положения –

СЕРИЯ Y: ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ  
ИНФРАСТРУКТУРА, АСПЕКТЫ ПРОТОКОЛА  
ИНТЕРНЕТ И СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

Аспекты протокола Интернет – Транспортирование

---

## Ненарушающая регулировка ODUflex(GFP)

Рекомендация МСЭ-Т G.7044/Y.1347

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 И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	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
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
<b>Общие положения</b>	<b>G.7000–G.7099</b>
Положения о контроле сетей транспортировки сообщений	G.7700–G.7799
АСПЕКТЫ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ	G.8000–G.8999
СЕТИ ДОСТУПА	G.9000–G.9999

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

## Рекомендация МСЭ-Т G.7044/Y.1347

### Ненарушающая регулировка ODUflex(GFP)

#### Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т G.7044/Y.1347 определяются принципы регулировки ODUflex(GFP) (НАО) без нарушения связи, которая обеспечивает механизм мягкого управления для увеличения или уменьшения полосы пропускания соединения ODUflex(GFP) в оптической транспортной сети (OTN).

#### Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждение	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор*
1.0	МСЭ-Т G.7044/Y.1347	29.10.2011 г.	15-я	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11400">11.1002/1000/11400</a>
1.1	МСЭ-Т G.7044/Y.1347 (2011) Попр. 1	13.02.2012 г.	15-я	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11507">11.1002/1000/11507</a>

---

\* Для получения доступа к Рекомендации наберите в адресном поле вашего браузера URL: <http://handle.itu.int/>, после которого следует уникальный идентификатор Рекомендации. Например, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). 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 осуществляется на добровольной основе. Однако данная Рекомендация может содержать некоторые обязательные положения (например, для обеспечения функциональной совместимости или возможности применения), и в таком случае соблюдение Рекомендации достигается при выполнении всех указанных положений. Для выражения требований используются слова "следует", "должен" ("shall") или некоторые другие обязывающие выражения, такие как "обязан" ("must"), а также их отрицательные формы. Употребление таких слов не означает, что от какой-либо стороны требуется соблюдение положений данной Рекомендации.

## ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или выполнение настоящей Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, действительности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, доказываются ли такие права членами МСЭ или другими сторонами, не относящимися к процессу разработки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения настоящей Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что вышесказанное может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ по адресу: <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2016

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Сфера применения .....	1
2 Ссылки.....	1
3 Определения .....	1
3.1 Термины, определяемые в других документах.....	1
3.2 Термины, определяемые в настоящей Рекомендации.....	1
4 Принятые сокращения .....	2
5 Условные обозначения .....	3
6 Введение.....	3
6.1 Методология.....	4
6.2 Служебная нагрузка управления.....	4
6.3 Протокол изменения размера .....	9
6.4 Взаимодействие с плоскостью управления и/или контроля.....	11
7 Процедура изменения размера.....	11
7.1 Увеличение полосы пропускания .....	11
7.2 Уменьшение полосы пропускания .....	18
8 Сигналы технического обслуживания .....	27
Приложение А – SDL-схемы НАО .....	28
А.1 Обзор процесса регулировки ODUflex(GFP) (НАО) без прерывания связи .....	28
А.2 SDL-схемы НАО .....	30
Дополнение I – Измерение стабильности изменения скорости BWR.....	37



## Ненарушающая регулировка ODUflex(GFP)

### 1 Сфера применения

В настоящей Рекомендации определяются принципы регулировки ODUflex(GFP) (НАО) без прерывания связи, которую следует использовать для мягкого увеличения или уменьшения полосы пропускания ODUflex(GFP), транспортируемого по оптической транспортной сети (OTN). Эта Рекомендация основана на сигналах OTN, описываемых в [ITU-T G.709].

### 2 Ссылки

Указанные ниже Рекомендации МСЭ-Т и другие справочные документы содержат положения, которые путем ссылок на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие справочные документы могут подвергаться пересмотру; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается изучить возможность применения последнего издания Рекомендаций и других справочных документов, перечисленных ниже. Перечень действующих на настоящий момент Рекомендаций МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка на документ, приведенный в настоящей Рекомендации, не придает ему как отдельному документу статус Рекомендации.

- [ITU-T G.709] Recommendation ITU-T G.709 (2009), *Interfaces for the Optical Transport Network (OTN)*.
- [ITU-T G.798] Recommendation ITU-T G.798 (2010), *Characteristics of optical transport network hierarchy equipment functional blocks*.
- [ITU-T G.870] Recommendation ITU-T G.870 (2012), *Terms and definitions for optical transport networks (OTN)*.
- [ITU-T Z.100] Recommendation ITU-T Z.100 (2007), *Specification and Description Language (SDL)*.

### 3 Определения

#### 3.1 Термины, определяемые в других документах

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в других документах.

##### 3.1.1 Термины, определяемые в [ITU-T G.870]

- Нормальный режим GMP.
- Специальный режим GMP.
- Мультикадр OPUk.
- Мультикадр изменения размера (RMF).

#### 3.2 Термины, определяемые в настоящей Рекомендации

Отсутствуют.

#### 4 Принятые сокращения

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы.

ACK	Acknowledge	Подтверждение
BG	BWR Generator	Генератор BWR
BR	BWR Receiver	Приемник BWR
BRG	BWR Relay Generator	Ретрансляционный генератор BWR
BRR	BWR Relay Receiver	Ретрансляционный приемник BWR
BWR	Bandwidth Resize	Изменение полосы пропускания
CC	Consistent Configuration	Согласованная конфигурация
$C_m$	number of m-bit client data entities	Количество $m$ -разрядных объектов клиентских данных
$C_n$	number of n-bit client data entities	Количество $n$ -разрядных объектов клиентских данных
$C_{nD}$	difference between $C_n$ and $(m/n \times C_m)$	Разность между $C_n$ и $(m/n \times C_m)$
CRC	Cyclic Redundancy Check	Циклическая проверка избыточности
CTRL	Control	Управление
CV	Consistent Verification	Согласованная проверка
EMF	Equipment Management Function	Функция управления оборудованием
FRR	Flex RCOH Receiver	Приемник Flex RCOH
GMP	Generic Mapping Procedure	Обобщенная процедура отображения
HAO	Hitless Adjustment of ODUflex	Регулировка ODUflex без прерывания связи
HO	High Order	Высокий порядок
LC	Link Connection	Канальное соединение
LCAS	Link Capacity Adjustment Scheme	Схема регулировки пропускной способности канала
LCR	Link Connection Resize	Изменение размера канального соединения
LG	LCR Generator	Генератор LCR
LO	Low Order	Низкий порядок
LR	LCR Receiver	Приемник LCR
MC	Matrix Connection	Матричное соединение
MSI	Multiplex Structure Identifier	Идентификатор структуры мультиплексирования
NACK	Negative Acknowledgement	Отрицательное подтверждение
NCS	Network Connectivity Status	Статус сетевого соединения
NE	Network Element	Сетевой элемент
ODU	Optical channel Data Unit	Блок данных оптического канала
ODUk	Optical channel Data Unit-k	Блок $k$ данных оптического канала
OH	Overhead	Служебная нагрузка
OPU	Optical channel Payload Unit	Блок полезной нагрузки оптического

		канала
OPUk	Optical channel Payload Unit-k	Блок k полезной нагрузки оптического канала
OTN	Optical Transport Network	Оптическая транспортная сеть
PSI	Payload Structure Identifier	Идентификатор структуры полезной нагрузки
RCOH	Resize Control Overhead	Служебная нагрузка управления изменением размера
RES	Reserved for future international standardization	Зарезервировано для международной стандартизации в будущем
RG	RCOH Generator	Генератор RCOH
RMF	Resize Multiframe	Мультикадр изменения размера
RP	Resizing Protocol	Протокол изменения размера
RR	RCOH Receiver	Приемник RCOH
SDL	Specification and Description Language	Язык спецификации и описания
TPID	Tributary Port ID	Идентификатор компонентного порта
TS	Tributary Slot	Компонентный интервал
TSCC	Tributary Slot Connectivity Check	Проверка соединения с использованием компонентного интервала
TSGS	Tributary Slot Group Status	Статус группы компонентных интервалов
TSOH	Tributary Slot Overhead	Служебная нагрузка, связанная с компонентным интервалом
VCAT	Virtual Concatenation	Виртуальная конкатенация
xI	CI or MI or AI	CI или MI или AI

## 5 Условные обозначения

**Порядок передачи.** На всех схемах в этой Рекомендации принят следующий порядок передачи информации: сначала слева направо, затем сверху вниз. Внутри каждого байта в первую очередь передается старший значащий бит. На всех схемах старший значащий бит (бит 1) показан слева.

**Значение зарезервированных битов.** Биту служебной нагрузки, который резервируется или зарезервирован для международной стандартизации в будущем, присваивается значение 0.

## 6 Введение

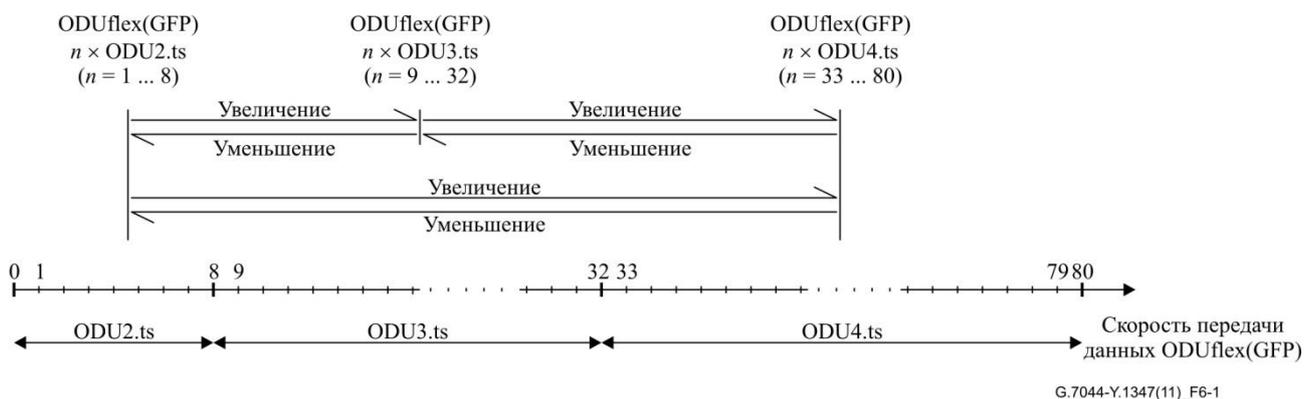
Регулировка ODUflex(GFP) (HAO) без прерывания связи – это механизм изменения размера оптической транспортной сети (OTN), который позволяет ей поддерживать увеличение или уменьшение скорости передачи клиентских данных ODUflex(GFP) по всему сквозному маршруту. Во многом это напоминает виртуальную конкатенацию/схему регулировки пропускной способности канала (VCAT/LCAS). Следует отметить, что в отличие от VCAT, где каждый компонент сквозного контейнера представляет собой блок k данных оптического канала (ODUk), который может быть подключен через сеть OTN независимо от всех прочих ODUk-компонентов того же контейнера, сигнал ODUflex переносится по единому сквозному маршруту через группу компонентных интервалов в каждом блоке k полезной нагрузки оптического канала высокого порядка (HO ODUk) данного маршрута. Изменение размера ODUflex(GFP) имеет то преимущество перед VCAT и LCAS, что поскольку все компонентные интервалы (TS), переносящие клиентский сигнал ODUflex(GFP), следуют по одному и тому же маршруту от источника в OTN к приемнику, нет необходимости компенсировать отдельные TS с разной величиной задержки. Кроме того, ODUflex – это единый управляемый объект, а не набор отдельных управляемых объектов, соответствующих каждому

элементу группы VCAT. Следует также отметить, что в отличие от изменения размера VCAT/LCAS, для которого требуется участие только граничных NE, для НАО требуется участие каждого NE вдоль маршрута ODUflex(GFP).

## 6.1 Методология

Функциональные возможности НАО в канале ODUflex(GFP) для обеспечения функций адаптации источника и приемника пакетов и в НО ODUk для функций адаптации источника и приемника к LO ODUflex, предусматривают механизм управления для повышения или понижения пропускной способности соединения ODUflex(GFP) без прерывания связи в целях удовлетворения потребностей приложения в полосе пропускания. Для осуществления регулировки полосы пропускания соединения ODUflex(GFP) без прерывания связи все узлы соединения должны поддерживать протокол НАО, в противном случае потребуется разрыв соединения с его последующим восстановлением. Для предотвращения перевыполнения или неполной загрузки буфера регулировка битовой скорости при передаче сигнала ODUflex(GFP) производится одновременно во всех узлах соединения ODUflex(GFP).

Для каждого канала сервера ODUflex(GFP) с изменяемым размером занимает одно и то же количество компонентных интервалов. В процессе регулировки полосы пропускания (то есть ее увеличения или уменьшения) в каждом канале, пройденном сигналом ODUflex(GFP) с измененным размером, должно участвовать одинаковое количество компонентных интервалов (по крайней мере один TS). Изменяемые битовые скорости ODUflex(GFP) указаны в таблице 7-8 [ITU-T G.709] и иллюстрируются на рисунке 6-1, где  $n$  – это количество компонентных интервалов, присвоенных ODUflex(GFP) с изменяемым размером. НАО-приложение поддерживает увеличение или уменьшение полосы пропускания ODUflex(GFP) от существующего диапазона  $n$  до другого диапазона  $n$ , если канал сервера это позволяет.



**Рисунок 6-1 – Рекомендуемая битовая скорость ODUflex(GFP) в зависимости от пропускной способности НАО**

За изменение конфигурации канальных и матричных соединений ODUflex(GFP) отвечает плоскость контроля или управления сети.

## 6.2 Служебная нагрузка управления

Синхронизация изменений пропускной способности соединения ODUflex(GFP) достигается за счет служебной нагрузки управления изменением размера соединения (RCOH). RCOH состоит из полей, выделенных для конкретных функций. Изменения передаются заранее, так что приемник сразу же после поступления соответствующей информации может перейти к новой конфигурации.

RCOH переносится в составе служебной нагрузки компонентных интервалов НО OPUk (TSOH) и служебной нагрузки OPUflex, как показано на рисунке 6-2. Эти байты RCOH (RCOH1, RCOH2 и RCOH3) указаны в столбце 15 – строки 1, 2 и 3. RCOH НО OPUk переносится в компонентном интервале, который добавляется или удаляется. Если в одной операции изменения размера участвует несколько компонентных интервалов, то протокол выполняется во всех таких добавляемых или удаляемых TS RCOH. Байты RCOH тех TS, которые участвуют в одной и той же операции изменения размера, всегда одни и те же и передаются одинаково.

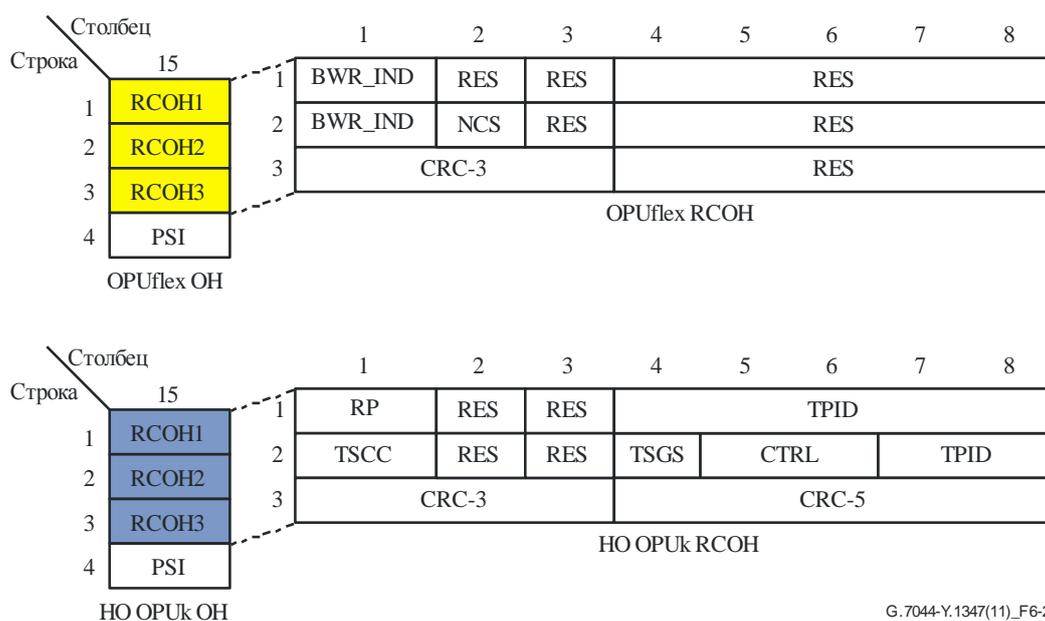
ПРИМЕЧАНИЕ. – В настоящей Рекомендации определяется только RCOH для протокола НАО. Об использовании этих байтов для других приложений см. в [ITU-T G.709].

RCOH делится на две части – служебная нагрузка протокола изменения размера канального соединения (LCR) и служебная нагрузка протокола изменения размера полосы пропускания (BWR).

Служебная нагрузка протокола LCR включает поле управления (CTRL), поле идентификатора компонентного порта (TPID) и бит состояния группы компонентных интервалов (TSGS).

Служебная нагрузка протокола BWR включает бит состояния сетевого соединения (NCS), бит контроля соединения компонентного интервала (TSCC), бит индикатора протокола изменения размера (RP) и бит индикатора изменения размера полосы пропускания (BWR\_IND).

Биты протокола LCR, бит RP и бит TSCC в протоколе BWR переносятся в составе служебной нагрузки компонентного интервала HO OPU<sub>k</sub> (k = 2, 3, 4), а бит NCS и бит BWR\_IND в протоколе BWR переносятся в составе служебной нагрузки OPUflex.



G.7044-Y.1347(11)\_F6-2

**Рисунок 6-2 – Формат RCOH**

Данный формат RCOH поддерживает поля управления LCR ODUflex(GFP) и поля управления BWR ODUflex(GFP). Значение этого формата RCOH по умолчанию – все нули.

### 6.2.1 Поле управления (CTRL)

Поле управления используется для передачи информации о состоянии протокола LCR от источника к приемнику. Его следует использовать для указания операции отдельного компонентного интервала, принадлежащего к указанному соединению ODUflex(GFP). Поле CTRL переносится в составе служебной нагрузки протокола LCR в служебной нагрузке HO OPU<sub>k</sub> (k = 2, 3, 4) – строка 2 столбец 15, биты 5 и 6.

**Таблица 6-1 – Слова CTRL НАО**

Значение	Команда	Замечания
00	IDLE	Указывает на то, что узел завершил LCR и новая операция LCR отсутствует. Команда IDLE также может передаваться вскоре после начала операции до передачи команды ADD/REMOVE
01	ADD	Указывает на то, что к соединению ODUflex(GFP) должен быть добавлен компонентный интервал
10	REMOVE	Указывает на то, что из соединения ODUflex(GFP) должен быть удален компонентный интервал
11	NORM	Указывает на то, что LCR запустится на границе следующего мультикадра изменения размера во время подачи команды NORM после команды ADD или REMOVE на границе мультикадра изменения размера

### 6.2.2 Поле идентификатора компонентного порта (TPID)

Поле TPID используется для определения идентификатора компонентного порта. Поле TPID переносит номер компонентного порта, к которому добавляется или из которого удаляется компонентный интервал. Поле TPID переносится в составе служебной нагрузки протокола LCR в служебной нагрузке HO OPU<sub>k</sub> (k = 2, 3, 4) – строка 1 столбец 15, биты 4–8, и строка 2 столбец 15, биты 7 и 8.

Строка 1					Строка 2	
4	5	6	7	8	7	8

000 0000: компонентный порт 1  
 000 0001: компонентный порт 2  
 000 0010: компонентный порт 3  
 000 0011: компонентный порт 4  
 :  
 10 01111: компонентный порт 80

**Рисунок 6-3 – Коды поля TPID**

### 6.2.3 Бит состояния группы компонентных интервалов (TSGS)

Бит TSGS используется для индикации подтверждения канального соединения.

В случае увеличения полосы пропускания бит TSGS создается приемником HO OPU для подтверждения источнику HO OPU о наличии соответствия между компонентными интервалами, указанными в полученных полях CTRL и TPID в качестве добавляемых, и обеспечением этих компонентных интервалов (плоскостью контроля или плоскостью управления) на стороне приемника. Кроме того, он подтверждает, что приемник HO OPU готов к наращиванию ODTU<sub>k.M</sub> до ODTU<sub>k.M+N</sub>.

В случае уменьшения полосы пропускания приемник HO OPU создает бит TSGS, подтверждающий источнику HO OPU, что полоса пропускания ODUflex(GFP) уменьшилась и что он вышел из специального режима GMP после получения TSCC = 0 в направлении от So к Sk. Кроме того, он подтверждает, что приемник HO OPU готов к сокращению ODTU<sub>k.M</sub> до ODTU<sub>k.M-N</sub>.

Бит TSGS подтверждает канальное соединение двумя значениями – ACK(1) и NACK (0). Бит TSGS переносится в составе служебной нагрузки протокола LCR в служебной нагрузке HO OPU<sub>k</sub> (k = 2, 3, 4) – строка 2 столбец 15, бит 4.

#### **6.2.4 Бит проверки соединения с использованием компонентного интервала (TSCC)**

Бит TSCC используется для проверки связи между канальным соединением и соединением ODUflex(GFP). Он несет информацию сигнализации, связанную с добавляемым или удаляемым TS, и передается от сегмента к сегменту в направлении от So до Sk. Начальное значение TSCC = 0.

В процессе изменения размера бит TSCC = 1 подтверждает специальный режим GMP в промежуточных узлах и сигнализирует приемнику, что все NE в направлении от источника к приемнику готовы поддержать операцию изменения размера полосы пропускания.

По завершении операции изменения размера ODUflex(GFP) источник использует значение TSCC = 0 для указания на завершение изменения размера полосы пропускания и выход из специального режима GMP в направлении от источника к приемнику. Этот бит инициирует выход из специального режима GMP в промежуточных узлах и в приемнике и передается промежуточными узлами только после их выхода из специального режима GMP.

Бит TSCC определяется как служебная нагрузка протокола BWR в составе служебной нагрузки HO OPUk (k = 2, 3, 4) – строка 2 столбец 15, бит 1.

#### **6.2.5 Бит состояния сетевого соединения (NCS)**

Бит NCS используется для индикации подтверждения сетевого соединения. Он определяется как индикатор подтверждения сквозного соединения в составе служебной нагрузки OPUflex. Приемник ODUflex(GFP) использует его для того, чтобы подтвердить получение корректного значения TSCC непосредственно источнику ODUflex(GFP). Промежуточным узлам не требуется обрабатывать этот сигнал, так как он прозрачен для них.

Когда приемник получает бит TSCC = 1, он использует NCS = 1 для подтверждения (ACK) завершения процесса подготовки к изменению размера маршрута от источника до приемника. Когда приемник получает бит TSCC = 0, он использует NCS = 0 для подтверждения завершения аналогичного процесса касательно BWR. NCS прозрачно проходит сквозь каждый промежуточный узел, возвращаясь к источнику.

Бит NCS определяется как служебная нагрузка протокола BWR и переносится в составе служебной нагрузки OPUflex – строка 2 столбец 15, бит 2.

#### **6.2.6 Бит индикатора протокола изменения размера (RP)**

Бит RP используется для указания того, переносит ли RCON протокол изменения размера. RP = 1 указывает, что RCON переносит протокол изменения размера. Если RP = 0, то эти байты содержат служебную нагрузку, связанную с конкретной информацией о преобразовании, например служебную нагрузку GMP ( $C_nD$ ), как указано в Рекомендации G.709. В начале операции изменения размера плоскость контроля или плоскость управления присваивают биту RP значение 1. Источник возвращает бит RP в 0, как указано ниже, чтобы показать, что вся обработка протокола изменения размера завершена. RP = 0 завершает передачу информации TSCC и все прочие операции по обработке изменения размера в промежуточных узлах в данном направлении. Когда промежуточный узел получает бит RP = 0, он передает его после подтверждения того, что он вышел из специального режима GMP и завершил обработку протокола LCR в данном направлении. Когда приемник получает бит RP = 0, он подтверждает прекращение обработки изменения размера источником и всеми промежуточными узлами. Затем приемник может сообщить плоскости контроля или плоскости управления сети о завершении процесса изменения размера.

Бит RP определяется как служебная нагрузка протокола BWR, которая переносится в составе служебной нагрузки HO OPUk (k = 2, 3, 4) – строка 1 столбец 15, бит 1.

#### **6.2.7 Бит индикатора изменения размера полосы пропускания (BWR\_IND)**

Бит BWR\_IND используется для указания на то, что источник ODUflex(GFP) корректирует битовую скорость сигнала ODUflex(GFP). До начала регулировки битовой скорости сигнала ODUflex(GFP) он принимает значение 0. Спустя x мкс после перехода его значения из 0 в 1 источник ODUflex(GFP) начинает процесс изменения. Когда BWR\_IND переключается из 1 в 0, источник ODUflex(GFP) прекращает изменение, выждав y мкс. Значение x почти равно значению y и лежит в диапазоне от 125 до 250 мкс.

BWR\_IND используется для запуска процесса изменения в нижележащих узлах, а также для сигнализации об окончании изменения. См. пункты 7.1.1 и 7.2.1.

Сигнал BWR\_IND кодируется в бит 1 обоих байтов RCON1 и RCON2 ODUflex(GFP), как показано на рисунке 6-2. Когда сигнал BWR\_IND устанавливается, оба бита равны 1, а когда он возвращается в исходное положение, оба бита равны 0. Приемник определяет переход в состояние BWR\_IND после проверки байта RCON3. Значения CRC-3 позволяют выявлять в RCON1 или RCON2 ошибку, влияющую на бит BWR\_IND, и могут использоваться для определения правильного значения. Приемник придерживается следующих правил.

Приемник определяет, что бит BWR\_IND устанавливается после проверки байтов RCON1–RCON3, когда биты BWR\_IND в обоих байтах RCON1 и RCON2 принимают значение 1, а полученное значение поля CRC-3 соответствует источнику, присвоившему BWR\_IND значение 1 (а также присвоившему NCS значение 1).

Приемник определяет, что бит BWR\_IND возвращается в исходное положение после проверки RCON1–RCON3, когда биты BWR\_IND в обоих байтах RCON1 и RCON2 принимают значение 0, а полученное значение поля CRC-3 соответствует источнику, присвоившему BWR\_IND значение 0 (а NCS – значение 1).

В противном случае приемник сохраняет текущее состояние полученного сигнала BWR\_IND.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если второй и третий биты RCON1 и третий бит RCON2 равны 0, а бит NCS равен 1, то соответствующие значения CRC-3 составляют 110 при BWR\_IND = 1 и 111 при BWR\_IND = 0.

## 6.2.8 Поле CRC

Для упрощения проверки изменений в RCON используется поле CRC, которое защищает служебную нагрузку протокола изменения размера. RCON делится на две части, как показано на рисунке 6-2. CRC-3 контролирует бит RP вместе с протоколом BWR в области служебной нагрузки HO OPU и в области служебной нагрузки ODUflex(GFP). CRC-5 контролирует протокол LCR. Поскольку неиспользуемые биты равны 0 и остаток CRC для слова из всех нулей состоит из одних нулей, CRC-3 всегда будет правильным, даже если он не используется для изменения размера. Аналогично CRC-5 будет правильным, если эти поля не содержат информации (все нули) или содержат  $C_nD$ . Проверка CRC выполняется после получения поля, и если она завершается неудачей, то содержимое отклоняется. Если содержимое RCON прошло проверку CRC, то оно немедленно используется.

CRC-3 рассчитывается по битам 1–3 байтов RCON1 и RCON2. Для расчета CRC-3 используется порождающий многочлен  $g(x) = x^3 + x^2 + 1$ , и этот расчет производится следующим образом:

- 1) биты 1–3 RCON1 и биты 1–3 RCON2 рассматриваются в порядке передачи по сети, начиная со старшего значащего бита, образуя конфигурацию из шести битов, соответствующую коэффициентам многочлена 5-й степени  $M(x)$ ;
- 2)  $M(x)$  умножается на  $x^3$  и делится (по модулю 2) на  $G(x)$ , при этом получается остаток  $R(x)$  2-й или меньшей степени;
- 3) коэффициенты  $R(x)$  рассматриваются как последовательность из трех битов, в которой  $x^2$  является старшим значащим битом;
- 4) эта трехбитовая последовательность представляет собой CRC-3, где бит CRC-3, передаваемый первым, представляет собой коэффициент при  $x^2$ , а последний передаваемый бит представляет собой коэффициент при  $x^0$ .

В процессе обратного преобразования шаги 1–3 выполняются так же, как в процессе прямого преобразования. При отсутствии ошибочных битов остаток должен составить 000.

Реализация параллельной логики источника CRC-3 приведена в таблице 6-2.

Таблица 6-2 – Уравнения параллельной логики для реализации CRC-3

Преобразование битов служебной нагрузки	Биты контрольной суммы CRC		
	crc1	crc2	crc3
Бит 1 RCOH1		X	
Бит 2 RCOH1			X
Бит 3 RCOH1	X	X	
Бит 1 RCOH2		X	X
Бит 2 RCOH2	X	X	X
Бит 3 RCOH2	X		X

CRC-5 и его расчет определяются в Приложении D к [ITU-T G.709].

### 6.3 Протокол изменения размера

#### 6.3.1 Протокол изменения размера канального соединения (LCR)

Протокол LCR реализует процесс LCR\_Source в функции ODUkP/ODUj-21\_A\_So и процесс LCR\_Sink в функции ODUkP/ODUj-21\_A\_Sk. Процесс LCR\_Source взаимодействует с процессом LCR\_Sink, регулируя назначение компонентного интервала для ODUflex(GFP). У каждого канального соединения на трассе ODUflex(GFP) имеется свой собственный протокол LCR. Служебная нагрузка LCR переносится в байтах RCOH1–RCOH3 NO OPU, как показано на рисунке 6-2.

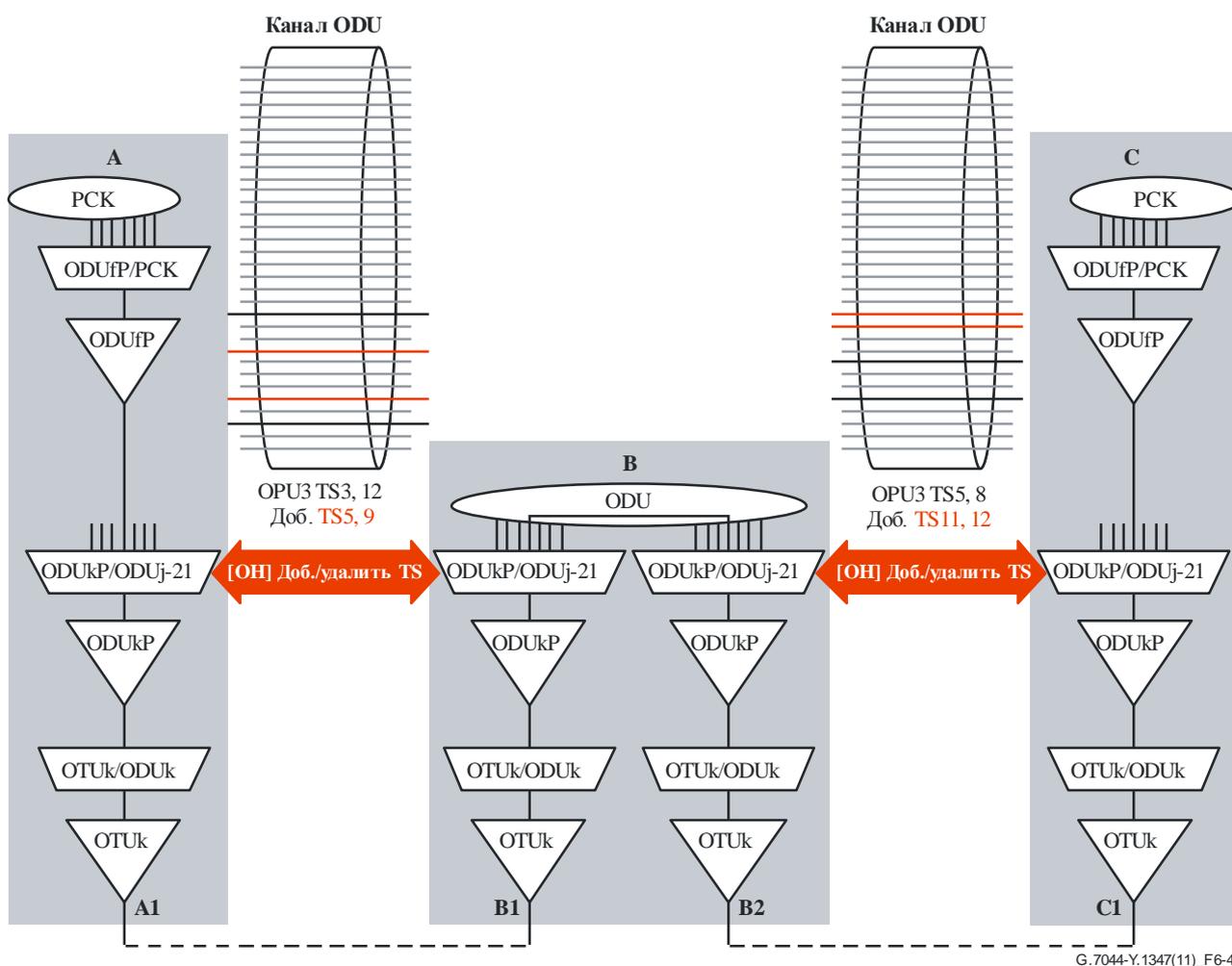


Рисунок 6-4 – Протокол LCR

Для протокола LCR используются поля CTRL, TSGS и TPID, определяемые в пункте 6.2.

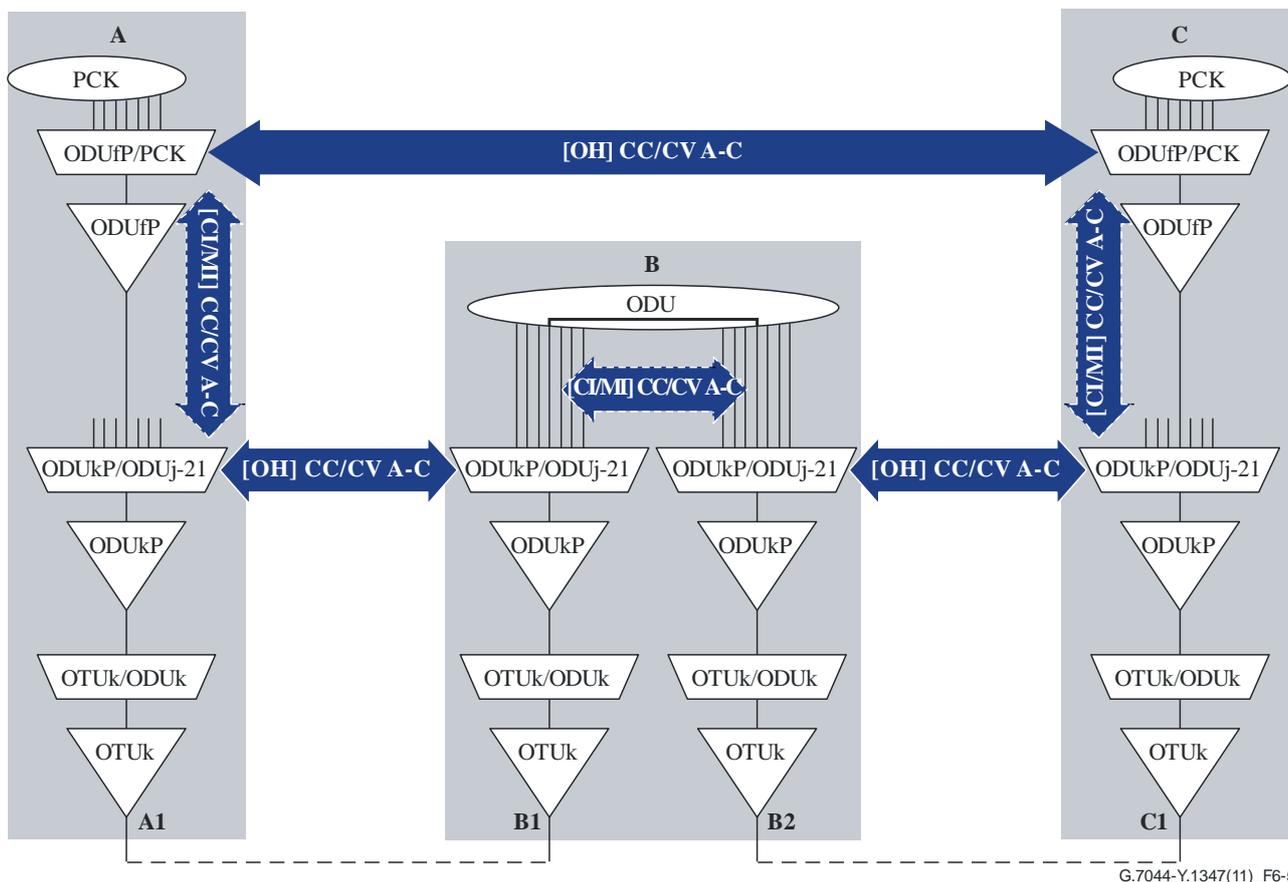
### 6.3.2 Протокол изменения размера полосы пропускания (BWR)

Протокол BWR реализует процесс BWR\_Source в функции ODUfP/PCK\_A\_So и процесс BWR\_Sink в функции ODUfP/PCK\_A\_Sk. Процесс BWR\_Source взаимодействует с процессом BWR\_Sink двумя способами: косвенно BWR\_Relay работает с функциями ODUkP/ODUj-21\_A, а непосредственно контролирует через OPUflex OH согласованность конфигурации компонентных интервалов, добавляемых к канальным соединениям ODUflex(GFP) или удаляемых из них, вдоль трассы и проверяет сетевое соединение трассы.

Каждая функция ODUkP/ODUj-21\_A\_So на трассе реализует процесс BWR\_Relay\_So, а каждая функция ODUkP/ODUj-21\_A\_Sk реализует процесс BWR\_Relay\_Sk. Смежные функции BWR\_Relay\_So и BWR\_Relay\_Sk взаимодействуют друг с другом через функцию ODU\_C посредством дополнительных, определяемых конкретным оборудованием сигналов ODUflex\_CI или через EMF посредством дополнительных, определяемых конкретным оборудованием сигналов ODUflex\_MI.

Процесс BWR\_Source взаимодействует с функцией BWR\_Relay\_So посредством определяемых конкретным оборудованием сигналов ODUflex\_CI или через EMF посредством дополнительных, определяемых конкретным оборудованием сигналов ODUflex\_MI.

Процесс BWR\_Sink взаимодействует с функцией BWR\_Relay\_Sk посредством определяемых конкретным оборудованием сигналов ODUflex\_CI или через EMF посредством дополнительных, определяемых конкретным оборудованием сигналов ODUflex\_MI.



G.7044-Y.1347(11)\_F6-5

Рисунок 6-5 – Протокол BWR

В протоколе BWR используются поля TSCC, NCS и BWR\_IND, определяемые в пункте 6.2.

## 6.4 Взаимодействие с плоскостью управления и/или контроля

Плоскость управления и контроля тесно связана с НАО при назначении конкретных TS, которые будут добавляться или удаляться по тем или иным канальным и матричным соединениям, а также при проверке успешного завершения операции изменения размера. Плоскость контроля или управления также назначает идентификаторы TPID, используемые для опознавания компонентного порта, к которому добавляются или из которого удаляются компонентные интервалы. Важно отметить, что с точки зрения плоскости контроля канальное соединение включает не каждый отдельный TS ODUflex, а весь набор TS HO ODUflex, который переносит ODUflex. Также важно, что плоскость контроля не делает никаких предположений относительно порядка изменения размера канальных соединений на протяжении всего сквозного маршрута. Следует также отметить, что промежуточные NE могут переносить несколько сигналов ODUflex(GFP) с различными начальными и/или конечными точками. Координация изменений размера ODUflex(GFP) в подобных сценариях выходит за рамки этой Рекомендации.

## 7 Процедура изменения размера

Для изменения размера ODUflex(GFP) используются протоколы LCR и BWR. При выполнении протокола LCR матричные соединения во всех узлах соединения ODUflex(GFP) должны поддерживать соответствующее увеличение или уменьшение пропускной способности. Детали этой поддержки зависят от конкретного оборудования и выходят за рамки настоящей Рекомендации.

### 7.1 Увеличение полосы пропускания

На рисунке 7-1 показана последовательность взаимодействий между протоколами LCR и BWR при увеличении полосы пропускания.

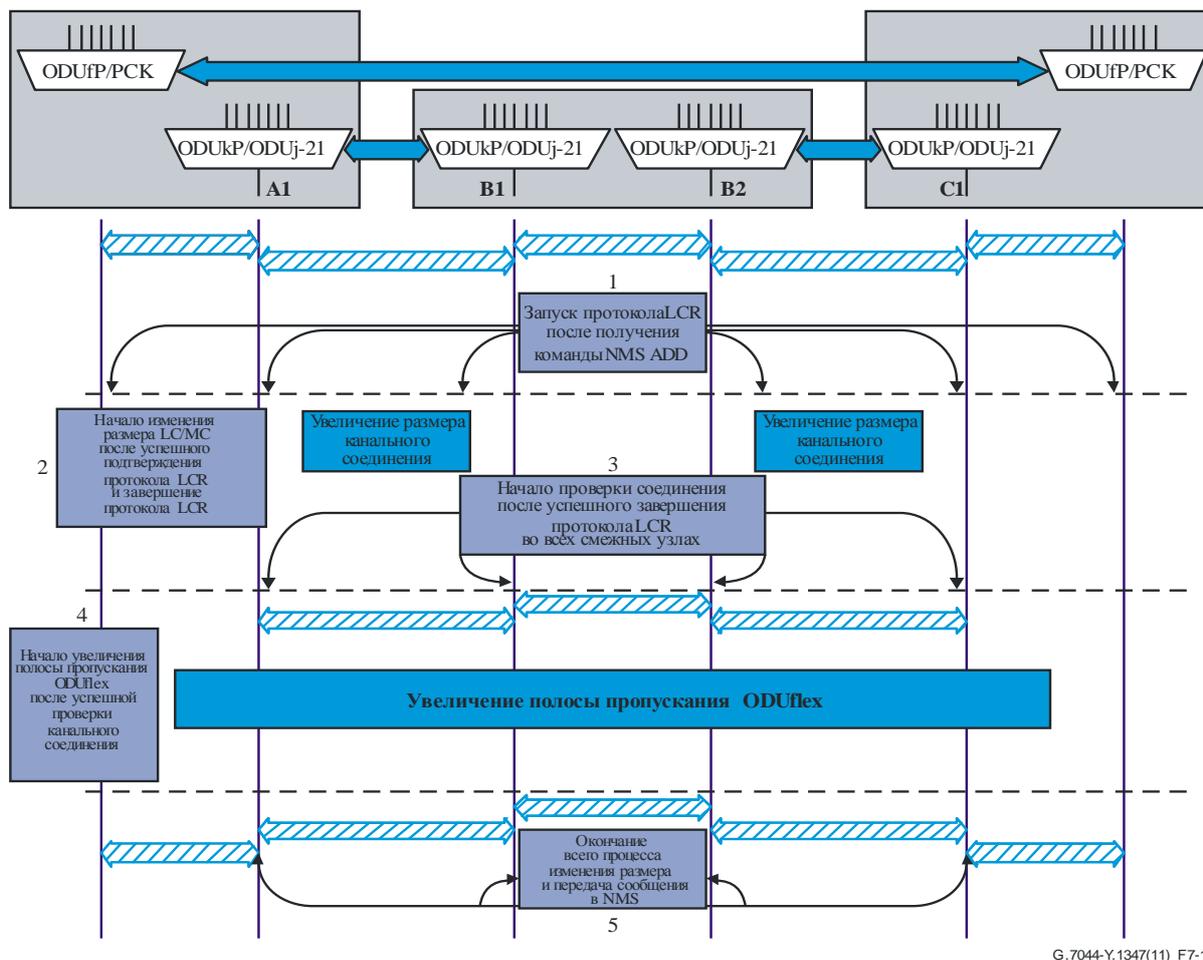


Рисунок 7-1 – Схема взаимодействия в случае увеличения полосы пропускания

Последовательность действий при увеличении полосы пропускания предусматривает следующие шаги.

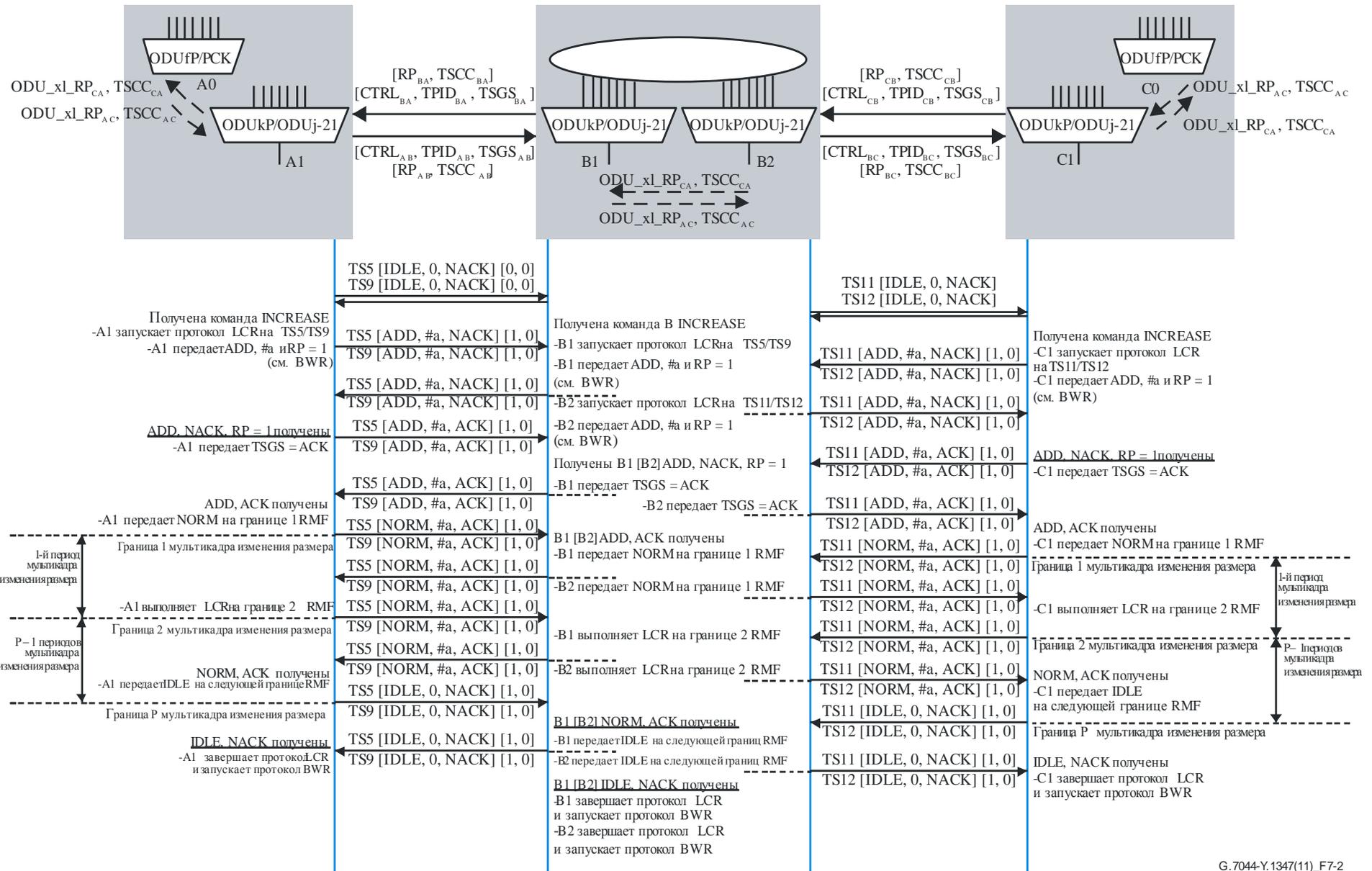
- Шаг 1 Каждый узел запускает протокол LCR после приема команды ADD от плоскости контроля или управления сети. Каждая пара источник–приемник ODUkP/ODUj-21\_A передает сигнал [ADD] в поле LCR CTRL и ожидает подтверждения [ACK] в бите LCR TSGS.
- Шаг 2 Каждый узел проверяет конфигурацию добавляемого набора TS. Узел подтверждает [ACK в бите LCR TSGS] добавление только в том случае, если его конфигурация TS идентична конфигурации, указанной узлом на другом конце участка. После этого квитирования узел начинает увеличение размера канального соединения. После увеличения размера канального соединения узел завершает протокол LCR.
- Шаг 3 По завершении протокола LCR узел источника ODUflex(GFP) в каждом добавляемом TS передает сигнал проверки соединения компонентного интервала [TSCC = 1]. Промежуточный узел передает информацию протокола BWR по измененному канальному соединению ODUflex(GFP) с измененным размером для продолжения проверки соединения посредством компонентного интервала. По завершении протокола LCR в обоих портах промежуточный узел передает информацию протокола BWR [TSCC = 1], принятую его входным портом, в выходной порт.
- Шаг 4 По завершении проверки соединения компонентного интервала два конечных узла начинают процесс увеличения полосы пропускания ODUflex(GFP). Изменение размера происходит постепенно во избежание переполнения буфера GMP.
- Шаг 5 Когда увеличение полосы пропускания заканчивается, протокол BWR завершается. Два конечных узла сообщают плоскости управления или контроля сети о завершении процесса изменения размера в целях увеличения полосы пропускания.

Подробное описание процедуры увеличения полосы пропускания делится на две части – для протокола LCR и для протокола BWR, которые показаны отдельно на рисунках 7-2 и 7-3. В этом описании для сигнализации LCR используется формат [<CTRL value>, <TPID#>, < TSGS value>].

На рисунке 7-2 показан протокол увеличения полосы пропускания LCR. Ниже приведено его подробное описание.

- 1 Получив команду INCREASE от плоскости управления или контроля сети, каждый узел запускает протокол LCR и протокол BWR. После получения команды INCREASE каждый узел проверяет готовность добавляемого TS (в EMF). После проверки готовности порты промежуточных узлов передают сигналы [ADD, #a, NACK] (генератор LCR), а также RP = 1 и TSCC = 0 (ретрансляционный генератор BWR). Порты двух конечных узлов передают сигналы [ADD, #a, NACK] (генератор LCR), а также RP = 1 и TSCC = 0 (ретрансляционный генератор BWR).
- 2 Проверив, что сигнал CTRL = ADD от порта на другом конце участка (генератор LCR) принимается и конфигурация TS локального порта идентична той, которая указывается портом на другом конце участка (приемник RCOH), каждый порт в качестве ответа смежному порту передает сигнал TSGS = ACK (генератор LCR).
- 3 После успешного подтверждения LCR в обоих направлениях, означающего, что проверка конфигурации пройдена успешно и сигнал TSGS = ACK передан (генератором LCR) и получен (приемником LCR) во всех TS, участвующих в процессе изменения размера канального соединения, каждый порт начинает процесс увеличения размера канального соединения. Получив сигнал ACK для всех добавляемых TS, порт после подтверждения LCR в первую очередь вместо [ADD, #a, ACK] посылает сигнал [NORM, #a, ACK] для каждого добавленного TS на границе мультикадра изменения размера. Следует отметить, что время, прошедшее с момента получения узлом сигналов ACK для всех TS до границы мультикадра изменения размера, на которой он начинает передавать [NORM, #a, ACK], зависит от реализации. Затем на первой границе мультикадра изменения размера после отправки сигнала [NORM, #a, ACK] этот узел начинает увеличение канального соединения с использованием всех добавленных TS. Переход от [ADD, #a, ACK] к [NORM, #a, ACK] сигнализирует нижележащему порту, что на следующей границе мультикадра изменения размера начнется увеличение канального соединения.

- 4 По завершении процесса изменения размера LCR и приема сигнала CTRL = NORM узел выходит из протокола LCR, передав сигнал [IDLE, 0, NACK] (генератор LCR) для каждого добавленного TS на границе Р мультикадра изменения размера. Иными словами, все вовлеченные TS выполняют свои сигнальные переходы одновременно (в одном и том же мультикадре изменения размера).
- 5 Проверив, что сигнал CTRL = IDLE от порта на другом конце участка (генератор LCR) получен, протокол LCR завершается в одном направлении. После этого запускается протокол BWR.



G.7044-Y.1347(11)\_F7-2

Рисунок 7-2 – Протокол LCR увеличения полосы пропускания

Протокол BWR увеличения полосы пропускания состоит из следующих шагов (рисунок 7-3).

- 1 После завершения протокола LCR и получения сигнала  $SCC = 1$  в направлении приемника входной порт приступает к установке своего процессора GMP Sink в специальный режим (ретрансляционный приемник BWR). По завершении протокола LCR в направлении источника выходной порт устанавливает свой процессор GMP Source в специальный режим (ретрансляционный генератор BWR). Прежде чем войти в специальный режим GMP в заданном направлении, этот узел, как ожидается, выполнит все необходимые внутренние регулировки буфера, связанные с изменением размера слова. После успешной установки этих процессоров GMP Sink и Source в специальный режим и подтверждения отсутствия дефектов dTIM, связанных с новыми матричными соединениями в вышележащих узлах, узел передает сигнал  $TSCC = 1$  в этом направлении и запрещает дальнейшие действия, связанные с TCM dTIM, на время действия протокола BWR (используя TIMActDis). Когда все промежуточные узлы передают сигнал  $TSCC = 1$ , он распространяется от источника к приемнику.
- 2 Когда сигналы  $TSCC = 1$  и  $RP = 1$  для всех добавленных TS достигают узла приемника ODUflex(GFP), входной порт отвечает установкой  $NCS = ACK(1)$  (генератор BWR) с целью указать на то, что весь маршрут в этом направлении приемлем и его подготовка соответствует конфигурации TS, полученной в виде значений TSCC (приемник RCOH). Так как NCS находится в области служебной нагрузки ODUflex(GFP), сигнал  $NCS = ACK(1)$  прозрачно возвращается к узлу на дальнем конце ODUflex(GFP), пройдя сквозь каждый промежуточный порт.
- 3 После того как конечный узел получил сигналы  $TSCC = 1$ ,  $RP = 1$  и  $NCS = ACK$  и в ответ на  $TSCC = 1$  передал  $NCS = ACK$ , двусторонний обмен сигналами завершается. Затем начинается процесс увеличения полосы пропускания. Сначала устанавливается  $BWR\_IND = 1$ . О скорости увеличения полосы пропускания см. в пункте 7.1.1. Процесс увеличения полосы пропускания завершается после установки  $BWR\_IND = 0$ .
- 4 Узел источника ODUflex(GFP) начинает передавать сигнал  $TSCC = 0$  вместо  $TSCC = 1$  (генератор BWR), указывая на завершение процесса увеличения полосы пропускания и свое возвращение в нормальный режим GMP в направлении передачи.
- 5 Когда входной порт промежуточного узла получает сигналы  $TSCC = 0$  и  $RP = 1$ , он устанавливает свой процессор GMP Sink в нормальный режим (ретрансляционный приемник BWR) и пересылает сигнал  $TSCC = 0$  в выходной порт. Когда процесс увеличения полосы пропускания заканчивается и получен сигнал  $TSCC = 0$ , выходной порт устанавливает свой процессор GMP Source в нормальный режим (ретрансляционный генератор BWR). После установки этих процессоров GMP в нормальный режим через этот узел немедленно передается  $TSCC = 0$  в данном направлении.
- 6 Когда сигнал  $TSCC = 0$  достигает приемника ODUflex(GFP) (приемник BWR), соответствующий источник ODUflex(GFP) передает ответ путем установки  $NCS = NACK$  (генератор BWR).
- 7 Получив и передав сигнал  $NCS = NACK$ , конечный узел начинает передачу кадров с  $RP = 0$  (генератор BWR). Когда промежуточный узел получает сигнал  $RP = 0$  (ретрансляционный приемник BWR), он прозрачно пересылает его нижележащему узлу (ретрансляционный генератор BWR). Операция увеличения полосы пропускания завершается, когда сигнал  $RP = 0$  доходит до другого конечного узла, указывая на то, что промежуточные узлы закончили передачу информации TSCC и все другие операции протокола изменения размера. Получив сигнал  $RP = 0$  и передав  $RP = 0$  в противоположном направлении, узел приемника ODUflex(GFP) сообщает плоскости управления или контроля сети о завершении процесса изменения размера в целях увеличения полосы пропускания в данном направлении (генератор BWR).
- 8 Весь процесс завершается, когда плоскость контроля или управления сети получает сообщение о завершении процесса в обоих направлениях.



### 7.1.1 Скорость увеличения полосы пропускания ODUflex(GFP)

Во время выполнения BWR (под управлением узла источника, который передает сигналы нижележащим узлам, используя служебную нагрузку BWR\_IND) частота синхронизации ODUflex(GFP) повышается со скоростью 512 000 кбит/с<sup>2</sup>, причем допуск на угол наклона кривой составляет  $\pm 100$  ppm [511 897.. 512 102 кбит/с<sup>2</sup>]. Такой скорости повышения частоты можно достичь путем увеличения на 8 бит каждые 125 мкс. Для запуска и остановки изменения частоты в нижележащих узлах используется BWR\_IND.

Методы измерения характеристик прохождения тактовых сигналов через промежуточный узел описываются в Дополнении I.

Данные ODUflex(GFP) извлекаются из групп, включающих M последовательных байтов области полезной нагрузки ODTUk.M под управлением механизма управления данными/заполнением GMP, как указано в пункте 19.6 [ITU-T G.709], и записываются в буфер. Информация относительно  $C_n$ , связанная с ODU<sub>j</sub>, вычисляется путем обработки параметра  $C_m$  GMP, содержащегося в служебной нагрузке JC1/2/3 ODTUk.M, как указано в пункте 19.6 [ITU-T G.709]. Механизм управления данными/заполнением GMP описывается в Приложении D к [ITU-T G.709].

Данные ODUflex(GFP) (CI\_D) считываются из буфера под управлением тактового сигнала (CI\_CK) ODUflex(GFP).

Процесс сглаживания и ограничения дрожания. Эта функция обеспечивает процесс сглаживания и гибкого сохранения данных (в буфере) для тактового сигнала. Сигнал данных ODUflex(GFP) записывается в буфер под контролем соответствующего входного тактового сигнала (с разрывами) ODUk (с точностью частоты в пределах  $\pm 20$  ppm). Сигнал данных считывается из буфера под контролем сглаженного (равномерно разнесенного) тактового сигнала ODUflex(GFP) (скорость определяется сигналом ODUflex(GFP) на входе удаленного ODUkP/ODUflex-21\_A\_So).

Применяются параметры тактового сигнала, включая требования к дрожанию и дрейфу, указанные в Приложении A [ITU-T G.8251] (тактовый сигнал ODCp).

Размер буфера. При наличии дрожания, указанного в [ITU-T G.8251], и на частоте в диапазоне допуска, указанного для сигнала ODU<sub>j</sub> в таблице 14-2, этот процесс согласования не приведет к появлению каких-либо ошибок. Гистерезис буфера не должен превышать  $4 \times M$  байтов для ODUflex(GFP), который занимает M компонентных интервалов.

### 7.1.2 Изменение положения OH GMP во время увеличения полосы пропускания

Служебная нагрузка OH GMP расположена в последней TSOH, занятой ODUflex в HO OPUk. В процессе НАО во время увеличения полосы пропускания при добавлении в ODUflex(GFP) TS с более высокими номерами положение OH GMP изменяется.

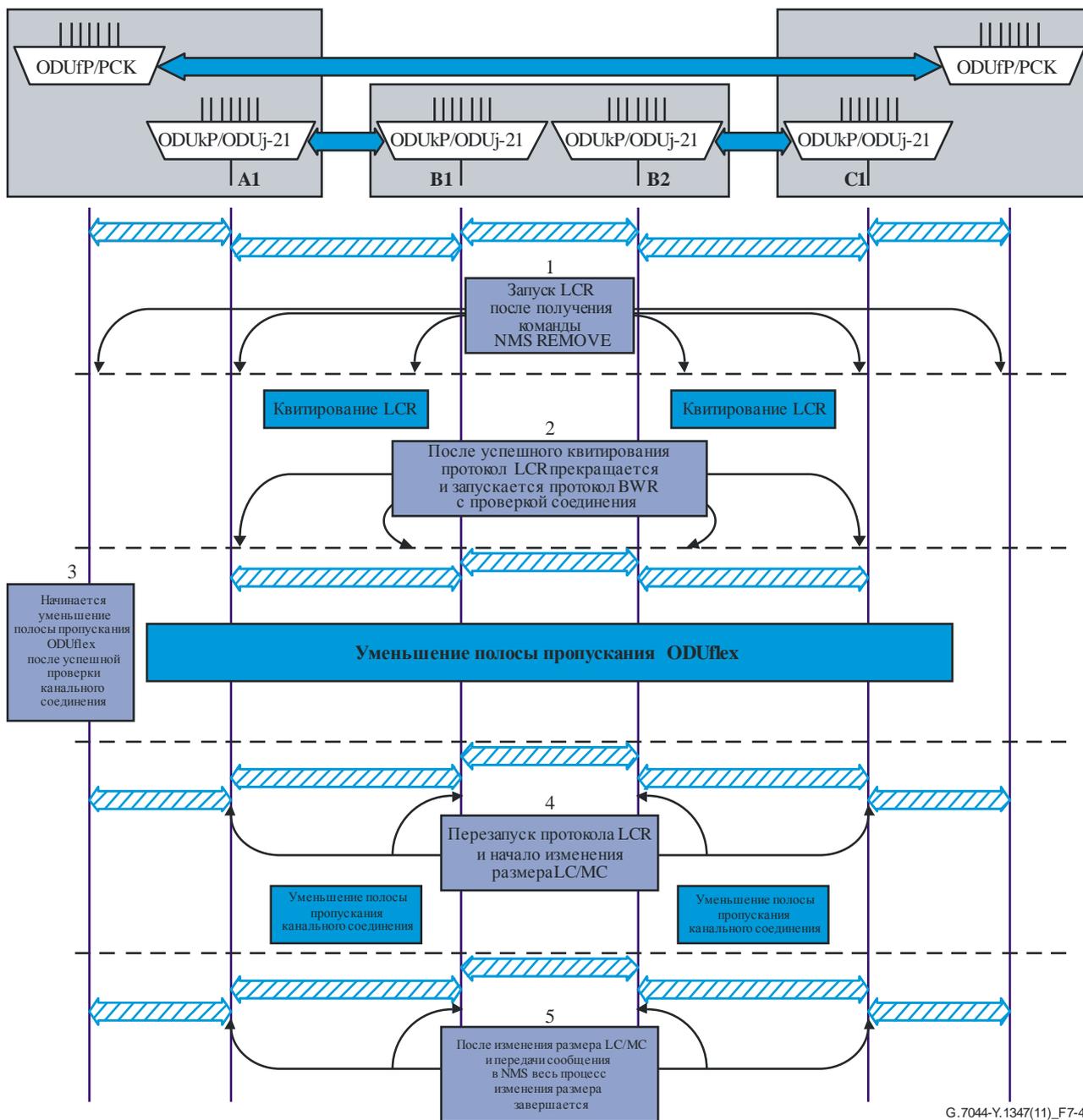
До LCR источник переносит OH GMP в первоначально последней TSOH, занимаемой ODUflex(GFP). Соответственно приемник извлекает OH GMP из первоначально последней TSOH, занимаемой ODUflex(GFP).

Во время увеличения полосы пропускания LCR источник после подтверждения LCR начинает передавать на границе мультикадра изменения размера сигналы [NORM, #a, ACK] вместо [ADD, #a, ACK]. Затем на следующей границе мультикадра изменения размера источник начинает изменение размера канального соединения и передает OH GMP в новой последней TSOH, занимаемой ODUflex(GFP). До этого источник переносит OH GMP в первоначально последней TSOH, занимаемой ODUflex(GFP). Во время следующего мультикадра изменения размера после получения от источника сигнала [NORM, #a, ACK] приемник рассчитывает извлечь OH GMP из новой последней TSOH, занимаемой ODUflex(GFP). Теперь OH GMP располагается в новой последней TSOH, занимаемой ODUflex(GFP) в HO ODUk.

Например, TP1 первоначально располагался в TS 3, 4 и 8 OPU3, а теперь продвинулся на два TS (например, TS1 и TS13). До LCR служебная нагрузка OH GMP находилась в первоначально последней TSOH, то есть в TSOH TS8. После LCR служебная нагрузка OH GMP располагается в новой последней TSOH, то есть в TSOH TS13.

## 7.2 Уменьшение полосы пропускания

На рисунке 7-4 показана последовательность взаимодействия между протоколами LCR и BWR при уменьшении полосы пропускания.



G.7044-Y.1347(11)\_F7-4

Рисунок 7-4 – Схема взаимодействия в случае уменьшения полосы пропускания

Последовательность уменьшения полосы пропускания предусматривает следующие шаги.

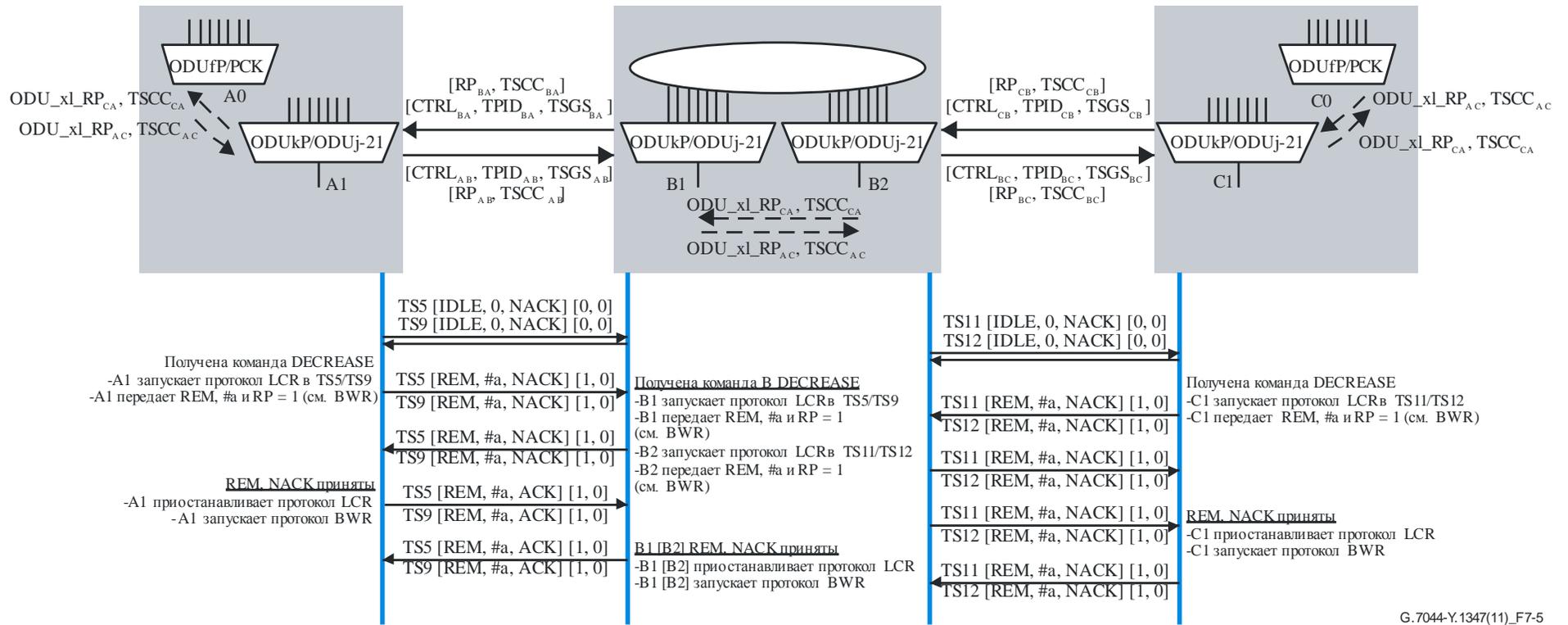
Шаг 1 По получении команды REMOVE от плоскости управления или контроля сети каждый узел запускает протокол LCR. Каждая пара источника и приемника ODUkP/ODUj-21\_A помещает в поле CTRL LCR сигнал [REMOVE].

- Шаг 2 Каждый узел проверяет соответствие конфигурации удаляемого набора TS. Узел приостанавливает протокол LCR и вводит протокол BWR, только если набор TS, подлежащий удалению, идентичен набору, к удалению которого подготовлен узел. В каждом удаляемом TS узел источника ODUflex(GFP) передает информацию о проверке соединения компонентного интервала [TSCC = 1]. Промежуточные узлы передают эту информацию о TSCC в направлении приемника ODUflex(GFP).
- Шаг 3 По завершении проверки соединения компонентного интервала два конечных узла начинают процесс уменьшения полосы пропускания ODUflex(GFP). Изменение размера происходит постепенно во избежание переполнения буфера GMP.
- Шаг 4 По окончании процесса уменьшения полосы пропускания ODUflex(GFP) протокол LCR перезапускается.
- Шаг 5 После возобновления протокола LCR каждый узел начинает процесс изменения размера LC. Затем каждый узел выходит из протокола LCR и протокола BWR. Два конечных узла сообщают плоскости управления или контроля сети о завершении процесса изменения размера в целях уменьшения полосы пропускания.

Процедура уменьшения полосы пропускания подразделяется на три части: протокол LCR в начале процесса уменьшения, протокол BWR и протокол LCR в конце процесса уменьшения. Эти три части показаны отдельно на рисунках 7-5, 7-6 и 7-7.

На рисунке 7-5 показан протокол LCR в начале процесса уменьшения полосы пропускания. Ниже приведено подробное описание. В этом описании для сигнализации LCR используется формат [<CTRL value>, <TPID#>, <TSGS value>].

- 1 Получив команду DECREASE от плоскости управления или контроля сети, каждый узел запускает протокол LCR и протокол BWR. После получения команды DECREASE каждый узел проверяет использование удаляемого TS (в EMF). После проверки использования порты промежуточных узлов передают сигнал [REM, #a, NACK] (генератор LCR), а также RP = 1 и TSCC = 0 (ретрансляционный генератор BWR). Порты двух конечных узлов передают сигнал [REM, #a, NACK], а также RP = 1 и TSCC = 0 (ретрансляционный генератор BWR).
- 2 Проверив, что сигнал CTRL = REM от порта на другом конце участка (генератор LCR) получен и конфигурация TS локального порта идентична той, которая указана портом на другом конце участка (приемник RCOH), каждый порт устанавливает свой процессор GMP Source или GMP Sink в специальный режим. Протокол LCR приостанавливается, и порт продолжает работать с протоколом BWR. Получив сигнал TSCC = 1, каждый входной порт устанавливает свой процессор GMP Sink в специальный режим.



G.7044-Y.1347(11)\_F7-5

Рисунок 7-5 – Протокол уменьшения полосы пропускания LCR

Протокол BWR уменьшения полосы пропускания состоит из следующих шагов (рисунок 7-6).

- 1 Когда протокол LCR выходного порта (в конечном или промежуточном узле) приостановлен, выходной порт устанавливает свой процессор GMP Source в специальный режим (ретрансляционный генератор BWR). Прежде чем войти в специальный режим GMP в заданном направлении, этот узел, как предполагается, должен выполнить все необходимые внутренние регулировки буфера, связанные с изменением размера слова. После успешной установки процессора GMP Source в специальный режим и подтверждения отсутствия ошибок dTIM, связанных с новыми матричными соединениями в вышележащих узлах, выходной порт передает принятый сигнал TSCC = 1 в этом направлении (ретрансляционный генератор BWR) и запрещает дальнейшие действия, связанные с TCM dTIM, на время действия протокола BWR (используя TIMActDis). Сигнал TSCC передается в служебной нагрузке HO OPUK, связанной с каждым удаляемым TS.
- 2 После приостановки протокола LCR во входном порте (в конечном или промежуточном узле) входной порт начинает установку своего процессора GMP Sink в специальный режим, как только получает сигнал TSCC = 1 (ретрансляционный приемник BWR). Прежде чем войти в специальный режим GMP в заданном направлении, этот узел, как предполагается, должен выполнить все необходимые внутренние регулировки буфера, связанные с изменением размера слова. После успешной установки процессора GMP Sink в специальный режим и подтверждения отсутствия ошибок dTIM, связанных с новыми матричными соединениями в вышележащих узлах, входной порт передает сигнал TSCC = 1 (ретрансляционный приемник BWR) в этом направлении и запрещает дальнейшие действия, связанные с TCM dTIM, на время действия протокола BWR (используя TIMActDis).
- 3 Когда все промежуточные входные и выходные порты передают сигнал TSCC = 1, он распространяется от источника к приемнику.
- 4 Когда сигнал TSCC = 1 для всех удаленных TS достигает приемника ODUflex(GFP), тот отвечает установкой NCS = ACK(1) (генератор BWR), указывая на то, что весь маршрут в этом направлении в порядке. Поскольку NCS находится в области служебной нагрузки ODUflex, NCS = ACK(1) прозрачно проходит через каждый узел и конечный узел на дальнем конце ODUflex(GFP).
- 5 После того как конечный узел ODUflex(GFP) получил оба сигнала TSCC = 1 и NCS = ACK(1) и в ответ на TSCC = 1 передал NCS = ACK(1), двусторонний обмен сигналами завершается. Затем начинается процесс уменьшения полосы пропускания. Сначала устанавливается BWR\_IND = 1. Подробное описание скорости уменьшения полосы пропускания приведено в пункте 7.2.1. Этот процесс завершается после установки BWR\_IND = 0.
- 6 Установив свой процессор GMP Source в нормальный режим (ретрансляционный генератор BWR), узел источника ODUflex(GFP) начинает передавать сигнал TSCC = 0 вместо TSCC = 1 (генератор BWR, ретрансляционный генератор BWR), сигнализируя о завершении процесса уменьшения полосы пропускания и своем возвращении в нормальный режим GMP в направлении передачи.
- 7 Когда входной порт промежуточного узла получает сигналы TSCC = 0 и RP = 1, он устанавливает свой процессор GMP Sink в нормальный режим (ретрансляционный приемник BWR) и пересылает сигнал TSCC = 0 в выходной порт. Выходной порт устанавливает свой процессор GMP Source в нормальный режим (ретрансляционный генератор BWR). После установки этих процессоров GMP в нормальный режим через этот узел немедленно передается TSCC = 0 в данном направлении.
- 8 Когда сигнал TSCC = 0 достигает приемника ODUflex(GFP) (приемник BWR), соответствующий источник ODUflex(GFP) отправляет ответ путем установки NCS = NACK(0) (генератор BWR).
- 9 Когда конечный узел ODUflex(GFP) получает и отправляет NCS = NACK(0), протокол BWR почти завершен и может возобновляться протокол LCR.

- 10 Когда конечный узел ODUflex(GFP) получает и отправляет  $NCS = NACK$ , он устанавливает  $RP = 0$  (генератор BWR). Ретрансляционный генератор BWR блокирует передачу этого сигнала  $RP = 0$  в выходной порт до завершения протокола LCR.
- 11 Когда в конечном узле ODUflex(GFP) протокол LCR завершается, он разблокирует передачу  $RP = 0$ . Когда промежуточный входной порт получает сигнал  $RP = 0$  (ретрансляционный приемник BWR), он прозрачно пересылает его в соответствующий выходной порт (ретрансляционный генератор BWR). Операция увеличения полосы пропускания завершается, когда сигнал  $RP = 0$  доходит до дальнего конечного узла, указывая на то, что промежуточные узлы закончили свою передачу информации TSCC и все другие операции протокола изменения размера. Получив сигнал  $RP = 0$  и передав  $RP = 0$  в противоположном направлении, узел приемника ODUflex(GFP) сообщает плоскости управления или контроля сети о завершении процесса изменения размера в целях увеличения полосы пропускания в данном направлении (генератор BWR).



Рисунок 7-7 иллюстрирует операции протокола LCR в конце процесса уменьшения полосы пропускания. На этом этапе протокол LCR состоит из следующих шагов.

- 1 Если он запущен процессом ретрансляционного генератора BWR, то выходной порт передает сигнал TSGS = ACK(1).
- 2 Если переданы сигналы CTRL = REM и TSGS = ACK и на той же стороне приняты сигналы CTRL = REM и TSGS = ACK(1), то через промежуток времени, зависящий от реализации, порт передает сигнал [NORM, #а, ACK] для каждого удаляемого TS на той же границе (граница 1 RMF) мультикадра изменения размера (генератор LCR). Передав сигнал [NORM, #а, ACK], порт выполняет процедуру уменьшения полосы пропускания канального соединения ODUflex(GFP). Переход от [REM, #а, ACK] к [NORM, #а, ACK] сигнализирует нижележащему порту, что на следующей границе мультикадра изменения размера (граница 2 RMF) начнется уменьшение полосы пропускания канального соединения.
- 3 По истечении конкретного промежутка времени, зависящего от реализации, после завершения процесса изменения размера LCR и получении сигнала NORM для каждого удаляемого TS, порт завершает протокол LCR, отправив сигнал [IDLE, 0, NACK] для каждого удаляемого TS на границе Р мультикадра изменения размера (генератор LCR).
- 4 Когда выходной порт конечного узла ODUflex(GFP) завершает протокол LCR, он передает сигнал RP = 0.
- 5 Выходной порт промежуточного узла пересылает сигнал RP = 0 после завершения им протокола LCR (ретрансляционный генератор BWR). Входной порт ретранслирует входящий сигнал RP = 0 (ретрансляционный приемник BWR).
- 6 Как только конечный узел ODUflex(GFP) получает сигнал RP = 0 и передает RP = 0 в противоположном направлении, он сообщает плоскости управления или контролю сети о завершении процесса изменения размера в целях уменьшения полосы пропускания в данном направлении.

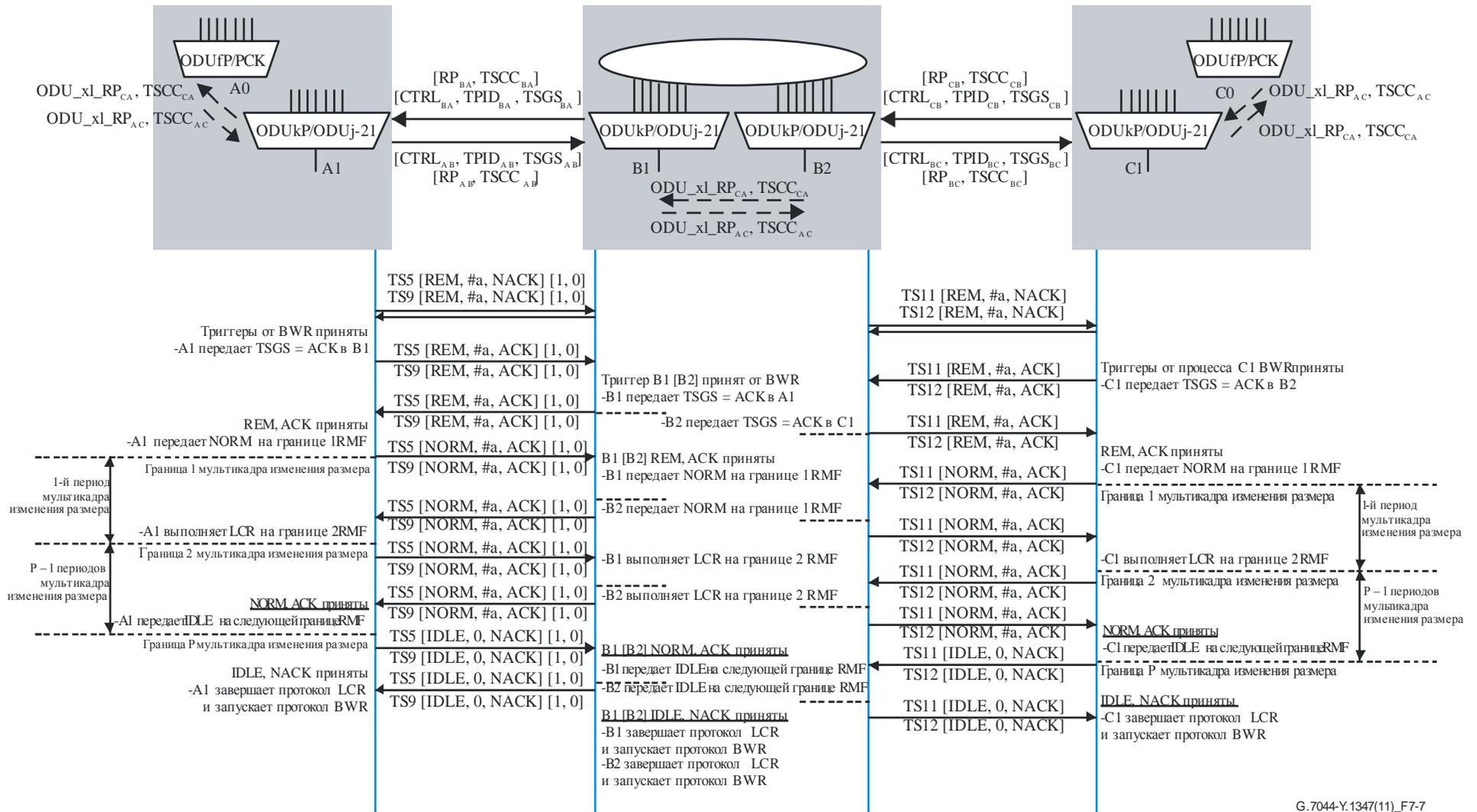


Рисунок 7-7 – Протокол LCR в конце процесса уменьшения полосы пропускания

### 7.2.1 Скорость уменьшения полосы пропускания ODUflex(GFP)

Во время выполнения операции BWR (под управлением узла источника, который передает сигналы нижележащим узлам, используя служебную нагрузку BWR\_IND) частота синхронизации ODUflex(GFP) понижается со скоростью 512 000 кбит/с<sup>2</sup>, причем допуск на угол наклона кривой составляет  $\pm 100$  ppm [511 897.. 512 102 кбит/с<sup>2</sup>]. Эта скорость понижения частоты может быть достигнута путем сокращения на 8 бит каждые 125 мкс. Для запуска и остановки изменения частоты в нижележащих узлах используется BWR\_IND.

Методы измерения характеристик прохождения тактовых сигналов через промежуточный узел описываются в Дополнении I.

Данные ODUflex(GFP) извлекаются из групп, включавших  $M$  последовательных байтов области полезной нагрузки ODTUk.M под управлением механизма управления данными/заполнением GMP, как указано в пункте 19.6 [ITU-T G.709], и записываются в буфер. Данные относительно  $C_n$ , связанные с ODUj, вычисляются путем обработки параметра  $C_m$  GMP, содержащегося в служебной нагрузке JC1/2/3 ODTUk.M, как указано в пункте 19.6 [ITU-T G.709]. Механизм управления данными/заполнением GMP описывается в Приложении D к [ITU-T G.709].

Данные ODUflex(GFP) (CI\_D) считываются из буфера под управлением тактового сигнала (CI\_CK) ODUflex(GFP).

Процесс сглаживания и ограничения дрожания. Эта функция обеспечивает для тактового сигнала процесс сглаживания и гибкого сохранения данных (в буфере). Сигнал данных ODUflex(GFP) записывается в буфер под контролем соответствующего входного тактового сигнала (с разрывами) ODUk (с точностью частоты в пределах  $\pm 20$  ppm). Сигнал данных считывается из буфера под контролем сглаженного тактового сигнала ODUflex(GFP) (скорость определяется сигналом ODUflex(GFP) на входе удаленного ODUkP/ODUflex-21\_A\_So).

Применяются параметры тактового сигнала, включая требования к дрожанию и дрейфу, как указано в [ITU-T G.8251] (тактовый сигнал ODCp).

Размер буфера. При наличии дрожания, указанного в [ITU-T G.8251], и на частоте в диапазоне допуска, указанного для сигнала ODUj в таблице 14-2, этот процесс согласования не приводит к появлению каких-либо ошибок. Гистерезис буфера не должен превышать  $4 \times M$  байтов для ODUflex(GFP), который занимает  $M$  компонентных интервалов.

### 7.2.2 Изменение положения ОН GMP в процессе уменьшения полосы пропускания

Во время уменьшения полосы пропускания ODUflex(GFP) процесс НАО вводит ограничение, согласно которому TS с наибольшим номером, занимаемый ODUflex(GFP), не удаляется. Поэтому изменять положение ОН GMP не нужно.

Например, TP1 первоначально размещался в TS 3, 4 и 8 OPU3 и уменьшился на два TS. В соответствии с НАО вместо последнего TS, а именно TS8, будут удалены TS3 и TS4. До начала LCR служебная нагрузка ОН GMP находится в TSOH последних трех компонентных интервалов (TSOH TS8). После окончания LCR местоположение ОН GMP остается тем же.

## **8        Сигналы технического обслуживания**

Сигнал ODUflex(GFP) соответствует спецификации сигналов технического обслуживания, приведенной в пункте 16.5 [ITU-T G.709], за исключением описываемых ниже моментов.

Когда во время операции BWR узел начинает изменение своей выходной полосы пропускания в ответ на получение бита BWR\_IND, а затем обнаруживает ошибку сигнала в этом направлении, он вставляет AIS с номинальной скоростью изменения. Иными словами, выходная скорость передачи сигнала AIS из данного узла соответствует внутренней скорости изменения полосы пропускания этого узла, так что сигнал AIS будет по-прежнему поступать со скоростью, ожидаемой нижележащими узлами. Изменение скорости передачи сигналов AIS узлом продолжается до тех пор, пока не будет достигнута окончательная номинальная целевая скорость для сигнала ODUflex(GFP).

Для того чтобы предотвратить возможные проблемы переполнения/неполной загрузки буфера из-за ошибок dTIM уровня TCM, в период выполнения BWR вставка AIS из-за ошибок dTIM уровня TCM должна быть запрещена.

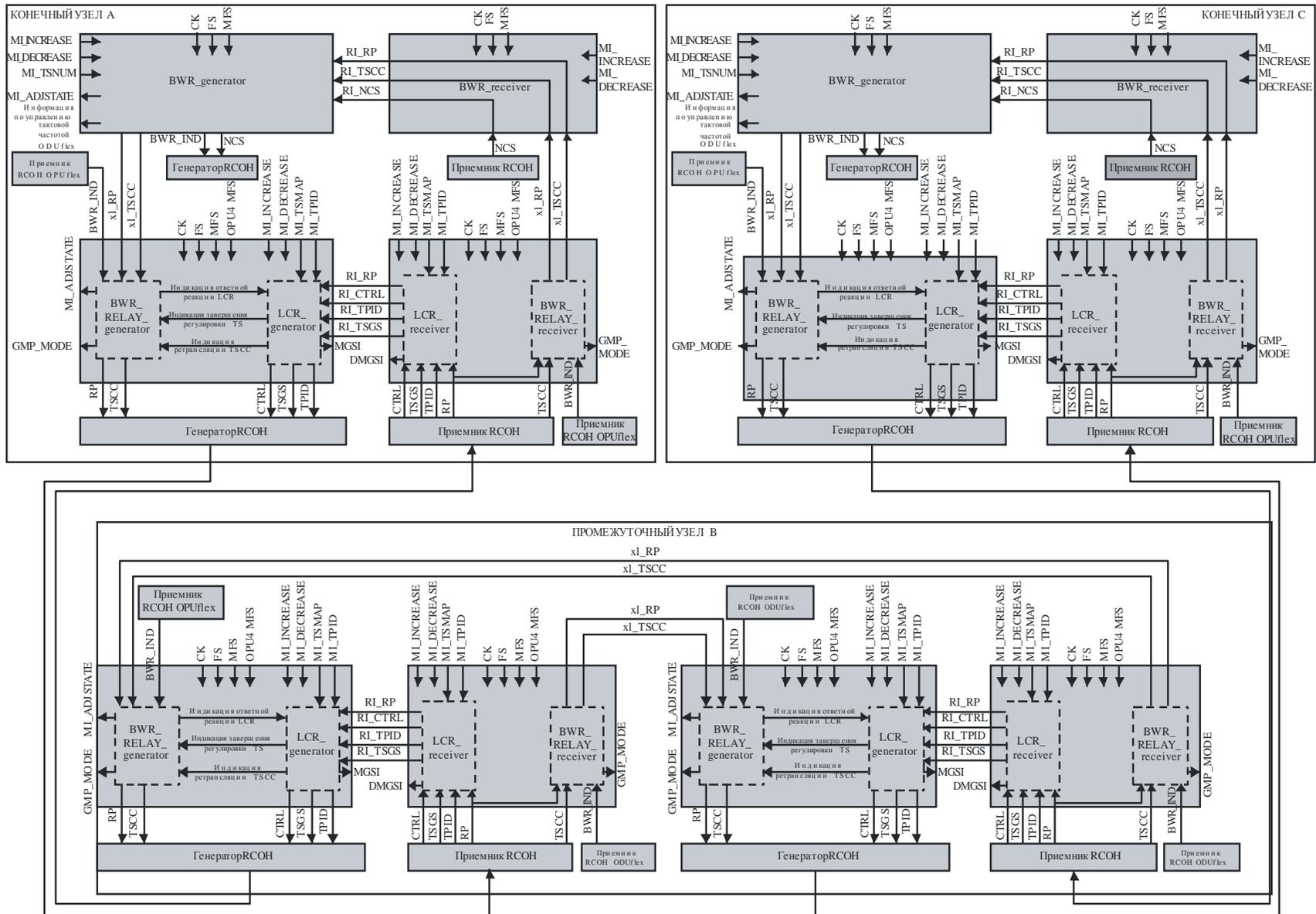
## Приложение А

### SDL-схемы НАО

(Данное Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

#### **А.1 Обзор процесса регулировки ODUflex(GFP) (НАО) без прерывания связи**

На рисунке А.1 показано, как использовать регулировку процессов НАО ODUflex(GFP) без прерывания связи для случая соединения ODUflex(GFP) с двумя канальными соединениями. Этот пример показывает функциональные возможности НАО при наличии двух конечных узлов ODUflex(GFP) и одного промежуточного узла, а также служит иллюстрацией возможной связи между процессами НАО.



G.7044-Y.1347(11)\_FA-1

Рисунок А.1 – Обзор процесса АВО

## А.2 SDL-схемы НАО

Хотя протокол НАО определяет протокол изменения размера канального соединения (LCR) и протокол изменения размера полосы пропускания (BWR), во избежание неопределенного зависания протокола для передачи сообщения об ошибке в функцию управления оборудованием (EMF) используется один таймер сеанса. Это позволяет реализовать более гибкую политику в области управления (например, возобновление сеансов в случае ошибок).

Таймер сеанса запускается сразу же после запуска протокола LCR. При появлении состояния ошибки в таймере сеанса заканчивается отсчет времени. Затем во все процессы НАО передается сигнал прерывания MI\_ABORT, устанавливается значение IDLE служебной нагрузки протокола LCR и последнее значение служебной нагрузки протокола BWR сохраняется до тех пор, пока сообщение об ошибке не дойдет до EMF, после чего устанавливаются значение IDLE служебной нагрузки протокола BWR.

Приемник RCON проверяет, является ли конфигурация компонентных интервалов локального порта идентичной той, на которую указывает порт, расположенный на другом конце участка. Несоответствие доводится до сведения NMS.

На SDL-схемах НАО используются следующие соглашения.

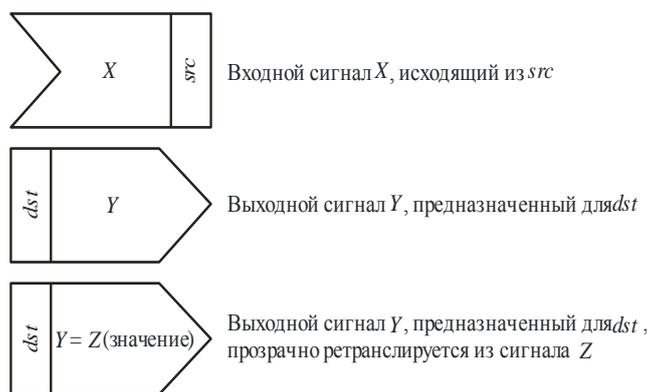
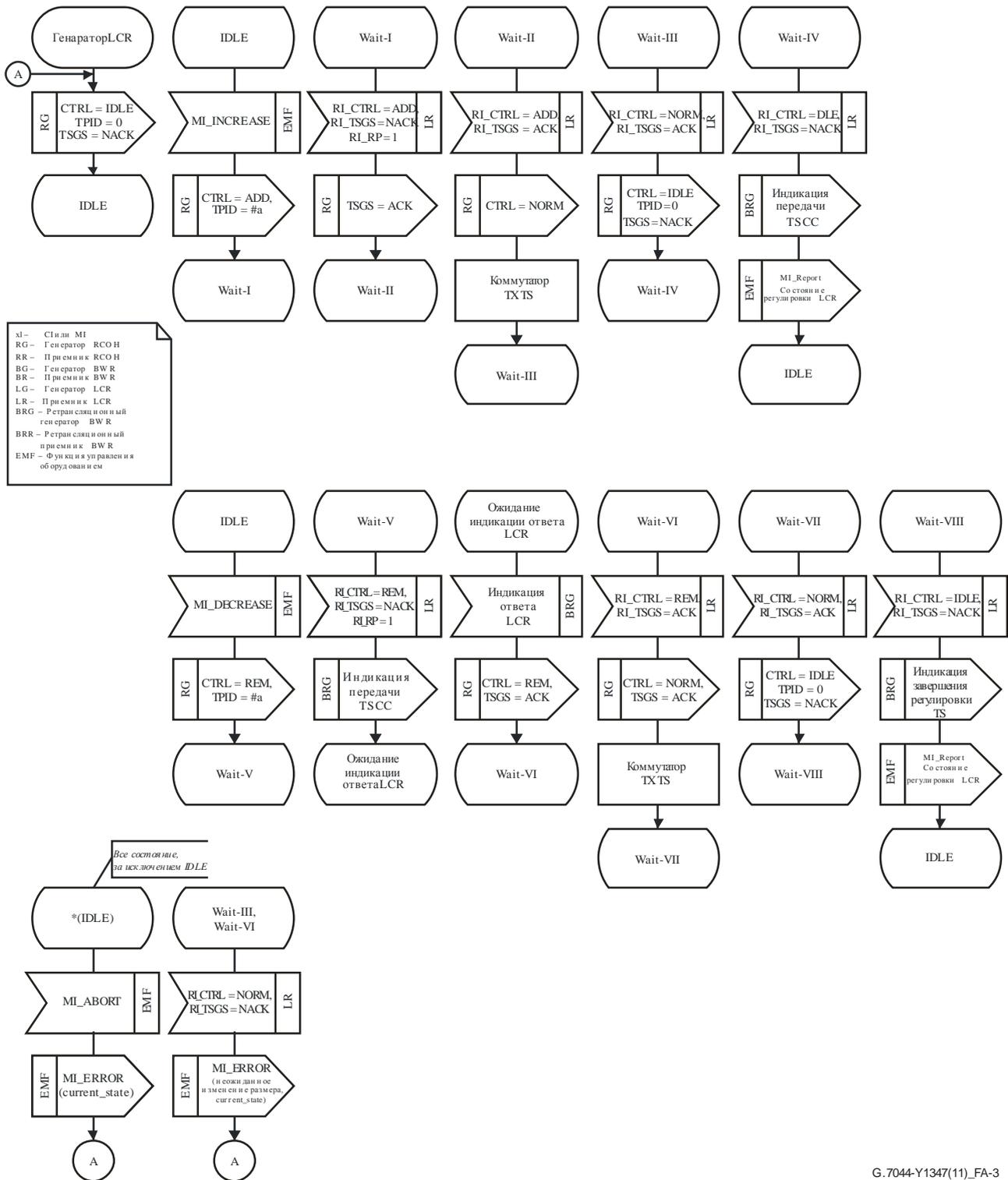


Рисунок А.2 – Условные обозначения SDL

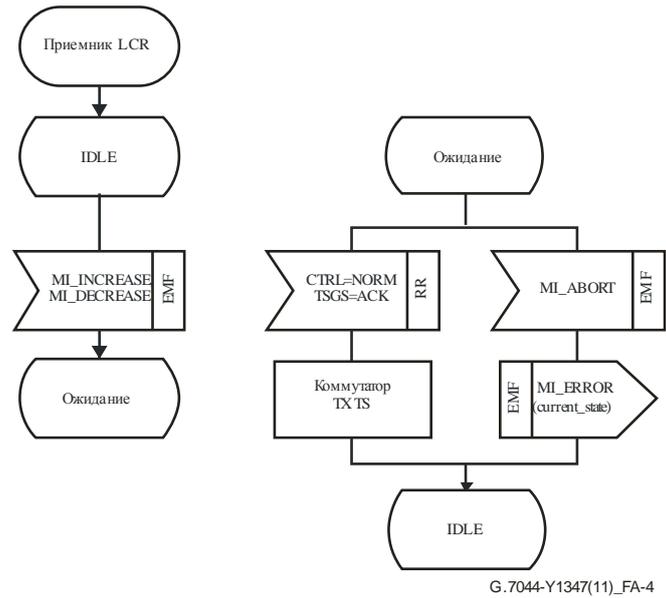
На рисунке А.3 представлена SDL-спецификация генератора LCR.



G.7044-Y1347(11)\_FA-3

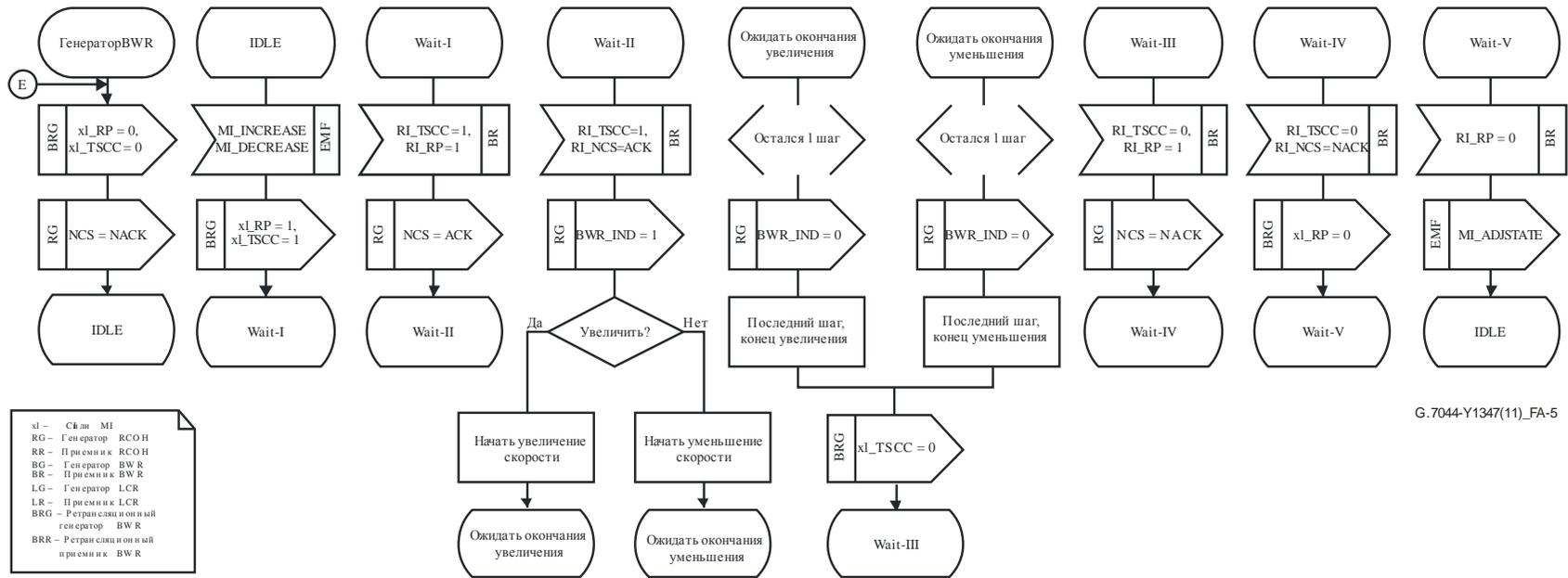
Рисунок А.3 – SDL-схема генератора LCR

На рисунке А.4 представлена SDL-спецификация приемника LCR.



**Рисунок А.4 – SDL-схема приемника LCR**

На рисунке А.5 представлена SDL-спецификация генератора BWR.



G.7044-Y1347(11)\_FA-5

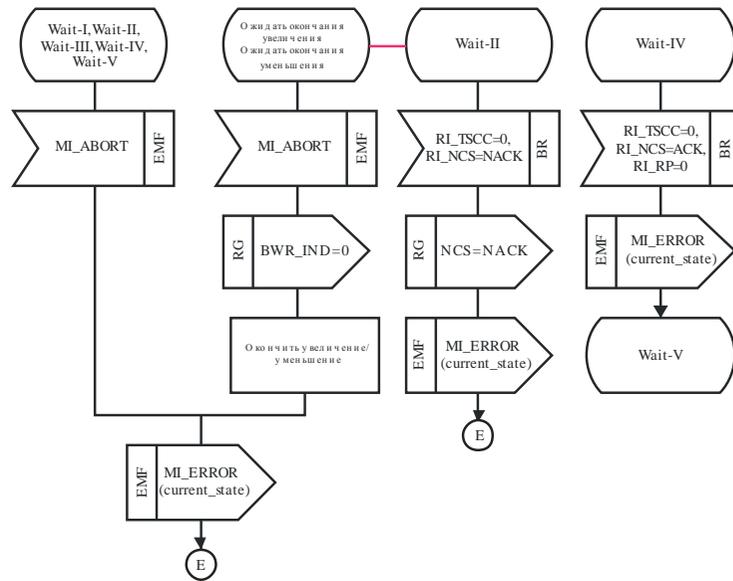
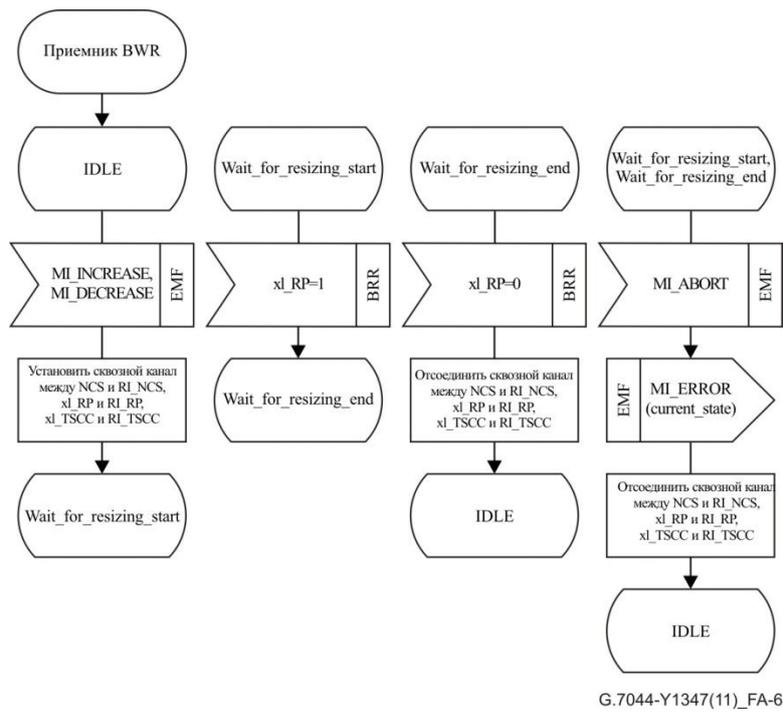


Рисунок А.5 – SDL-схема генератора BWR

На рисунке А.6 представлена SDL-спецификация приемника BWR.



**Рисунок А.6 – SDL-схема приемника BWR**

На рисунке А.7 представлена SDL-спецификация ретрансляционного генератора BWR.

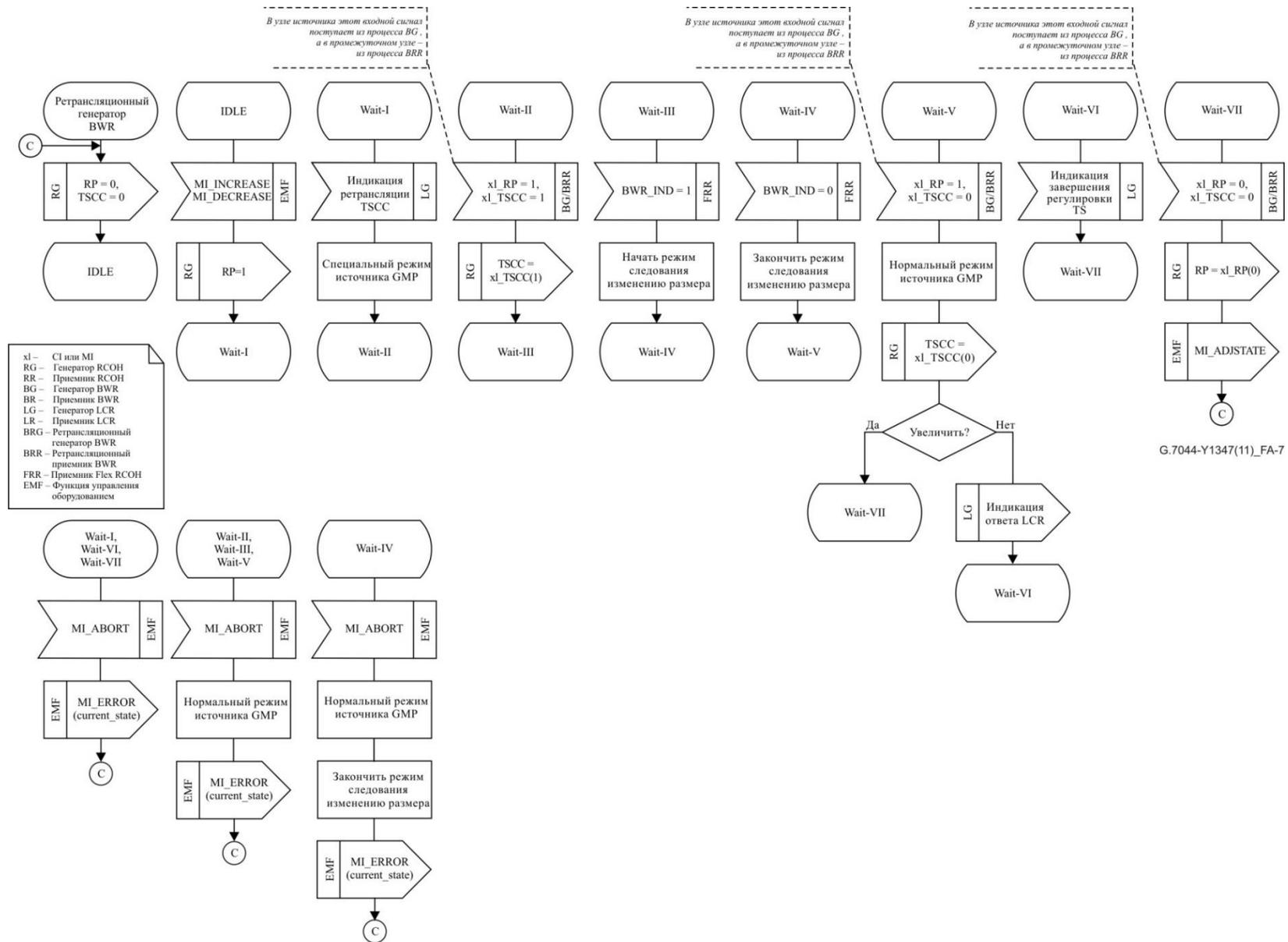
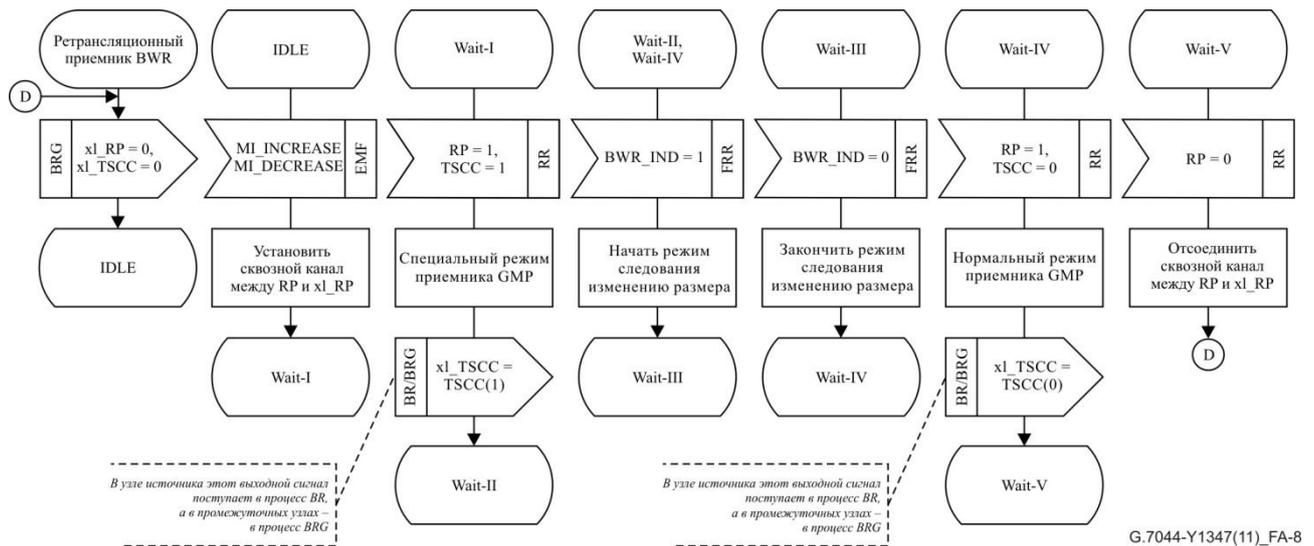


Рисунок А.7 – SDL-схема ретрансляционного генератора BWR

На рисунке А.8 представлена SDL-спецификация ретрансляционного приемника BWR.



G.7044-Y1347(11)\_FA-8

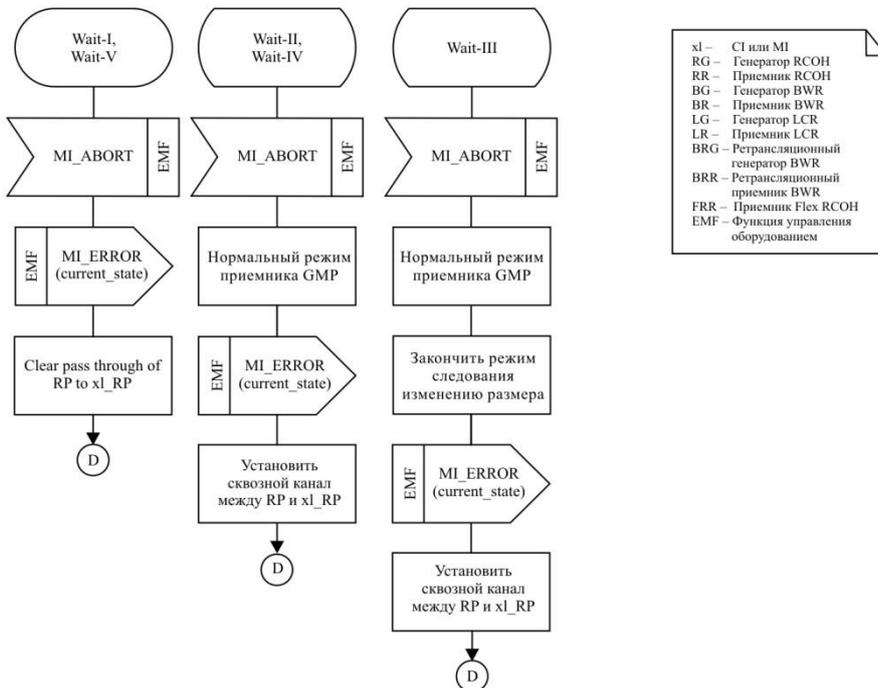


Рисунок А.8 – SDL-схема ретрансляционного приемника BWR

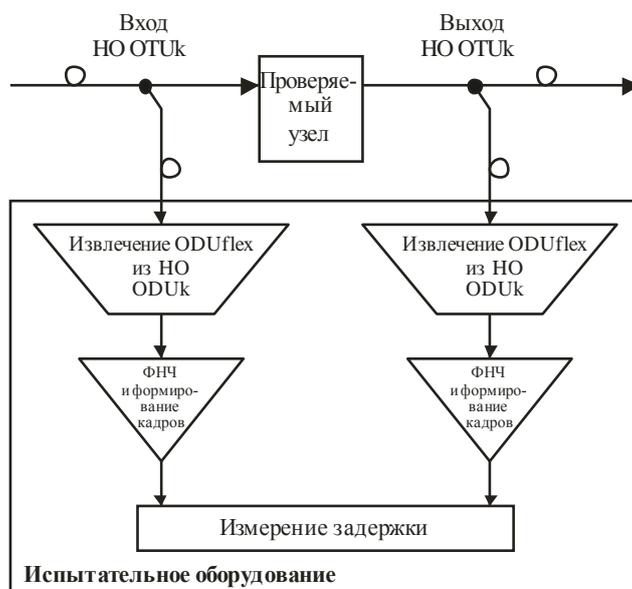
## Дополнение I

### Измерение стабильности изменения скорости BWR

(Это Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Один из способов измерения показателей изменения скорости BWR в промежуточных узлах основан на поддержании номинально постоянной транзитной задержки сигнала ODUflex(GFP). В промежуточном узле транзитная задержка измеряется путем выборки значений задержки или относительных фаз между входящим и исходящим сигналами ODUflex(GFP), как показано в примере тестовой конфигурации на рисунке I.1. В частности, измерения задержки (относительной фазы) выполняются путем сопоставления входящих и исходящих сигналов ODUflex(GFP) после их извлечения из соответствующих сигналов HO ODUk и сглаживания посредством фильтра 300 Гц для центрирования значений задержки. В течение интервала времени, когда узел находится в специальном режиме GMP, колебания этой задержки (ошибка фазы) не должны превышать  $\pm 1$  мкс по отношению к эталонной задержке, измеренной в момент входа узла в специальный режим GMP.

Измерение задержки выполняется для проверки характеристик узла в тестовой конфигурации. Оно не предполагает выполнения работ в действующем узле сети.



G.7044-Y.1347(11)-Amd.1(12)\_F1.1

ПРИМЕЧАНИЕ. – ФНЧ – фильтр нижних частот.

Рисунок I.1 – Пример тестовой конфигурации для измерения задержки узла BWR

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ Y  
ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА,  
АСПЕКТЫ ПРОТОКОЛА ИНТЕРНЕТ И СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	
Общие положения	Y.100–Y.199
Услуги, приложения и промежуточные программные средства	Y.200–Y.299
Сетевые аспекты	Y.300–Y.399
Интерфейсы и протоколы	Y.400–Y.499
Нумерация, адресация и присваивание имен	Y.500–Y.599
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.600–Y.699
Безопасность	Y.700–Y.799
Рабочие характеристики	Y.800–Y.899
АСПЕКТЫ ПРОТОКОЛА ИНТЕРНЕТ	
Общие положения	Y.1000–Y.1099
Услуги и приложения	Y.1100–Y.1199
Архитектура, доступ, сетевые возможности и управление ресурсом	Y.1200–Y.1299
<b>Транспортирование</b>	<b>Y.1300–Y.1399</b>
Взаимодействие	Y.1400–Y.1499
Качество обслуживания и сетевые рабочие характеристики	Y.1500–Y.1599
Сигнализация	Y.1600–Y.1699
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.1700–Y.1799
Начисление оплаты	Y.1800–Y.1899
IPTV по СПП	Y.1900–Y.2000
СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ	
Структура и функциональные модели архитектуры	Y.2000–Y.2099
Качество обслуживания и рабочие характеристики	Y.2100–Y.2199
Аспекты обслуживания: возможности услуг и архитектура услуг	Y.2200–Y.2249
Аспекты обслуживания: взаимодействие услуг и СПП	Y.2250–Y.2299
Нумерация, присваивание имен и адресация	Y.2300–Y.2399
Управление сетью	Y.2400–Y.2499
Архитектура и протоколы сетевого управления	Y.2500–Y.2599
Пакетные сети	Y.2600–Y.2699
Безопасность	Y.2700–Y.2799
Обобщенная мобильность	Y.2800–Y.2899
Открытая среда операторского класса	Y.2900–Y.2999
Будущие сети	Y.3000–Y.3099

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

## СЕРИИ 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
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
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
<b>Серия L</b>	<b>Окружающая среда и ИКТ, изменение климата, электронные отходы, энергоэффективность; конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений</b>
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	Оконечное оборудование, субъективные и объективные методы оценки
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, взаимосвязь открытых систем и безопасность
<b>Серия Y</b>	<b>Глобальная информационная инфраструктура, аспекты межсетевого протокола, сети последующих поколений, интернет вещей и "умные" города</b>
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи