ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 52594— 2006

МАГИСТРАЛЬНЫЕ КАНАЛЫ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ, РАДИОРЕЛЕЙНЫХ И СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

Основные параметры и методы измерений

Издание официальное

БЗ 11—2004/166

Москва
Стандартинформ
2007

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт радио» (ФГУП НИИР)

2 ВНЕСЕН Министерством информационных технологий и связи Российской Федерации

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2006 г. № 264-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений Европейского Института по стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI): ETS 300 813 (v.1:10/1997), ETS 300 814, EN 300 421, EN 50083, стандарта ISO/IEC 13818 (1996)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст этих изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет

© Стандартинформ, 2007

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Обозначения и сокращения 1
4 Параметры магистральных цифровых каналов передачи телевизионных сигналов и методы их измерений 3
4.1 Наземные магистральные каналы передачи телевизионных сигналов 3
4.2 Виды нормируемых показателей 7
4.3 Наземные магистральные каналы передачи телевизионных сигналов (ВОЛС и ЦРРЛ) 7
4.4 Спутниковые магистральные каналы передачи телевизионных сигналов 21
5 Анализ структуры цифрового транспортного потока, передаваемого по магистральным каналам систем передачи цифровых телевизионных сигналов 32
6 Измерение качественных показателей аналогового ТВ сигнала 34
6.1 Общие положения 34
6.2 Нормы на качественные показатели телевизионных каналов, определяемые на основе приборных измерений 34
6.3 Требования к приборам, измеряющим качественные показатели ТВ сигнала 36
6.4 Показатели качества изображения на выходе ЦСП, определяемые на основе визуальных оценок 38
Библиография 40

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МАГИСТРАЛЬНЫЕ КАНАЛЫ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ, РАДИОРЕЛЕЙНЫХ И СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

Основные параметры и методы измерений

Fibre-optic, radio-relay and satellite main channels of digital TV signals transmission systems. Basic parameters and methods of measuring

Дата введения — 2007—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на магистральные каналы волоконно-оптических, радиорелейных и спутниковых систем передачи цифровых телевизионных сигналов и содержит нормы, позволяющие проводить расчеты при проектировании указанных каналов, и методы измерения качественных показателей указанных каналов при приемосдаточных испытаниях и в ходе дальнейшей эксплуатации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 50725—94 Соединительные линии в каналах изображения. Основные параметры. Методы измерений

ГОСТ 7845—92 Система вещательного телевидения. Основные параметры. Методы измерений

ГОСТ 11515—91 Каналы и тракты звукового вещания. Основные параметры качества. Методы измерений

ГОСТ 18471—83 Тракт передачи изображения вещательного телевидения. Звенья тракта и измерительные сигналы

ГОСТ 19463—89 Магистральные каналы изображения радиорелейных и спутниковых систем передачи. Основные параметры и методы измерений

ГОСТ 22670—77 Сеть связи цифровая интегральная. Термины и определения

ГОСТ 26886—86 Стыки цифровых каналов передачи и групповых трактов первичной сети ЕАСС. Основные параметры

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

AAL1 — слой ATM адаптации типа 1;

APO — доля распределения норм на качественные показатели;

Издание официальное

AR — коэффициент готовности;
BBE — блок с фоновыми ошибками;
BBER — коэффициент блоков с фоновыми ошибками;
BIP-*n* — проверка на четность по *n*-битам;
BIS — ввод в эксплуатацию;
BISPO — показатели качества при вводе в эксплуатацию;
S/N — отношение несущая/шум;
DVB-S — метод передачи сигналов MPEG-2 цифрового телевидения по спутниковым трактам;
ES — секунда с ошибками;
ESR — коэффициент секунд с ошибками;
ETSI — европейский институт стандартов электросвязи;
$G/T_{ЗС}$ — добротность ЗС;
I, Q — синфазная и квадратурная компоненты модулированного сигнала;
ITU — Международный союз электросвязи (МСЭ);
MO — среднее время между отказами;
MPEG-2 — метод цифрового сжатия телевизионного сигнала;
MSOH — заголовок мультиплексной секции;
OI — интенсивность отказов;
PAT — таблица соединения программ;
PCR — временная метка программы;
PID — данные для идентификации программ;
PMT — таблица структуры программ;
PTS — метка времени представления;
$R_{симв}$ — символьная скорость на выходе модулятора, симв/с;
RPO — эталонные нормы на качественные показатели;
RSOH — заголовок регенерационной секции;
$R_{инф}$ — информационная скорость, бит/с;
SES — секунда со значительным количеством ошибок;
SESR — коэффициент секунд со значительным количеством ошибок;
SOH — секционный заголовок;
STM-N — синхронный транспортный модуль порядка N;
T_s — длительность символа;
TUG — группа компонентных блоков;
UR — коэффициент неготовности;
US — секунда, входящая в период неготовности;
VC-*n* — виртуальный контейнер *n*-го порядка;
АЧХ — амплитудно-частотная характеристика;
АТМ — асинхронный режим передачи;
ВСС — взаимоувязанная система связи;
ВЧ — высокая частота;
ГВЗ — групповое время запаздывания;
ЕВ — блок с ошибками;
E_b/N_0 — отношение энергии одного бита информационной скорости к спектральной плотности мощности шума;
ЗС — земная станция;
КОО — код, обнаруживающий ошибки;
МСЭ — Международный союз электросвязи;
МСЭ-Р — сектор радиосвязи Международного союза электросвязи;
МСЭ-Т — сектор стандартизации электросвязи Международного союза электросвязи;
ППМ — плотность потока мощности;
ПСП — псевдослучайная последовательность;
ПТЭ — правила технической эксплуатации;
ПЦИ — плезиохронная цифровая иерархия;

ПЧ — промежуточная частота;
РО — нормы на качественные показатели;
РОН — заголовок тракта;
РРЛ — радиорелейная линия;
РС — кодирование по Риду-Соломону;
С/Т — отношение несущая/мощность температуры шума приемного устройства;
С-*n* — контейнер *n*-го порядка;
СК — сверточное кодирование;
СЛТ — спутниковый линейный тракт;
СЦИ — синхронная цифровая иерархия;
ТВ — телевидение;
ТУ — технические условия;
ФМн — фазовая манипуляция;
ЦРЛТ — цифровой радиорелейный линейный тракт;
ЦРРЛ — цифровая радиорелейная линия;
ЦРРС — цифровая радиорелейная система;
ЦСП — цифровая система передачи;
ЦТВ — цифровое телевидение;
ЧМ — частотная модуляция;
ЭИИМ — эквивалентная изотропная излучаемая мощность.

4 Параметры магистральных цифровых каналов передачи телевизионных сигналов и методы их измерений

4.1 Наземные магистральные каналы передачи телевизионных сигналов

Основные элементы тракта, нормируемые параметры и методы измерений являются типичными для наземных цифровых линейных трактов (на базе радиорелейной линии и волоконно-оптической линии связи), используемых для передачи данных, телефонии и др. информации.

Транспортные потоки многопрограммного цифрового телевидения MPEG-2 формируются на скоростях, которые соответствуют принятой иерархии скоростей цифровых сетей [1]. Параметры транспортных потоков на входах и выходах наземного магистрального канала передачи телевизионных сигналов должны отвечать [2].

Сигнал на выходе наземного магистрального канала передачи телевизионных сигналов должен отвечать требованиям к параметрам стыка по ГОСТ 26886 при вхождении наземного магистрального канала передачи телевизионных сигналов в сети общего пользования ПЦИ или СЦИ на иерархических скоростях 2,048; 8,448; 34,368 и 139,262 Мбит/с.

Сигналы на аналоговых выходах демультиплексора/декодера при объективных измерениях или по субъективной оценке проверяют на соответствие ГОСТ 7845.

4.1.1 Требования к функциональной архитектуре аппаратуры, обеспечивающей преобразование цифровых ТВ сигналов MPEG-2 для их передачи по магистральным каналам ПЦИ волоконно-оптических, радиорелейных и спутниковых систем передачи

4.1.1.1 Аппаратура, обеспечивающая преобразование цифровых ТВ сигналов MPEG-2 для их передачи по магистральным каналам ПЦИ волоконно-оптических, радиорелейных и спутниковых систем передачи, должна осуществлять прямое (MPEG → ПЦИ) и обратное (ПЦИ → MPEG) преобразования сигналов в соответствии с функциональной архитектурой, приведенной на рисунке 4.1 в соответствии со стандартом [3] и рекомендацией [4]. Архитектура определяет перечень подлежащих реализации функций преобразования сигналов и последовательность их выполнения.

4.1.1.2 MPEG-2 — интерфейс физического уровня (МИФ) осуществляет прием и передачу транспортных потоков пакетов формата MPEG-2 с применением как минимум одного из трех интерфейсов, включая синхронный параллельный (SPI — Synchronous Parallel Interface), асинхронный последовательный (ASI — Asynchronous Serial Interface) и синхронный последовательный (SSI — Synchronous Serial Interface) согласно стандарту [5]. Число трактов MPEG-2 может быть в пределах от 1 до 8.

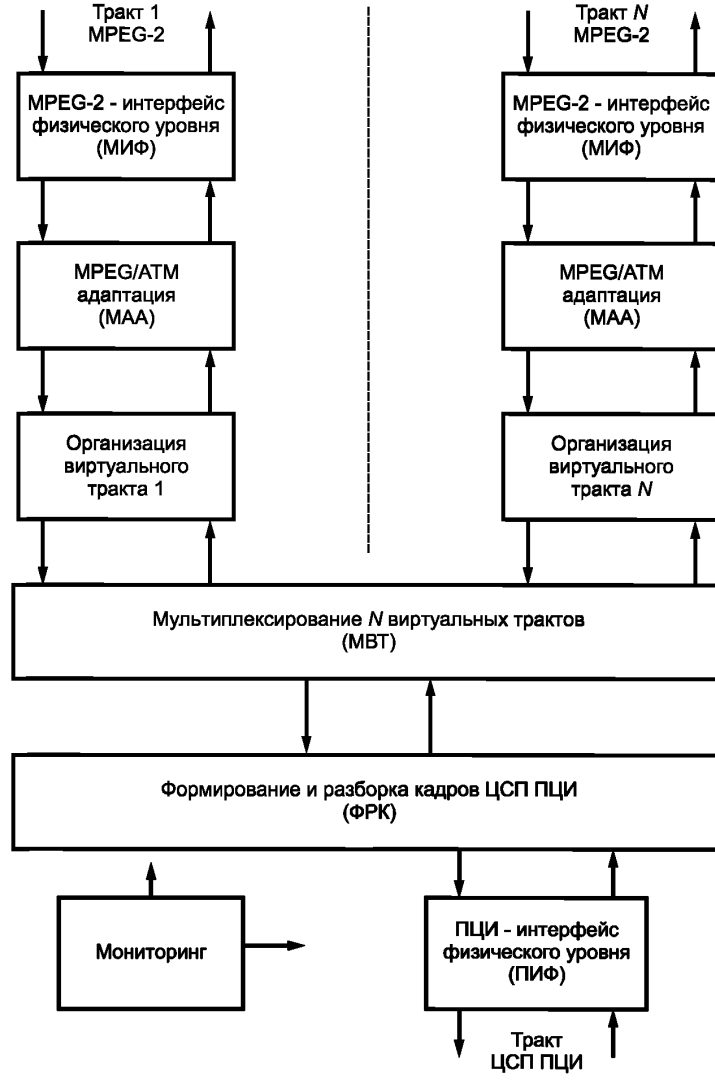


Рисунок 4.1 — Функциональная архитектура аппаратуры преобразования MPEG → ПЦИ и ПЦИ → MPEG

4.1.1.3 MPEG ↔ ATM — адаптация (МАА) в направлении преобразования MPEG → ПЦИ формирует из потока пакетов MPEG-2 информационные поля ячеек ATM с уровнем адаптации AAL1 [6] с проведением помехоустойчивого кодирования и матричного перемежения поступающей информации. В направлении ПЦИ → MPEG функция МАА должна осуществлять обработку информационных полей принятых ячеек ATM с выполнением обратных преобразований и формированием потока пакетов MPEG-2.

4.1.1.4 Функция организации виртуального тракта (ОВТ) в направлении преобразования MPEG → ПЦИ должна осуществлять определение полей идентификаторов виртуального тракта ячеек ATM [7] в зависимости от номера тракта входных сигналов MPEG-2. В направлении ПЦИ → MPEG функция ОВТ не определена.

4.1.1.5 При мультиплексировании виртуальных трактов (МВТ) в направлении преобразования MPEG → ПЦИ происходит формирование заголовков ячеек ATM, асинхронное мультиплексирование единого потока из потоков информационных полей и заголовков ячеек ATM используемых трактов входных сигналов MPEG-2, выравнивание информационных скоростей мультиплексированного потока и

выбранной цифровой системы передачи, скремблирование информационных полей ячеек АТМ мультиплексированного потока [8], заполнение полей полезной нагрузки кадров выбранной ЦСП ПЦИ [9].

В направлении ПЦИ → MPEG функция МВТ осуществляет вывод полей полезной нагрузки из кадров ЦСП ПЦИ, синхронизацию потоков ячеек АТМ, дескремблирование информационных полей ячеек АТМ, обработку заголовков ячеек АТМ, удаление холостых ячеек и ячеек с неисправимыми ошибками в заголовке, разделение принятого потока ячеек на ряд раздельных потоков в соответствии с идентификаторами виртуальных трактов ячеек АТМ.

4.1.1.6 Функция формирования и разборки кадров ЦСП ПЦИ (ФРК) осуществляет в направлении преобразования MPEG → ПЦИ формирование заголовков кадров выбранной ЦСП ПЦИ [10], а в направлении ПЦИ → MPEG — синхронизацию приема кадров и разборку кадров с анализом полей заголовков.

4.1.1.7 Функция ПЦИ — интерфейс физического уровня (ПИФ) осуществляет формирование линейного сигнала ЦСП ПЦИ в направлении преобразования MPEG →ПЦИ и прием линейного сигнала в направлении ПЦИ → MPEG [11].

4.1.1.8 Мониторинг осуществляет контроль работоспособности аппаратуры и оценку качества принимаемых и передаваемых сигналов по Европейскому стандарту связи [3], рекомендации МСЭ-Т [4] и [12]. Режим мониторинга для контроля реализации каждой из функций аппаратуры не является обязательным. Допускается управление перечнем контролируемых функций.

4.1.2 Требования к функциональной архитектуре аппаратуры, обеспечивающей преобразование цифровых ТВ сигналов MPEG-2 для их передачи по магистральным каналам СЦИ волоконно-оптических, радиорелейных и спутниковых систем передачи

4.1.2.1 Аппаратура должна осуществлять прямое (MPEG → СЦИ) и обратное (СЦИ → MPEG) преобразования сигналов в соответствии с функциональной архитектурой, приведенной на рисунке 4.2 в соответствии с [13] и [14]. Архитектура определяет перечень подлежащих реализации функций преобразования сигналов и последовательность их выполнения.

4.1.2.2 Функция MPEG-2 интерфейса физического уровня (МИФ) осуществляет прием и передачу транспортных потоков пакетов формата MPEG-2 с применением, как минимум, одного из трех интерфейсов, включая синхронный параллельный (SPI — Synchronous Parallel Interface), асинхронный последовательный (ASI — Asynchronous Serial Interface) и синхронный последовательный (SSI — Synchronous Serial Interface) [5]. Число трактов MPEG-2 может быть в пределах от 1 до 8.

4.1.2.3 MPEG → ATM — адаптация (МАА) в направлении преобразования MPEG →СЦИ формирует из потока пакетов MPEG-2 информационные поля ячеек АТМ с уровнем адаптации AAL1 [6] с проведением помехоустойчивого кодирования и матричного перемежения поступающей информации; в направлении СЦИ → MPEG осуществляет обработку информационных полей принятых ячеек АТМ с выполнением обратных преобразований и формированием потока пакетов MPEG-2.

4.1.2.4 Назначение функции организации виртуального тракта (ОВТ) в направлении преобразования MPEG →СЦИ состоит в определение полей идентификаторов виртуального тракта ячеек АТМ [7] в зависимости от номера тракта входных сигналов MPEG-2. В направлении СЦИ → MPEG функция организации виртуального тракта (ОВТ) не определена.

4.1.2.5 Функция формирования и разборки виртуальных контейнеров (ФРВК) должна осуществлять в направлении преобразования MPEG → СЦИ формирование заголовков ячеек АТМ, асинхронное мультиплексирование от одного до трех потоков ячеек АТМ из потоков информационных полей и заголовков ячеек АТМ используемых трактов входных сигналов MPEG-2, выравнивание информационных скоростей мультиплексированных потоков и скорости переноса полезной нагрузки в выбранном виртуальном контейнере VC-*n* (Virtual Container) цифровой системы передачи, скремблирование информационных полей ячеек АТМ в каждом из мультиплексированных потоков [8], заполнение полей полезной нагрузки виртуальных контейнеров, формирование заголовков виртуальных контейнеров [15].

В направлении СЦИ → MPEG функция формирования и разборки виртуальных контейнеров (ФРВК) должна осуществлять анализ заголовков виртуальных контейнеров ЦСП СЦИ, вывод полей полезной нагрузки из виртуальных контейнеров, синхронизацию потоков ячеек АТМ, дескремблирование информационных полей ячеек АТМ, обработку заголовков ячеек АТМ, удаление холостых ячеек и ячеек с неисправимыми ошибками в заголовке, разделение принятых потоков ячеек на ряд раздельных потоков в соответствии с идентификаторами виртуальных трактов ячеек АТМ.

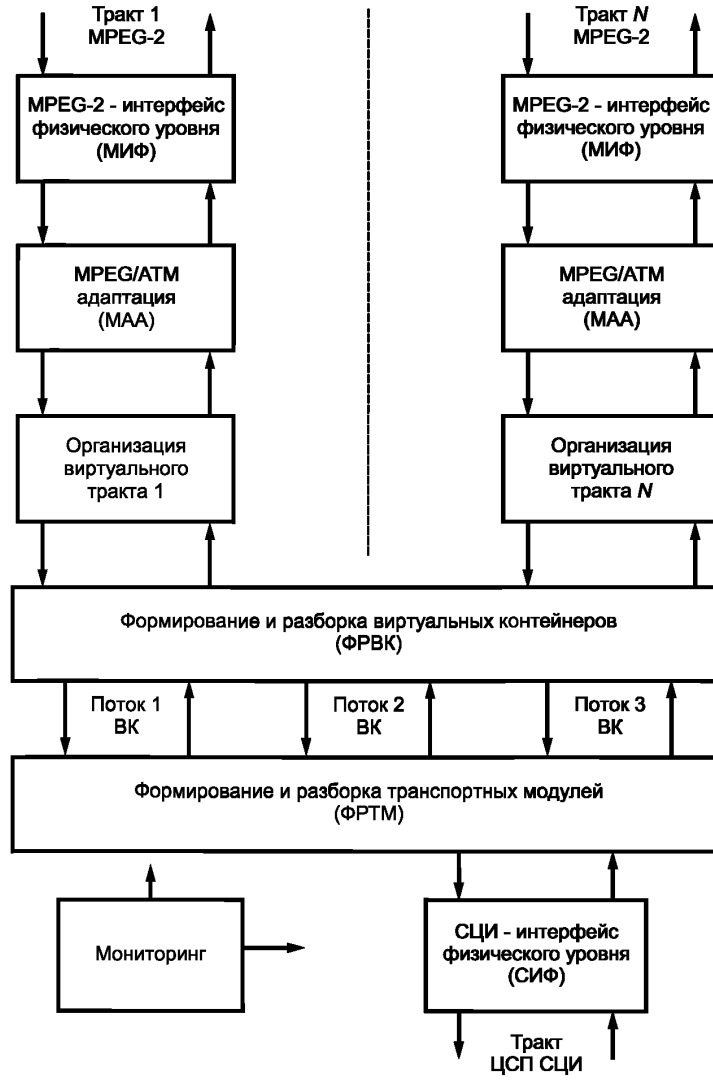


Рисунок 4.2 — Функциональная архитектура аппаратуры преобразования MPEG→ СЦИ и СЦИ → MPEG

4.1.2.6 Функция формирования и разборки транспортных модулей ЦСП СЦИ (ФРТМ) должна осуществлять в направлении преобразования MPEG→СЦИ ввод виртуальных контейнеров из узла ФРВК в синхронные транспортные модули первого уровня типа СТМ-1 и формирование заголовков для обеспечения работы ЦСП СЦИ [15].

В направлении СЦИ →MPEG функция ФРТМ должна осуществлять синхронизацию приема транспортных модулей ЦСП СЦИ и их разборку с анализом полей заголовков и выделением виртуальных контейнеров.

4.1.2.7 Функция СЦИ интерфейса физического уровня (СИФ) должна осуществлять формирование линейного сигнала ЦСП СЦИ в направлении преобразования MPEG →СЦИ и прием линейного сигнала в направлении СЦИ→ MPEG [16].

4.1.2.8 Функция мониторинга (при ее реализации) должна осуществлять контроль работоспособности аппаратуры и оценку качества принимаемых и передаваемых сигналов. Режим мониторинга для контроля реализации каждой из функций аппаратуры не является обязательным. Допускается управление перечнем контролируемых функций.

4.1.2.9 Техническая реализация функций аппаратуры должна осуществляться узлами с соответствующими наименованиями.

4.2 Виды нормируемых показателей

В процессе цифровой передачи ТВ сигнала применяется цифровая компрессия сигнала, включающая его нелинейные преобразования, в частности отбрасывание части коэффициентов двумерного (или трехмерного) косинусного преобразования, осуществляемого над ТВ сигналом, прошедшим аналого-цифровое преобразование. Отбрасывание части коэффициентов делает невозможным проведение измерений качественных показателей цифровой передачи ТВ сигнала, осуществляемых путем ввода набора измерительных сигналов на входе тракта цифровой передачи ТВ сигнала и анализа формы этих сигналов на выходе тракта, т.к. нелинейные преобразования приводят к существенным искажениям формы измерительных сигналов, а при высокой степени цифровой компрессии — к разрушению их формы. Поэтому для измерения качественных показателей магистральных каналов волоконно-оптических, радиорелейных и спутниковых систем передачи цифровых телевизионных сигналов необходима совокупность четырех видов оценки:

1 — измерение параметров цифрового тракта передачи телевизионных сигналов:

- для магистральных каналов наземных систем передачи цифровых телевизионных сигналов, организованных в ВОЛС и ЦРРЛ, — показателей качества по ошибкам и показателей фазового дрожания и дрейфа фазы для трактов ПЦИ/СЦИ,

- для магистральных каналов спутниковых систем передачи цифровых телевизионных сигналов — показателей качества по ошибкам и показателей фазового дрожания и дрейфа фазы для трактов ПЦИ и задержки прохождения сигнала;

2 — анализ структуры цифрового транспортного потока, передаваемого по магистральным каналам систем передачи цифровых телевизионных сигналов, и контроль соответствия его синтаксиса стандарту MPEG-2;

3 — измерение качественных показателей аналогового ТВ сигнала (при этих измерениях измерительные сигналы в составе исходного аналогового ТВ сигнала либо передаваемые отдельно проходят все звенья тракта СЦИ, за исключением аппаратурных блоков, осуществляющих нелинейные преобразования цифровой компрессии ТВ сигнала);

4 — визуальная (субъективная) оценка качества ТВ сигнала, переданного в цифровом виде по ВОЛС, ЦРРЛ или спутниковой линии.

4.3 Наземные магистральные каналы передачи телевизионных сигналов (ВОЛС и ЦРРЛ)

Цифровая передача ТВ сигналов по магистральным каналам волоконно-оптических и радиорелейных систем передачи осуществляется в составе цифровых потоков со следующими скоростями:

155,520; 139,264; 34,368 и 8,448 Мбит/с — в случае передачи в составе указанных потоков исключительно ТВ сигналов;

$N \cdot 2{,}048$ Мбит/с, где N — число потоков от 2 до 62 — в случае передачи ТВ сигналов в составе структурированных цифровых потоков (включающих как ТВ сигналы, так и сигналы многоканальной телефонии и данных) со скоростями 155,520; 139,264 и 34,368 Мбит/с.

В связи с этим нормированию подлежат качественные показатели для цифровых каналов с указанными скоростями.

4.3.1 Долговременные нормы показателей качества по ошибкам магистральных каналов волоконно-оптических и радиорелейных систем передачи цифровых телевизионных сигналов

Долговременные нормы предназначены для использования при проектировании магистральных каналов волоконно-оптических и радиорелейных систем передачи цифровых телевизионных сигналов.

Долговременные нормы показателей качества по ошибкам основаны на измерении в течение одного месяца (30 дней) характеристик ошибок по блокам за интервал времени 1 с по следующим параметрам:

- коэффициент секунд с ошибками (ESR),
- коэффициент секунд со значительным количеством ошибок (SESR),
- коэффициент блоков с фоновыми ошибками (BBER).

Показатели качества по ошибкам должны выполняться в течение любого месяца года.

Основой для долговременных показателей качества по ошибкам являются нормы для полного гипотетического эталонного цифрового тракта СЦИ «из конца — в — конец» длиной 27 500 км, приведенные в таблице 4.1.

Таблица 4.1 — Нормы для полного гипотетического эталонного тракта СЦИ «из конца — в — конец» длиной 27500 км

Для линий, оборудованных аппаратурой	Тракт	Нормы на показатели качества по ошибкам		
		ESR_0	$BBER_0$	$SESR_0$
Разработанной до марта 2000 г. [17]	155,520 Мбит/с	0,16	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$
	139,264 Мбит/с	0,16	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$
	34,368 Мбит/с	0,075	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$
	8,448 Мбит/с	0,05	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$
	2,048 Мбит/с	0,04	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$
Разработанной после марта 2000 г. [18]	155,520 Мбит/с	0,04	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$
	139,264 Мбит/с	0,04	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$
	34,368 Мбит/с	0,02	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-3}$
	8,448 Мбит/с	0,01	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-3}$
	2,048 Мбит/с	0,01	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-3}$

Расчетные показатели для тракта СЦИ, образованного магистральной ЦРРЛ системой передачи ТВ сигналов длиной $L_{link} \geq 50$ км на магистральном тракте максимальной протяженностью 12500 км, определяются следующими соотношениями:

$$ERS_{Llink} = ESR_0 \cdot 0,06 \cdot L_{link}/2500 = ESR_0 \cdot m; \quad (4.1)$$

$$BBER_{Llink} = BBER_0 \cdot 0,06 \cdot L_{link}/2500 = BBER_0 \cdot m; \quad (4.2)$$

$$SESR_{Llink} = SESR_0 \cdot 0,06 \cdot L_{link}/2500 = SESR_0 \cdot m, \quad (4.3)$$

где ESR_0, $BBER_0$, $SESR_0$ — значения показателей качества по ошибкам из таблицы 4.1, а m — коэффициент, равный $0,06 \cdot L_{link}/2500$.

Для ЦРРЛ длиной $L_{link} < 50$ км при расчетах принимают $L_{link} = 50$ км.

Примеры расчета для ЦРРЛ различной протяженности:

Пример 1 — Пусть требуется определить нормы на параметры ESR, BBER и SESR дня реального тракта 2,048 Мбит/с, образованного в цифровой РРЛ СЦИ длиной 930 км с пропускной способностью радиоствола 155,52 Мбит/с, оборудование для которой было разработано в 1999 г. Принимаем $L_{link} = 930$ км, находим коэффициент m:

$$m = 0,06 \cdot L_{link}/2500 = 0,02232. \quad (4.4)$$

Тогда требуемые показатели можно определить, умножив на этот коэффициент m показатели для ESR_0, $BBER_0$ и $SESR_0$ из таблицы 4.1:

$$ESR_{930} = 0,04 \cdot 0,02232 \approx 0,0009 = 9 \cdot 10^{-4}; \quad (4.5)$$

$$BBER_{930} = 0,0002 \cdot 0,02232 \approx 0,00000446 = 4,46 \cdot 10^{-6}; \quad (4.6)$$

$$SESR_{930} = 0,002 \cdot 0,02232 \approx 0,0000446 = 4,46 \cdot 10^{-5}. \quad (4.7)$$

Пример 2 — Требуется определить нормы на параметры ESR, BBER и SESR для реального тракта 155,52 Мбит/с, образованного в цифровой РРЛ СЦИ длиной 1300 км, оборудование для которой было разработано в 2001 г. Аналогично примеру 1 определяем коэффициент $m = 0,06 \cdot L_{link}/2500 = 0,0312$ и, используя данные из нижней половины таблицы 4.1, получаем:

$$ESR_{1330} = 0,04 \cdot 0,0312 \approx 0,00125 = 1,25 \cdot 10^{-3}; \quad (4.8)$$

$$BBER_{1330} = 0,0001 \cdot 0,0312 \approx 0,00000312 = 3,12 \cdot 10^{-6}; \quad (4.9)$$

$$SESR_{1330} = 0,002 \cdot 0,0312 \approx 0,0000624 = 6,24 \cdot 10^{-5}. \quad (4.10)$$

Расчетные показатели для тракта СЦИ, образованного магистральной ВОЛС системы передачи ТВ сигналов, в зависимости от длины линии определяются в соответствии с таблицей 4.2.

Таблица 4.2 — Расчетные показатели для тракта СЦИ (ВОЛС)

Длина L_{link}, км	Доля от суммарных норм
$L_{link} < 500$	0,02
$500 < L_{link} < 1000$	0,03
$1000 < L_{link} < 2500$	0,04
$2500 < L_{link} < 5000$	0,06
$5000 < L_{link} < 7500$	0,08
$L_{link} > 7500$	0,1
Примечание — следует иметь в виду, что значения долей являются максимальными. По взаимному соглашению между заказчиком и поставщиком аппаратуры эти значения могут быть ужесточены.	

Для магистральных ВОЛС системы передачи ТВ сигналов длиной менее 500 км расчетные показатели для тракта СЦИ определяются в соответствии с таблицей 4.3.

Таблица 4.3 — Расчетные показатели для тракта СЦИ

Длина L_{link}, км	Доля от суммарных норм
$L_{link} < 100$	0,006
$100 < L_{link} < 200$	0,008
$L_{link} > 200$	0,01

4.3.2 Долговременные нормы на показатели готовности

Показатели готовности нормируют для магистральных каналов систем передачи цифровых телевизионных сигналов, организованных в ЦРРЛ.

Долговременные нормы на показатели готовности основаны на измерении в течение длительного периода (не менее одного года) следующих параметров:

- коэффициент неготовности UR;
- коэффициент готовности AR (AR = 1 — UR);
- среднего времени между отказами МО.

Показатели готовности AR и МО для реальной радиорелейной линии длиной L_{link} могут быть соответственно вычислены с помощью выражений (4.11) и (4.12):

$$AR = 1 - \left(B_j \frac{L_{link}}{L_R} + C_j \right); \quad (4.11)$$

$$MO = \frac{1}{D_j \frac{L_{link}}{L_R} + E_j}. \quad (4.12)$$

$L_R = 2500$ км.

Значения коэффициентов B_j, C_j, D_j, E_j приведены в таблице 4.4 для длины линии L_{link}:

$L_{min} < L_{link} \le 250$ км — $j = 1$;

250 км $< L_{link} \le 2500$ км — $j = 2$;

2500 км $< L_{link} \le 7500$ км — $j = 3$.

Выражения (4.11) и (4.12) могут быть использованы для расчета показателей готовности цифровых трактов, образованных в реальной радиорелейной линии длиной L_{link}.

Таблица 4.4 — Коэффициент для расчета показателей готовности

B_1	C_1	D_1	E_1	B_2	C_2	D_2	E_2	B_3	C_3	D_3	E_3
Длина линии L_{link}											
$L_{link} \le L_{link} \le 250$ ($j = 1$)				$250 \le L_{link} \le 2500$ ($j = 2$)				$2500 < L_{link} \le 7500$ ($j = 3$)			
$1{,}9 \cdot 10^{-3}$	$1{,}1 \cdot 10^{-4}$	100	50	$3 \cdot 10^{-3}$	0	100	55	$3 \cdot 10^{-3}$	0	Показатели не определены (изучаются)	
Для $L_{link} > 7500$ км показатели изучаются.											

Примеры расчета показателей готовности:

Пример 1 — Требуется определить нормы на параметры AR и MO для трактов 2,048 Мбит/с, образованных в цифровой РРЛ СЦИ длиной 1300 км с пропускной способностью радиоствола 155,52 Мбит/с.

Сначала определяем диапазон длин для данного тракта и получаем значение $j = 2$.

Подставляя значения B_2, C_2, D_2 и E_2 из таблицы 4.4 в выражения (4.11) и (4.12), получаем:

- коэффициент готовности

$$AR_{1300} = 1 - \left(B_2 \frac{L_{link}}{L_R} + C_2 \right) = 1 - (3 \cdot 10^{-3} \cdot 1300/2500 + 0) = 1 - 1{,}56 \cdot 10^{-3} = 0{,}99844; \quad (4.13)$$

- коэффициент неготовности

$UR_{1300} = 1{,}56 \cdot 10^{-3}$ (общее время неготовности 820 минут в год);

- среднее время между отказами

$$MO_{1300} = \frac{1}{D_2 \frac{L_{link}}{L_R} + E_2} = \frac{1}{100 \frac{1300}{2500} + 55} = \frac{1}{107} = 9{,}34 \cdot 10^{-3} \text{ года} \approx 82 \text{ часа}, \quad (4.14)$$

- интенсивность отказов

$OI_{1300} = 107$ отказов в год.

Пример 2 — Требуется определить нормы параметров AR и MO для однопролетной цифровой РРЛ СЦИ длиной 30 км с пропускной способностью радиоствола 155,52 Мбит/с. Поскольку линия короче 50 км, используем значение L_{link}, равное 50 км, и получаем значение $j = 1$.

Подставляя значения B_1, C_1, D_1 и E_1 из таблицы 4.4 в выражения (4.11) и (4.12), получим:

- коэффициент готовности

$$AR_{30} = 1 - \left(B_1 \frac{L_{link}}{L_R} + C_1 \right) = 1 - (1{,}9 \cdot 10^{-3} \cdot 50/2500 + 1{,}1 \cdot 10^{-4}) = 1 - 1{,}48 \cdot 10^{-4} = 0{,}99985; \quad (4.15)$$

- коэффициент неготовности

$UR_{30} = 1{,}48 \cdot 10^{-4}$ (общее время неготовности 78 минут в год);

- среднее время между отказами

$MO_{30} = 165$ часов;

- интенсивность отказов

$OI_{30} = 53$ отказа год.

Пример 3 — Требуется определить нормы на параметры AR и MO для цифровой РРЛ СЦИ длиной 7500 км с пропускной способностью радиоствола 155,52 Мбит/с.

Определяем диапазон длин для данной линии и получаем значение $j = 3$.

Подставляя значения B_3, C_3 из таблицы 4.4 в выражения (4.11) и (4.12), получаем:

- коэффициент готовности

$$AR_{7500} = 1 - \left(B_3 \frac{L_{link}}{L_R} + C_3 \right) = 1 - (3 \cdot 10^{-3} \cdot 7500/2500 + 0) = 1 - 9 \cdot 10^{-3} = 0{,}991; \quad (4.16)$$

- коэффициент неготовности

$UR_{7500} = 9 \cdot 10^{-3}$ (общее время неготовности — 79 часов в год).

Значения D_3 и E_3 для ЦРРЛ такой длины не определены (изучаются).

4.3.3 Методика измерений качественных показателей магистральных каналов волоконно-оптических и радиорелейных систем передачи цифровых телевизионных сигналов на соответствие долговременным нормам

4.3.3.1 Общие положения

Приведенные в настоящем разделе методы измерений распространяются на тракты СЦИ и ПЦИ.

Методы измерения приводятся для показателей качества по ошибкам.

Измерения должны проводиться при эксплуатационных исследованиях, организуемых в рамках работ по повышению эксплуатационной надежности магистральной сети передачи цифровых телевизионных сигналов, выполняемых по отдельному графику работ силами эксплуатационного персонала. Соответствие нормам по показателям качества по ошибкам должно оцениваться в течение не менее одного месяца.

Измерения показателей качества по ошибкам в тракте СЦИ могут проводиться как при закрытии связи с использованием тестового сигнала [19], так и в процессе эксплуатационного контроля.

4.3.3.2 Методы измерения показателей качества по ошибкам

В настоящем разделе приведены методы измерений показателей качества по ошибкам трактов СЦИ на соответствие долговременным нормам.

Для оценки показателей качества по ошибкам цифровых трактов на соответствие долговременным нормам рекомендуется их измерение проводить при закрытии связи с помощью специализированных приборов, в которых предусмотрено получение стандартизованного для данного типа тракта измерительного сигнала [19]. Период измерений для оценки на соответствие долговременным нормам должен быть не менее одного месяца (30 дней), поэтому применяемые для этой цели средства измерения должны быть автоматизированными, с архивированием на компьютере или регистрацией результатов измерений.

Если измеряемый объект образован с помощью современной аппаратуры, имеющей встроенные средства контроля без перерыва связи, проводящие оценку показателей качества по ошибкам по блокам реального сигнала и выдающие сведения об обнаруженных аномалиях и дефектах [18] в систему технической эксплуатации, где обеспечивается их запоминание и регистрация (с фиксацией времени появления) и/или выработка на их основе показателей качества по ошибкам, то оценка тракта на соответствие долговременным нормам может проводиться без закрытия связи на основании этой информации за длительные периоды.

Если встроенный контроль не обеспечивает оценки показателей качества по ошибкам без перерыва связи в необходимом объеме, то оценка может проводиться средствами измерений, выполняющими эти функции.

Следует иметь в виду, что способ оценки показателей качества по ошибкам без перерыва связи считается менее точным (из-за возможного пропуска обнаруживаемых событий), поэтому предпочтительным является способ с перерывом связи.

4.3.4 Оперативные нормы на показатели качества по ошибкам магистральных каналов волоконно-оптических и радиорелейных систем передачи цифровых телевизионных сигналов

Оперативные нормы на показатели качества по ошибкам должны применяться при вводе в эксплуатацию магистральных каналов волоконно-оптических и радиорелейных систем передачи цифровых телевизионных сигналов.

4.3.4.1 Оперативные нормы на показатели качества по ошибкам

Оперативные нормы на показатели качества по ошибкам при вводе трактов в эксплуатацию основаны на показателях качества гипотетического эталонного тракта полного соединения «из конца — в — конец» длиной 27500 км (RPO), приведенных в таблице 4.5.

Таблица 4.5 — Эталонные нормы на качественные показатели (RPO) для полного гипотетического эталонного тракта СЦИ «из конца — в — конец» длиной 27500 км

Для линий, оборудованных аппаратурой	Тракт	RPO*		
		ES_0	BBE_0	SES_0
Разработанной до марта 2000 г. [17]	155,520 Мбит/с	0,08	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
	139,264 Мбит/с	0,08	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
	34,368 Мбит/с	0,0375	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
	8,448 Мбит/с	0,025	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
	2,048 Мбит/с	0,02	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$

Окончание таблицы 4.5

Для линий, оборудованных аппаратурой	Тракт	RPO*		
		ES_0	BBE_0	SES_0
Разработанной после марта 2000 г. [18]	155,520 Мбит/с	0,02	$5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$
	139,264 Мбит/с	0,02	$5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$
	34,368 Мбит/с	0,01	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$
	8,448 Мбит/с	0,005	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$
	2,048 Мбит/с	0,005	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$
* Доля числа секунд (для ES, SES) или числа блоков (для BBE) за период времени наблюдения.				

4.3.4.2 Магистральный участок тракта

Для тракта длиной L_{link}, км, образующего магистральный тракт волоконно-оптических и радиорелейных систем передачи цифровых телевизионных сигналов, доля расчетных норм α определяется значениями, приведенными в таблице 4.6.

Т а б л и ц а 4.6 — Доля расчетных норм α для элементов магистрального тракта длиной L_{link}

Элемент магистрального тракта	Доля расчетных норм α (от RPO «из конца — в — конец»)	
	для ВОЛС	для ЦРРЛ
Оконечные/транзитные сети внутри страны		
$L_{link} \le 100$ км	0,006	0,012
100 км < $L_{link} \le 200$ км	0,008	0,014
200 км < $L_{link} \le 300$ км	0,01	0,016
300 км < $L_{link} \le 400$ км		0,018
400 км < $L_{link} \le 500$ км		0,02
500 км < $L_{link} \le 1000$ км	0,03	0,03
1000 км < $L_{link} \le 2500$ км	0,04	0,04
2500 км < $L_{link} \le 5000$ км	0,06	0,06
5000 км < $L_{link} \le 7500$ км	0,08	0,08
$L_{link} \le 7500$ км	0,1	0,1
Между странами $L_{link} \le 300$ км	0,003	
Международная мультиплексная секция (пересекающая границу)	0,002 (независимо от длины L_{link})	

4.3.4.3 Показатели качества при вводе в эксплуатацию

При вводе в эксплуатацию магистральных трактов волоконно-оптических и радиорелейных систем передачи цифровых телевизионных сигналов для каждого параметра качества по ошибкам (ES, BBE и SES) определяются распределенные показатели качества (APO) и пороговые значения при вводе в эксплуатацию цифровых трактов (BISPO — для 7-суточных измерений, S_1 и S_2 — для 24-часовых измерений):

- для ES и SES $APO = A \cdot RPO \cdot T$, с; (4.15)

- для BBE $APO = A \cdot RPO \cdot T \cdot n$, блоков, (4.16)

где A — доля расчетных норм для рассматриваемого тракта:

- для магистрального тракта внутри страны $A = \alpha$,

- для международного тракта $A = \sum_{1}^{3} \alpha_n = \alpha_{мс12} + \alpha_{вс} + \alpha_{мс23}$, (4.17)

где $\alpha_{вс}$ — доля расчетных норм для магистрального тракта внутри страны;

$\alpha_{мс12}$ — доля расчетных норм для участка тракта, организованного между последним пограничным узлом (станцией) страны 1 и первым пограничным узлом (станцией) страны 2;

$\alpha_{мс23}$ — доля расчетных норм для участка тракта, организованного между последним пограничным узлом (станцией) страны 2 и первым пограничным узлом (станцией) страны 3. Значения α приведены в таблице 4.6;

RPO — эталонные нормы на качественные показатели для полного гипотетического эталонного тракта СЦИ (см. таблицу 4.5);

T — продолжительность испытательного периода в секундах;

n — число блоков в секунду.

$$BISPO = APO \cdot K, \text{ с}, \tag{4.18}$$

где K — коэффициент эксплуатационного запаса.

$$S_1 = BISPO - 2\sqrt{BISPO}, \tag{4.19}$$

$$S_2 = BISPO + 2\sqrt{BISPO}. \tag{4.20}$$

При расчете BISPO для ВОЛС следует пользоваться таблицей 4.6 и коэффициентом $K = 0,5$. При расчете BISPO для ЦРРЛ следует пользоваться таблицей 4.6 и значениями коэффициента K, усредненными по территории России и приведенными в таблице 4.7.

Таблица 4.7 — Значения коэффициента эксплуатационного запаса K для различных условий распространения

Тип секции, тракта	Значение коэффициента эксплуатационного запаса K	
	для нормальных условий распространения [1]	для неблагоприятных условий распространения [1], [2]
Тракты СЦИ	0,5 (ноябрь — февраль)	2,0 (июнь — август) 1,0 (март — май, сентябрь — октябрь)
Международные мультиплексные секции СЦИ (только для секции, пересекающей границу)	0,1 (ноябрь — февраль)	2,0 (июнь — август) 1,0 (март — май, сентябрь — октябрь)

[1] Периоды нормальных и неблагоприятных условий распространения определяют по согласованию заинтересованных сторон.

[2] Конкретные значения могут являться предметом согласования между заинтересованными сторонами с учетом климатических особенностей трассы тракта. Если определено, что процедура ввода в эксплуатацию должна происходить в течение не более трех месяцев до или после периода с аномальными условиями распространения, значение K = 1,0 может использоваться по соглашению между заинтересованными сторонами.

4.3.5 Методы измерений при вводе в эксплуатацию магистральных каналов волоконно-оптических и радиорелейных систем передачи цифровых телевизионных сигналов

Поскольку цифровая передача ТВ сигналов по магистральным каналам волоконно-оптических и радиорелейных систем передачи может осуществляться в составе цифровых потоков различных скоростей, измерения следует проводить для соответствующих цифровых потоков, а именно:

155,520; 139,264; 34,368 и 8,448 Мбит/с — в случае передачи в составе указанных потоков исключительно ТВ сигналов;

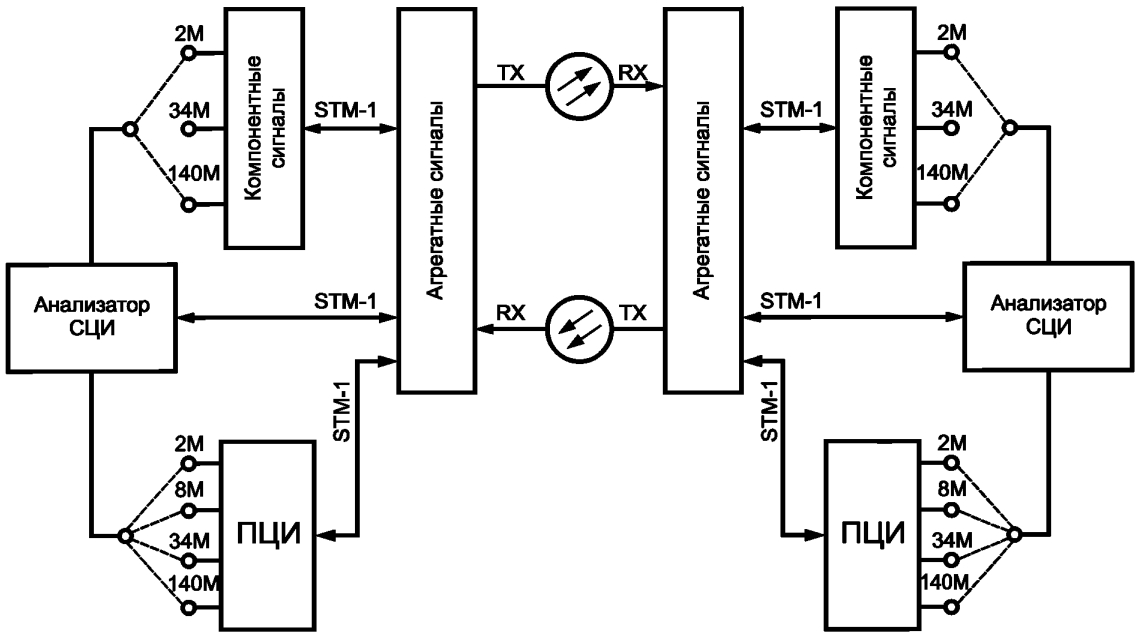
$N \cdot 2,048$ Мбит/с (где N — число трактов от 2 до 62) — в случае передачи ТВ сигналов в составе структурированных цифровых потоков (включающих как ТВ сигналы, так и сигналы многоканальной телефонии и данных) со скоростями 155,520; 139,264 и 34,368 Мбит/с. В этом случае проводят измерения для цифровых потоков 2,048 Мбит/с, содержащих данные цифровых ТВ сигналов.

4.3.5.1 Измерения показателей качества по ошибкам

Измерения следует проводить с помощью системы обслуживания (системы встроенного контроля параметров оборудования СЦИ) или с помощью специализированных анализаторов.

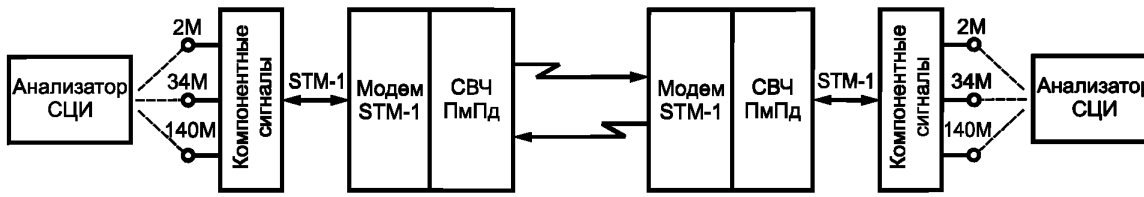
Следует измерять параметры ES и SES.

Схемы измерений для ВОЛС и ЦРРЛ приведены на рисунках 4.3 и 4.4.



2М — цифровой тракт 2,048 Мбит/с; 8М — цифровой тракт 8,448 Мбит/с; 34М — цифровой тракт 34,368 Мбит/с; 140М — цифровой тракт 139,264 Мбит/с ; ТХ — передающая сторона; RX — приемная сторона; ПЦИ — плезиохронная цифровая иерархия; СЦИ — синхронная цифровая иерархия

Рисунок 4.3 — Схема измерений показателей качества по ошибкам для ВОЛС



2М — цифровой тракт 2,048 Мбит/с; 34М — цифровой тракт 34,368 Мбит/с; 140М — цифровой тракт 139,264 Мбит/с; СЦИ — синхронная цифровая иерархия

Рисунок 4.4 — Схема измерений показателей качества по ошибкам для ЦРРЛ

Полученные значения сравнивают с пороговыми (максимально допустимыми) значениями ES и SES, порядок расчета которых приведен в пункте 4.3.4 настоящего стандарта.

Если измеренные значения ES и SES окажутся менее нижнего допустимого предела S_1, то тракт считают соответствующим нормам показателей качества по ошибкам. Если измеренные значения ES и SES находятся в допустимых пределах от S_1 до S_2, то дополнительно проводят измерения в течение 7 сут. Если измеренные в течение 7 сут значения ES и SES окажутся менее значений BISPO (нормируемых значений), тракт считают соответствующим нормам на показатели качества по ошибкам.

Испытания следует проводить в два этапа:

- этап 1 — начальный период испытаний (15-минутный), чтобы обеспечить первоначальное подтверждение качественной работы испытуемого цифрового тракта;
- этап 2 — проведение испытания при вводе в эксплуатацию в течение полного периода измерений.

Начальный период испытаний (этап 1)

Начальные испытания следует проводить в течение 15-минутного периода времени с помощью измерительного прибора с испытательным сигналом в виде псевдослучайной последовательности для систем ПЦИ [20] и для систем СЦИ [19].

В течение этого 15-минутного периода времени не должно быть ошибок или событий неготовности.

Если наблюдается какая-либо ошибка или событие неготовности, то испытание должно быть остановлено и повторено.

Начальное испытание может быть повторено дважды.

Если в течение третьей (и последней) проверки наблюдается какая-либо ошибка или событие неготовности, тракт должен быть снят с испытаний, проведена локализация неисправности и ее устранение.

Для ЦРРЛ рекомендуется, чтобы начальные (15-минутные) испытания проводились в конкретное время суток, когда вероятность неблагоприятных условий распространения минимальна (обычно это период между 10 и 14 часами местного времени).

Процедура основного испытания (этап 2)

После того, как был успешно проведен этап 1, проводят испытания в течение 24-часового периода времени. При наличии системы встроенного контроля без перерыва связи (ВК) при испытаниях тракт может быть загружен реальным трафиком.

Однако, если система контроля без перерыва связи недоступна, испытание следует проводить при тех же условиях, что и при начальном испытании (с использованием соответствующего измерительного прибора).

В конце 24-часового периода времени результаты испытаний сравнивают с расчетными значениями S_1 и S_2. Во время 24-часового периода испытаний не должно быть событий неготовности.

Если происходит событие неготовности (в любое время в течение 24-часового периода испытаний), причина должна быть локализована и испытание должно быть проведено повторно. Если событие неготовности происходит во второй раз, испытание должно быть приостановлено до тех пор, пока причина события неготовности не будет устранена.

Результаты всех испытаний при вводе в эксплуатацию должны быть зарегистрированы для будущего сравнения.

Оценка результатов 24-часового испытания

Оценка результатов 24-часового испытания с использованием расчетных значений пределов S_1 и S_2 представлена на рисунке 4.5, где BIS — ввод в эксплуатацию; ВК — оборудование встроенного контроля; BISPO — пороговое значение при вводе в эксплуатацию; S_1 = BISPO — $2\sqrt{\text{BISPO}}$, S_2 = BISPO + $2\sqrt{\text{BISPO}}$,

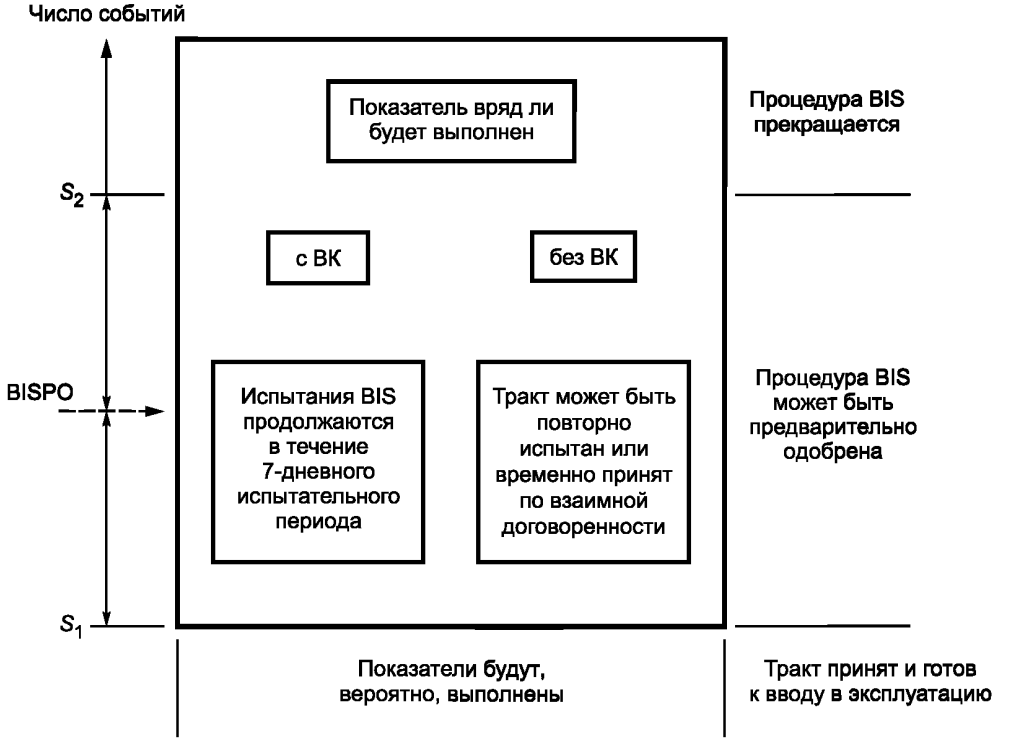


Рисунок 4.5 — Оценка результатов испытаний с использованием пределов S_1 и S_2

Ввод в эксплуатацию трактов, не оборудованных контролем без перерыва связи

После выполнения этапа 2 возможны следующие варианты:

- если каждый из показателей ES и SES менее или равен соответствующим значениям S_1, тракт считается соответствующим нормам показателей качества по ошибкам;
- если любой из показателей ES или SES (или оба) превышает(ют) или равен(ы) соответствующим значениям S_2, испытания тракта прекращают и начинается соответствующая процедура локализации неисправности;
- если значения хотя бы одного из показателей ES или SES (или оба) превышают соответствующие значения S_1, но менее соответствующих значений S_2, то тракт может быть либо принят условно, либо подвергнут повторному испытанию.

Ввод в эксплуатацию трактов, оборудованных встроенным контролем без перерывов связи

После выполнения этапа 2 возможны два варианта:

- если показатели ES и SES менее или равны соответствующим значениям S_1, тракт считается соответствующим нормам показателей качества по ошибкам;
- если один из показателей ES или SES (или оба) превышает (ют) или равен (ы) соответствующим значениям S_2, испытания тракта прекращают и начинается соответствующая процедура локализации неисправности;
- если один из показателей ES или SES (или оба) превышает (ют) соответствующие значения S_1, но менее соответствующих значений S_2, тракт может быть принят условно в зависимости от результатов расширенных 7-суточных испытаний.

7-суточные испытания

Расширенные 7-суточные испытания применяют для:

- трактов с контролем без перерыва связи, которые показали в ходе 24-часовой проверки граничные результаты, т.е. один из показателей ES или SES (или оба) превышает (ют) соответствующие значения S_1, но менее, чем соответствующие значения S_2;
- новых трактов и ЦРРЛ в течение периодов неблагоприятных условий распространения.

При проведении 7-суточных испытаний первый 24-часовый период времени (этап 2) должен быть включен в 7-суточный период испытаний.

Для ЦРРЛ при неблагоприятных условиях распространения 7-суточный период испытаний должен использоваться при вводе в эксплуатацию всех трактов.

Результат 7-суточного периода испытаний не должен превышать значений 7-суточного BISPO и может быть использован по взаимному соглашению между заинтересованными сторонами для окончательного решения о соответствии тракта нормам показателей качества по ошибкам.

Оценка 7-суточного испытания

Возможны два варианта оценки:

- первый — если показатели ES или SES менее или равны соответствующему 7-суточному BISPO, тракт считают соответствующим нормам показателей качества по ошибкам;
- второй — если 7-суточные пороговые показатели (BISPO) для ES или SES превышены, тракт считают не соответствующим нормам показателей качества по ошибкам и начинают проведение исследования и/или процедуры локализации неисправности.

Примечание — Для ЦРРЛ, в случае если 7-суточные пороговые показатели BISPO для одного из показателей ES или SES (или обоих) превышены, но не более чем в два раза в период с аномальными условиями распространения радиоволн, проводят следующий 7-суточный период испытаний.

4.3.6 Нормы на показатели фазового дрожания и дрейфа фазы магистральных каналов волоконно-оптических и радиорелейных систем передачи цифровых телевизионных сигналов

Нормы на показатели фазового дрожания и дрейфа фазы магистральных каналов волоконно-оптических и радиорелейных систем передачи цифровых телевизионных сигналов для систем ПЦИ соответствуют рекомендации [10] и для систем СЦИ соответствуют рекомендации [21].

Максимально допустимые значения выходного фазового дрожания цифрового тракта систем передачи цифровых телевизионных сигналов (ПЦИ и СЦИ) указаны в таблице 4.8.

Таблица 4.8 — Максимально допустимые значения выходного фазового дрожания для цифрового участка при отсутствии входного фазового дрожания

Скорость цифрового потока, Мбит/с	Единичный интервал (ЕИ), нс	Максимально допустимое фазовое дрожание на выходе		Полоса измерительного фильтра		
		Предельное значение низких частот ($f_1 — f_4$)	Предельное значение высоких частот ($f_3 — f_4$)	Полосовой фильтр с нижней частотой среза f_1 или f_3 и верхней частотой среза f_4		
				f_1, Гц	f_3, кГц	f_4, кГц
2,048	488	0,75 ЕИ	0,2 ЕИ	0,02	18	100
8,448	118	0,75 ЕИ	0,2 ЕИ	0,02	3	400
34,368	29,1	0,75 ЕИ	0,15 ЕИ	0,1	10	800
139,264	7,18	1,5 ЕИ	0,075 ЕИ	0,2	10	3500
155,520	6,43	1,5 ЕИ	0,15 ЕИ	0,5	65	1300

Значения параметров допусков на входное фазовое дрожание и дрейф фазы (предельные нормы) для аппаратуры систем ПЦИ магистральных каналов волоконно-оптических и радиорелейных систем передачи цифровых телевизионных сигналов приведены в таблице 4.9 и на рисунке 4.6.

Таблица 4.9 — Допустимые уровни фазового дрожания и дрейфа фазы на входе цифрового тракта

Скорость передачи, Мбит/с	Значения параметров A в едином интервале (ЕИ)*, полный размах			Частота, кГц					Псевдослучайный испытательный сигнал
	A_0	A_1	A_2	f_0	f_1	f_2	f_3	f_4	
2,048	36,9	1,5	0,2	$1{,}2 \cdot 10^{-5}$	0,02	2,4	18	100	$2^{15} — 1$
8,448	152	1,5	0,2	$1{,}2 \cdot 10^{-5}$	0,02	0,4	3	400	$2^{15} — 1$
34,368	618,6	1,5	0,15	—	0,1	1	10	800	$2^{23} — 1$
139,264	2506,6	1,5	0,075	—	0,2	0,5	10	3500	$2^{23} — 1$
155,520	2800	1,5	0,075	—	0,193	0,5	10	3500	$2^{23} — 1$

* Для скорости передачи 2,048 Мбит/с 1 ЕИ = 488 нс;
» » » 8,448 Мбит/с 1 ЕИ = 118 нс;
» » » 34,368 Мбит/с 1 ЕИ = 29,1 нс;
» » » 139,264 Мбит/с 1 ЕИ = 7,18 нс;
» » » 155,520 Мбит/с 1 ЕИ = 6,43 нс.
A — полный размах дрожания и дрейфа фазы.

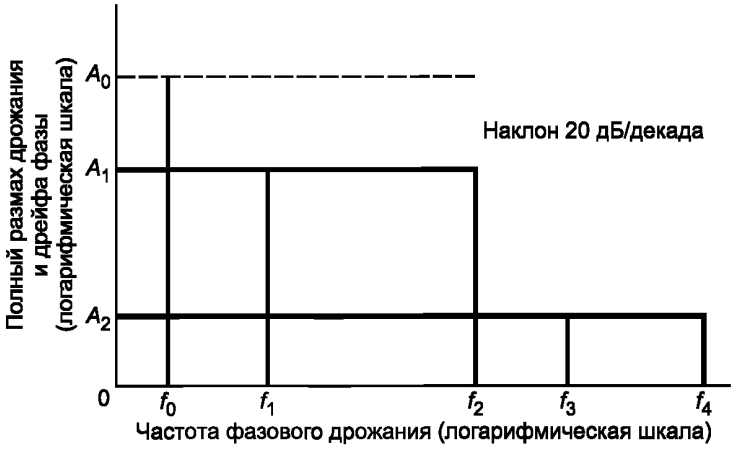


Рисунок 4.6 — Шаблон максимально допустимого входного фазового дрожания и дрейфа фазы

4.3.7 Методы измерения фазового дрожания и дрейфа фазы

4.3.7.1 Измерение выходного фазового дрожания

Результаты измерения выходного фазового дрожания могут выражаться в виде эффективных амплитуд полного размаха в определенных диапазонах частот.

Измерения выходного фазового дрожания на типовых стыках каналов и трактов рекомендуется проводить с использованием сигналов реальной нагрузки.

Настоящий метод заключается в:

- демодуляции фазового дрожания реальной нагрузки на выходе сетевого стыка;
- избирательной фильтрации фазового дрожания;
- измерении эффективного значения;
- измерении амплитуды фазового дрожания в определенном интервале времени.

На рисунке 4.7 представлена схема, применяемая для измерений сигнала реальной нагрузки. Дополнительный анализатор спектра обеспечивает наблюдение за частотным спектром выходного фазового дрожания.

Порядок проведения работы:

а) устанавливают соединения по схеме, приведенной на рисунке 4.7, и убеждаются в том, что измеряемый объект работает без ошибок;

б) выбирают фильтр измерения фазового дрожания и измеряют выходное фазовое дрожание в данной полосе частот, регистрируя истинное значение амплитуды полного размаха, возникающей в течение заданного интервала времени;

в) повторяют операцию по перечислению б) для всех фильтров измерения фазового дрожания.

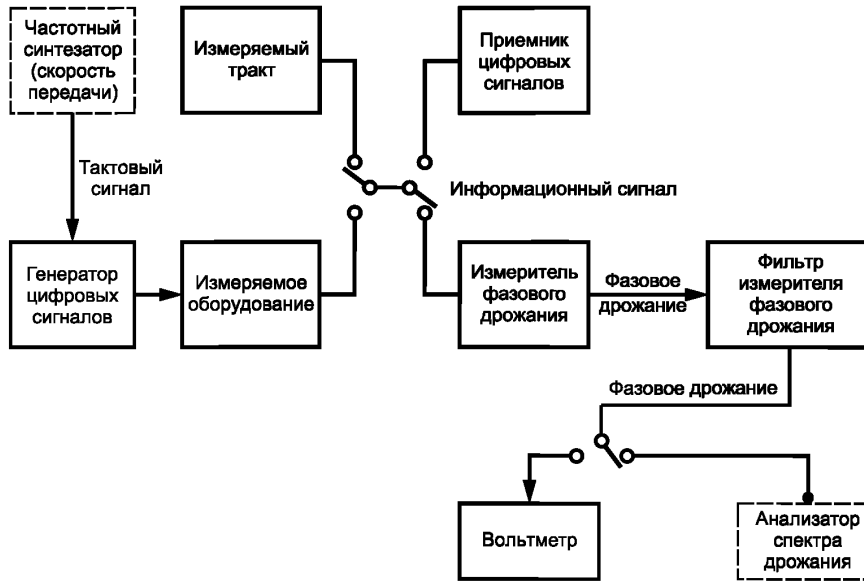


Рисунок 4.7 — Схема измерения выходного фазового дрожания

4.3.7.2 Измерение максимально допустимого входного фазового дрожания

Проверку работоспособности цифрового тракта при максимально допустимом входном фазовом дрожании следует проводить подачей на вход канала измерительного сигнала с введенным фазовым дрожанием, значение и частоту которого устанавливают в соответствии с нормами на максимально допустимый размах синусоидального фазового дрожания на входе и измерением на выходе этого канала или тракта показателей ошибок.

Более подробно методика измерения максимально допустимого фазового дрожания на входе цифрового канала, тракта или аппаратуры изложена ниже.

Максимально допустимое значение фазового дрожания определяется амплитудой синусоидального фазового дрожания, которое, будучи поданным на вход тракта или аппаратуры, вызывает заданное ухудшение показателя ошибок. Допустимое отклонение фазового дрожания зависит от амплитуды и частоты поданного фазового дрожания. Амплитуды синусоидального входного фазового дрожания, допускаемые на заданной частоте, определяют до (но не включая) той амплитуды, которая вызывает нормированное ухудшение показателей ошибок.

Нормированное ухудшение показателей ошибок может быть выражено двумя критериями: увеличением коэффициента ошибок по битам K_0 и моментом появления ошибок. Рассматривают оба критерия, поскольку допуск на входное фазовое дрожание измеряемого объекта определяется, в основном, двумя факторами: способностью схемы восстановления хронирующего сигнала точно восстанавливать хронирующий сигнал из информационного сигнала с фазовым дрожанием и, возможно, с другими ухудшениями качества (искажение импульсов, переходное влияние, шум и т.д.), а также способностью выдерживать динамически меняющуюся скорость входного цифрового информационного сигнала (например способностью к цифровому выравниванию и емкостью буферного ЗУ по входу и выходу из синхронизма в асинхронной цифровой аппаратуре группообразования).

Ниже рассматриваются оба метода.

Метод по критерию увеличения K_0

Критерий увеличения K_0 для измерений допустимого значения фазового дрожания определяют как амплитуду фазового дрожания (на заданной частоте фазового дрожания), удваивающего K_0, что обусловлено определенным уменьшением отношения сигнал/шум. Метод разделяют на два этапа. На первом этапе определяют два значения K_0 в зависимости от отношения сигнал/шум в эталонных точках измеряемого объекта. При нулевом фазовом дрожании к сигналу добавляется шум или сигнал ослабляется до получения нужного первоначального K_0. Затем шум или затухание сигнала снижается до момента, когда K_0 уменьшится в два раза.

На втором этапе на определенной частоте в испытательный сигнал вводят фазовое дрожание до момента получения первоначально выбранного значения K_0. Введенное эквивалентное фазовое дрожание представляет собой точную и воспроизводимую меру допустимого фазового дрожания схемы решения. Второй этап повторяют для достаточного числа частот, чтобы измерение точно показывало постоянный допуск синусоидального входного фазового дрожания для испытуемого объекта в используемом диапазоне частот. Измерительное устройство должно обеспечивать генерирование сигнала с управлением фазовым дрожанием, получение управляемого отношения сигнал/шум в информационном сигнале и измерение получаемого в итоге K_0 испытуемого объекта.

На рисунке 4.8 показана схема измерения, применяемая для метода по критерию увеличения K_0. Аппаратура, обозначенная на рисунке 4.8 пунктирными линиями, является дополнительной. Частотный синтезатор обеспечивает более точное определение частот, используемых для измерения, а приемник фазового дрожания применяется для контроля амплитуды вырабатываемого фазового дрожания.

Порядок измерений:

а) устанавливают соединения по схеме, приведенной на рисунке 4.8.

Проверяют целостность и убеждаются, что измеряемый объект работает без ошибок;

б) при отсутствии фазового дрожания увеличивают шум (или ослабляют сигнал) до получения не менее 100 ошибок по битам в секунду;

в) регистрируют соответствующий K_0 и отношение сигнал/шум;

г) увеличивают отношение сигнал/шум на определенное значение;

д) устанавливают частоту входного фазового дрожания на нужное значение;

е) регулируют амплитуду фазового дрожания до получения первоначального значения K_0, зарегистрированного по перечислению в);

д) регистрируют амплитуду и частоту поданного входного фазового дрожания и повторяют операции по перечислениям г) — д) с числом частот, достаточным для определения характеристики допустимого фазового дрожания.

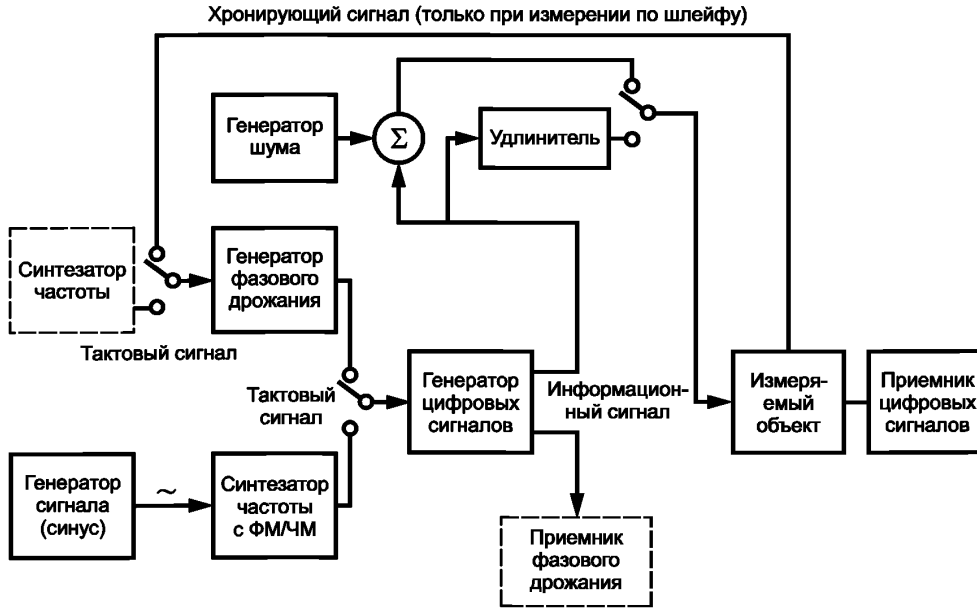


Рисунок 4.8 — Схема измерения фазового дрожания (метод по критерию увеличения K_0)

Метод с использованием критерия — момент появления ошибок

Критерий — момент появления ошибок для измерения допустимого значения фазового дрожания определяют как наибольшую амплитуду фазового дрожания на заданной частоте, при которой отмечается не более двух секунд с ошибками, суммируемыми в последовательных 30-секундных измерительных интервалах, в течение которых амплитуда фазового дрожания возрастала.

Данный метод заключается в регулировке частоты фазового дрожания и определении амплитуды фазового дрожания испытательного сигнала, обеспечивающего соблюдение критерия появления ошибок. Метод включает в себя:

- исключение «переходной области» амплитуды фазового дрожания (в которой прекращается безошибочная работа);
- измерение отдельных секунд с ошибками в течение 30 секунд для каждого увеличения амплитуды фазового дрожания, начиная с «переходной области»;
- определение наибольшей амплитуды фазового дрожания, при которой суммарное число секунд с ошибками не превышает двух.

Измерения должны быть повторены для числа частот, достаточного для того, чтобы измерение точно отражало допустимое для испытуемого объекта синусоидальное входное фазовое дрожание в необходимом диапазоне частот. Измерительное устройство должно вырабатывать сигнал с управляемым фазовым дрожанием и измерять число секунд с ошибками, обусловленными фазовым дрожанием во входном сигнале.

На рисунке 4.9 приведено измерительное устройство, используемое для данного метода по критерию появления ошибок. Дополнительный синтезатор частоты обеспечивает более точное определение частот, используемых для измерения. Дополнительный приемник фазового дрожания служит для контроля амплитуды генерируемого фазового дрожания.

Порядок проведения измерения:

а) устанавливают соединения по схеме, приведенной на рисунке 4.9. Проверяют целостность и убеждаются, что измеряемый объект работает без ошибок;

б) устанавливают частоту входного фазового дрожания на нужное значение и регулируют амплитуду фазового дрожания на 0 единичных интервалов полного размаха;

в) увеличивают амплитуду фазового дрожания с помощью грубой регулировки для определения области амплитуд, в которой прекращается безошибочная работа. Уменьшают амплитуду фазового дрожания до уровня, при котором начинается эта область;

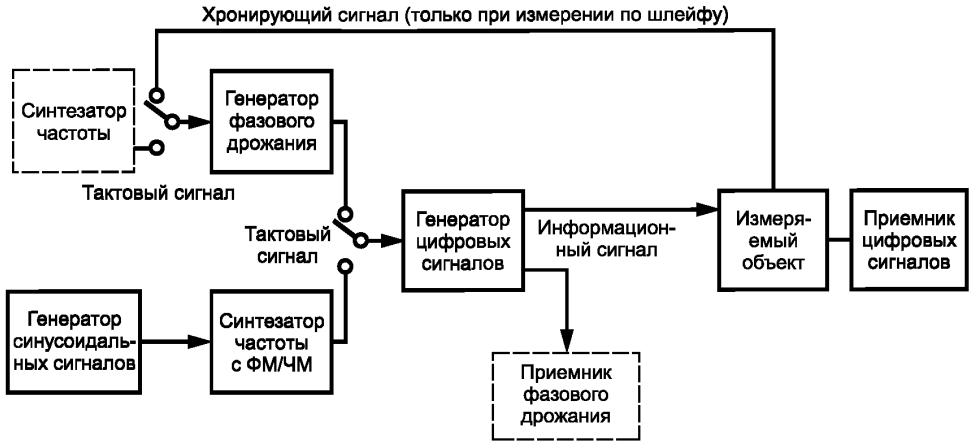


Рисунок 4.9 — Схема измерения допустимого фазового дрожания (метод по критерию появления ошибок)

г) регистрируют число секунд с ошибками, отмеченными за 30-секундный измерительный интервал. Следует иметь в виду, что первоначальное измерение должно показать отсутствие секунд с ошибками;

д) увеличивают амплитуду фазового дрожания с помощью плавной регулировки, повторяя операцию по перечислению г) до удовлетворения критерия появления ошибок;

е) регистрируют отображаемую измерительным устройством амплитуду и повторяют операции по перечислениям б) — д) с числом частот, достаточным для определения характеристики допустимого фазового дрожания.

Соответствие допустимого значения фазового дрожания нормам допуска на фазовое дрожание

Допустимое значение (нормы) фазового дрожания для тракта определяют с помощью шаблонов допуска на фазовое дрожание. Каждый шаблон указывает на область, в которой оборудование должно работать без снижения нормированного показателя ошибок. Разность между шаблоном и эффективной характеристикой допуска оборудования показывает запас по фазовому дрожанию. Проверку допустимого значения фазового дрожания на соответствие шаблону (нормам) проводят установлением частоты и амплитуды фазового дрожания на значение шаблона и контролем за отсутствием нормированного снижения показателя ошибок.

Измерение проводят с числом точек шаблона, достаточным для того, чтобы убедиться в соответствии нормам во всем диапазоне частот шаблона.

Порядок проведения измерений:

а) устанавливают соединения по схеме, приведенной на рисунке 4.8 или 4.9 (в зависимости от конкретного объекта). Проверяют целостность и убеждаются, что измеряемый объект работает без ошибок;

б) устанавливают амплитуду и частоту фазового дрожания согласно одной из точек шаблона;

в) при использовании метода по критерию появления ошибок подтверждают отсутствие секунд с ошибками. При использовании метода по критерию ухудшения K_0 подтверждают, что нормированное снижение показателя ошибок не достигнуто;

г) повторяют измерение по перечислениям б) и в) по достаточному числу точек шаблона, чтобы убедиться в соответствии допуска на фазовое дрожание.

4.4 Спутниковые магистральные каналы передачи телевизионных сигналов

4.4.1 Общие положения

Спутниковые системы передачи (ССП) обладают принципиальными особенностями, отличающими их от других систем передачи.

Спутниковые каналы образуются путем активной ретрансляции сигналов спутниками, на которых размещаются несколько ретрансляторов, образующих стволы с антеннами, определяющими размеры и конфигурацию зон обслуживания. Такое построение ССП позволяет:

- организовывать прямые каналы передачи между любыми приемопередающими ЗС, находящимися в зоне обслуживания;

- осуществлять работу в режиме многостанционного доступа, при котором несколько ЗС могут работать через общий ствол, тем самым улучшая его использование;
- передавать циркулярные сообщения на всю зону обслуживания;
- обеспечивать резервирование наземных многоканальных магистралей;
- осуществлять работу в режиме незакрепленных каналов, при котором каналы и тракты в пределах обслуживаемой спутником территории могут оперативно переключаться с одних направлений на другие в соответствии с изменяющимися во времени потребностями сети;
- организовывать каналы между любыми двумя пунктами в зоне обслуживания ИСЗ независимо от географических условий, что позволяет создавать линии передачи в отдаленных и труднодоступных местах, где строительство наземных систем передачи затруднено или невозможно.

Качество спутниковых каналов и трактов и стоимость организации спутниковых линий передачи определяются качественными и стоимостными показателями оборудования земных и космической станций и не зависят от эквивалентной наземной протяженности.

Современные ССП с космическими аппаратами на геостационарной орбите могут использоваться для организации магистральных каналов передачи цифровых телевизионных сигналов.

Современные ССП позволяют организовать цифровые тракты плезиохронной цифровой иерархии (ПЦИ) — ПЦГТ, ВЦГТ, ТЦГТ и ЧЦГТ.

ССП имеет следующие особенности по сравнению с наземными системами связи:

- временную задержку сигнала 300 мс, приводящую к эффекту «эхо» и ограничению использования двойного скачка;
- доплеровское смещение частоты, составляющее для ИСЗ на геостационарной орбите $+10^{-8}$ от несущей частоты;
- кратковременные (до 10 мин) перерывы, обусловленные засвечиванием антенны ЗС Солнцем (два раза в год, в период весеннего и осеннего равноденствия);
- возможное выключение стволов (дважды в год) из-за недостаточной емкости химических батарей на ретрансляторах во время прохождения теневых участков Земли и Луны.

4.4.2 Нормы показателей качества по ошибкам спутниковых систем передачи

4.4.2.1 Общие положения

Показатели ошибок цифровых каналов и трактов являются статистическими параметрами, и нормы на них определены соответствующей вероятностью их выполнения. Для показателей ошибок разработаны следующие виды эксплуатационных норм: долговременные нормы; оперативные нормы.

Долговременные нормы определены на основе рекомендации [17].

Проверка долговременных норм требует в эксплуатационных условиях длительных периодов измерения — не менее 1 мес. Эти нормы используются при проверке качественных показателей цифровых каналов и трактов новых систем передачи (или нового оборудования отдельных видов, оказывающего влияние на эти показатели), которые ранее на ССП не применялись.

Оперативные нормы требуют оценки относительно коротких периодов измерения. Среди оперативных норм различают:

а) нормы для ввода трактов в эксплуатацию — используются, когда каналы и тракты, образованные аналогичным оборудованием систем передачи, уже имеются на сети и прошли испытания на соответствие долговременным нормам;

б) нормы технического обслуживания — используются при контроле в процессе эксплуатации трактов и для определения необходимости вывода их из эксплуатации при выходе контролируемых параметров за допустимые пределы;

в) нормы для восстановления систем — используются при сдаче тракта в эксплуатацию после ремонта оборудования.

Измерения проводят на цифровых трактах, находящихся в состоянии готовности.

Нормирование спутниковых цифровых трактов основано на использовании гипотетического эталонного цифрового тракта (ГЭЦТ) спутниковой системы передачи, который входит в международное гипотетическое эталонное соединение (ГЭС), определенное рекомендацией [22].

Структурная схема СЛТ для передачи сигналов ЦТВ представлена на рисунке 4.10, где ЗС-1, ЗС-2 — земные станции, КС — космическая станция.

Разработанные нормы относятся к цифровым трактам, организованным с помощью ССП между земными станциями ЗС-1 и ЗС-2 (точки А и А′ на рисунке 4.10).

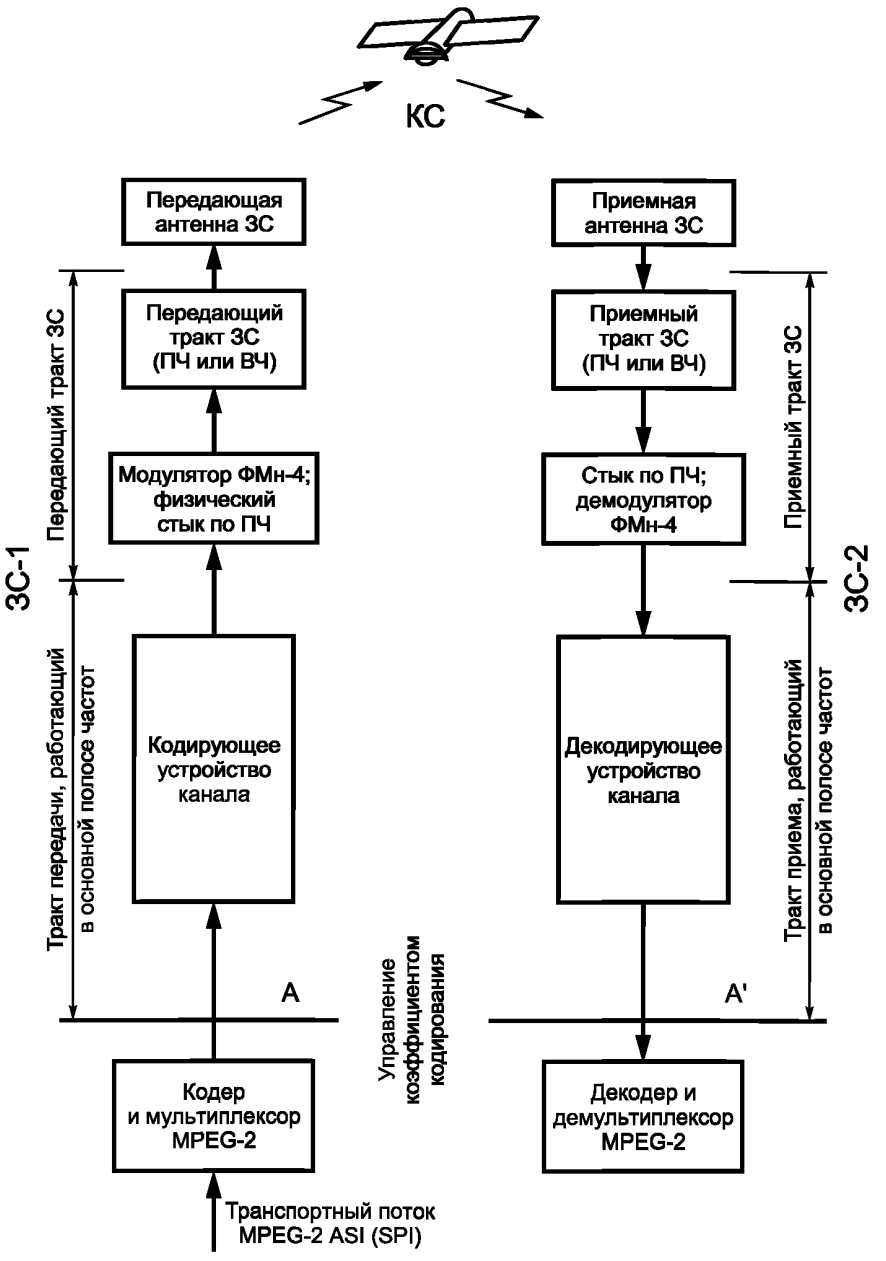


Рисунок 4.10 — Структурная схема СЛТ передачи сигналов ЦТВ

4.4.2.2 Долговременные нормы на показатели качества по ошибкам магистральных каналов ССП

Основой для определения долговременных показателей качества по ошибкам являются нормы для полного гипотетического эталонного цифрового тракта СЦИ «конец-в-конец» длиной 27500 км, приведенные в таблице 4.1.

Рассчитанные долговременные нормы для магистральных ССП приведены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 — Долговременные нормы для магистральных ССП

Вид тракта	Скорость, Мбит/с	Долговременная норма		
		ESR	SESR*	BBER
ПЦСТ	2,048	0,006	0,0003	$4{,}5 \cdot 10^{-5}$
ВЦСТ	8,448	0,0075	0,0003	$3 \cdot 10^{-5}$
ТЦСТ	34,368	0,01125	0,0003	$3 \cdot 10^{-5}$
ЧЦСТ	139,264	0,024	0,0003	$3 \cdot 10^{-5}$
* К предельному значению долговременной нормы для показателя SESR прибавляется значение 0,0001, которое учитывает неблагоприятные условия распространения сигнала (худший случай).				

4.4.2.3 Оперативные нормы показателей качества по ошибкам магистральных каналов ССП

Оперативные нормы показателей качества по ошибкам цифрового спутникового тракта (ЦСТ) основаны на измерении характеристик ошибок за секундные интервалы времени по двум показателям:

- коэффициент ошибок по секундам с ошибками (ESR);
- коэффициент ошибок по секундам, пораженным ошибками (SESR).

Измерения показателей ошибок в ЦСТ для оценки соответствия оперативным нормам могут проводиться как в процессе эксплуатационного контроля, так и при закрытии связи с использованием специальных средств измерений.

ЦСТ считается соответствующим оперативным нормам, если каждый из показателей ошибок — ESR и SESR удовлетворяет предъявляемым требованиям.

Для оценки эксплуатационных характеристик должны использоваться результаты измерения лишь в период готовности тракта.

Основой определения оперативных норм для цифрового спутникового тракта являются общие расчетные эксплуатационные нормы для полного соединения (end-to-end) показателей ошибок для международного соединения протяженностью 27500 км, приведенные в таблице 4.5.

Предельные значения доли оперативной нормы для цифрового тракта, образованные с помощью СЛТ, приведены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 — Оперативные нормы для ССП

Тип тракта	Скорость, Мбит/с	Оперативная норма	
		ESR	SESR
ПЦСТ	2,048	0,003	0,00015
ВЦСТ	8,448	0,00375	0,00015
ТЦСТ	34,368	0,00562	0,00015
ЧЦСТ	139,264	0,012	0,00015

Контроль показателей ошибок в трактах для определения соответствия оперативным нормам может проводиться в условиях эксплуатации за различные периоды времени: 15 мин, 1 сут, 7 сут.

Для анализа результатов измерения определяют пороговые значения S_1 и S_2 чисел ES и SES за период наблюдения T при $T \leq 1$ сут и одно пороговое значение BISO при $T = 7$ сут.

Расчет пороговых значений проводят в следующем порядке:

- определяют эталонную норму (среднее допустимое число ES и SES) за период наблюдения T, с,

$$RPO = C \cdot T,$$

где C — значение общей нормы для магистрального канала ССП, определяют из таблицы 4.11;

T — период наблюдения, с;

- определяют пороговое значение BISO за период наблюдения T:

$$BISO = K \cdot RPO,$$

где K — коэффициент, определяемый видом эксплуатационного контроля.

Значения коэффициента K для различных условий эксплуатации системы передачи, сетевого тракта или ОЦК приведены в таблице 4.12:

Таблица 4.12 — Значения коэффициента K для различных условий эксплуатации

Цифровые тракты всех уровней ПЦИ	
Вид контроля	Коэффициент K
Ввод в эксплуатацию	0,50
Ввод после ремонта	0,50
Ввод с пониженным качеством	0,75
Эталонная норма	1,0
Вывод из эксплуатации	> 10

- определяют пороговые значения S_1 и S_2 по формулам:

$$S_1 = BISO - 2\sqrt{BISO},\ S_1 = BISO + 2\sqrt{BISO}.$$

Если за период наблюдения T по результатам эксплуатационного контроля получено число ES или SES, равное S, то

при $S > S_2$ — тракт не принимают в эксплуатацию;

при $S < S_1$ — тракт принимают в эксплуатацию;

при $S_1 < S < S_2$ — тракт принимают условно — с проведением дальнейших испытаний за более длительные сроки.

Если после проведения дополнительных испытаний (например 7 сут), $S >$ BISO, то тракт в эксплуатацию не принимают.

В таблице 4.13 приведены данные по допустимым пределам BISO для различных периодов T и различных трактов при норме $K = 0,50$.

Таблица 4.13 — Пороговые значения показателей ошибок для различных трактов при вводе в эксплуатацию ($K = 0,5$)

Тип тракта	Пороговые значения показателей ошибок									
	15 мин				1 сут					
	ES	S_1	S_2	SES	ES	S_1	S_2	SES	S_1	S_2
2,048 Мбит/с	1	0	3	0	130	107	152	6	1	12
8,448 Мбит/с	2	0	5	0	162	137	187	6	1	12
34,368 Мбит/с	3	0	6	0	243	212	274	6	1	12
139,264 Мбит/с	5	1	9	0	518	473	564	6	1	12

4.4.3 Нормы показателей фазового дрожания и дрейфа фазы магистральных каналов ССП передачи цифровых телевизионных сигналов

Максимально допустимые значения фазового дрожания на выходе цифрового тракта систем передачи цифровых телевизионных сигналов (ПЦИ и СЦИ) приведены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 — Максимально допустимые значения выходного фазового дрожания для цифрового участка при отсутствии входного фазового дрожания

Скорость цифрового потока, Мбит/с	Единичный интервал (ЕИ), нс	Максимально допустимое фазовое дрожание на выходе		Полоса измерительного фильтра		
		Предельное значение низких частот $f_1 — f_4$	Предельное значение высоких частот $f_3 — f_4$	Полосовой фильтр с нижней частотой среза f_1 или f_3 и верхней частотой среза f_4		
				f_1, Гц	f_3, кГц	f_4, кГц
2,048	488	0,75 ЕИ	0,2 ЕИ	0,02	18	100
8,448	118	0,75 ЕИ	0,2 ЕИ	0,02	3	400
34,368	29,1	0,75 ЕИ	0,15 ЕИ	0,1	10	800
139,264	7,18	1,5 ЕИ	0,075 ЕИ	0,2	10	3500
155,520	6,43	1,5 ЕИ	0,15 ЕИ	0,5	65	1300

Значения параметров и шаблон допусков на входное фазовое дрожание и дрейф фазы (предельные нормы) для аппаратуры ССП передачи цифровых телевизионных сигналов приведены в таблице 4.15 и на рисунке 4.11.

Таблица 4.15 — Допустимые уровни фазового дрожания и дрейфа фазы на входе цифрового тракта

Скорость передачи, Мбит/с	Значения параметров A в едином интервале (ЕИ)*, полный размах			Частота, кГц					Псевдослучайный испытательный сигнал
	A_0	A_1	A_2	f_0	f_1	f_2	f_3	f_4	
2,048	36,9	1,5	0,2	$1{,}2 \cdot 10^{-5}$	0,02	2,4	18	100	$2^{15} — 1$
8,448	152	1,5	0,2	$1{,}2 \cdot 10^{-5}$	0,02	0,4	3	400	$2^{15} — 1$
34,368	618,6	1,5	0,15	—	0,1	1	10	800	$2^{23} — 1$
139,264	2506,6	1,5	0,075	—	0,2	0,5	10	3500	$2^{23} — 1$
155,520	2800	1,5	0,075	—	0,193	0,5	10	3500	$2^{23} — 1$

* Для скорости передачи 2,048 Мбит/с 1 ЕИ = 488 нс;
» » » 8,448 Мбит/с 1 ЕИ = 118 нс;
» » » 34,368 Мбит/с 1 ЕИ = 29,1 нс;
» » » 139,264 Мбит/с 1 ЕИ = 7,18 нс;
» » » 155,520 Мбит/с 1 ЕИ = 6,43 нс.
A — полный размах дрожания и дрейфа фазы.

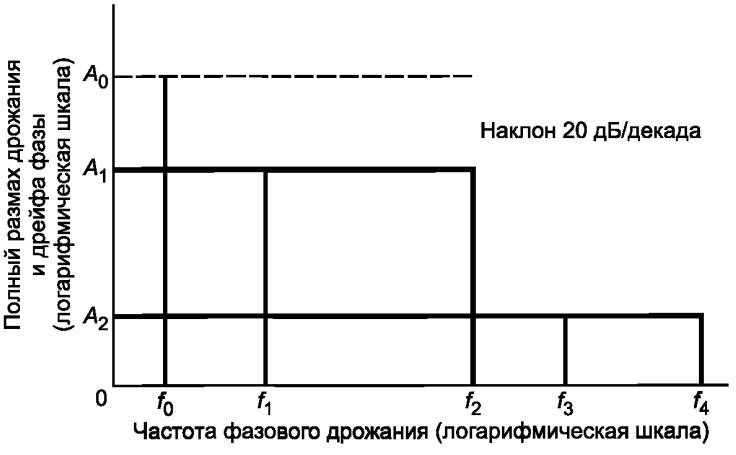


Рисунок 4.11 — Шаблон максимально допустимого входного фазового дрожания и дрейфа фазы

4.4.4 Нормы по задержке прохождения сигнала

Для систем передачи, использующих спутниковые тракты, характерна задержка распространения сигнала. Задержка обусловлена следующими причинами:

- задержка прохождения сигнала на участке ЗС—КА—ЗС;
- задержка прохождения сигнала, связанная с обработкой в спутниковом модеме в целях компенсации эффекта Доплера;
- задержка прохождения сигнала, связанная с процессом мультиплексирования и демультиплексирования.

Время задержки прохождения сигнала в цифровых системах спутниковой связи $T_{зад}$ определяют расчетным путем по формуле

$$T_{зад} = T_{з.л.с} + T_{обр.зс},$$

где $T_{з.л.с}$ — время задержки спутниковой линии находится в интервале 240 (на экваторе) — 266 (на краю зоны), мс;

$T_{обр.зс}$ — время задержки при обработке информации в аппаратуре земной станции:

$$T_{обр.зс} = T_{обр.мод} + T_{обр.мул},$$

$$T_{обр.мод} = 116 \text{ мс (для 64 кбит/с)} — f\ 128 \text{ мс (для 2048 кбит/с)},$$

$$T_{обр.мул} = 13 — 40 \text{ мс},$$

где $T_{обр.мод}$ — время задержки при обработке информации в модуляторе и демодуляторе земных станций;

$T_{обр.мул}$ — время задержки при обработке информации в мультиплексоре и демультиплексоре земных станций;

$$T_{обр.зс} = 129 + 168 \text{ мс}.$$

Таким образом, время задержки прохождения сигнала в одном направлении цифрового спутникового тракта, мс, должно находиться в пределах

$$T_{зад} = 370 + 430.$$

4.4.5 Методы измерений электрических параметров магистральных каналов спутниковых систем передачи цифровых телевизионных сигналов

4.4.5.1 Методы измерения показателей ошибок цифровых трактов, организованных в ССП

В технической эксплуатации цифровых трактов ССП могут быть выделены два этапа:

- ввод в эксплуатацию новых трактов и участков (а также прошедших ремонт);
- техническая эксплуатация.

Применяемые процедуры и оценка результатов измерений показателей ошибок зависят от конкретных целей и задач.

При измерении показателей ошибок с использованием измерительных приборов измерения могут проводиться по направлению «точка — точка» (см. рисунок 4.12) или с включением шлейфа на дальнем конце (см. рисунок 4.13).

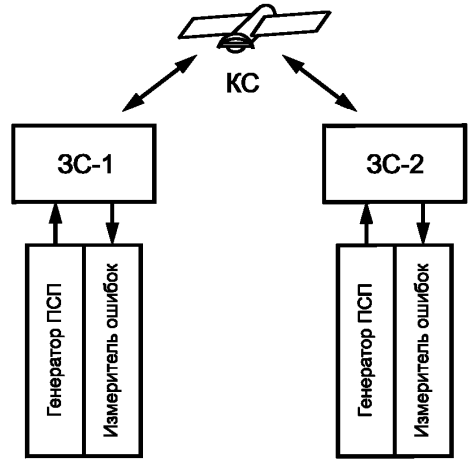


Рисунок 4.12 — Измерение показателей качества по схеме «точка — точка»

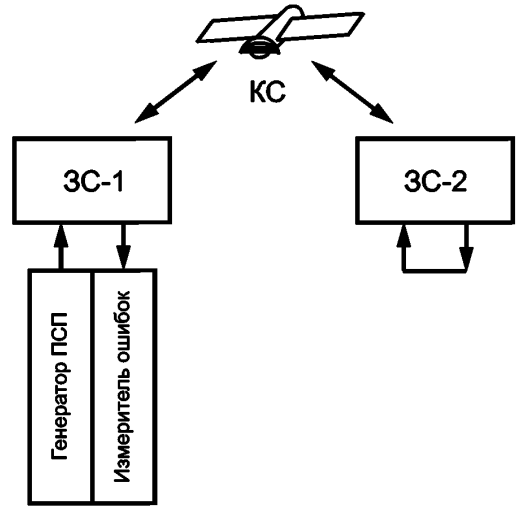


Рисунок 4.13 — Измерение показателей качества с включением шлейфа

На вход цифрового тракта (передающая сторона) подается цифровой сигнал (желательно, сформированный в стандартный цикл) псевдослучайной последовательности (ПСП) со скоростью и периодом, соответствующими иерархическому уровню измеряемого тракта, с выхода генератора ПСП. Параметры ПСП, в зависимости от уровня тракта, приведены в таблице 4.16.

На приемной стороне к выходу цифрового тракта подключается вход измерителя ошибок.

Т а б л и ц а 4.16 — Параметры сигнала псевдослучайной последовательности

Скорость передачи, Кбит/с	Код	Период ПСП
2048	HDB3	$2^{15} - 1$
8448	HDB3	$2^{15} - 1$
34368	HDB3	$2^{23} - 1$
139264	CMI	$2^{23} - 1$

Процедуру испытаний при вводе в эксплуатацию подразделяют по шагам:

- шаг 1.

Первоначальные измерения проводят в течение 15-минутного периода времени при использовании измерительного прибора с псевдослучайной последовательностью (предпочтительно сформированной в цикл).

В течение этого 15-минутного периода не должно быть ошибок или случаев неготовности. Если замечено любое из этих событий, шаг 1 повторяют не более двух раз. Если в течение третьего (и последнего) испытания произойдет какое-либо из этих событий, испытание прерывают, проводят локализацию неисправности и ее устранение;

- шаг 2.

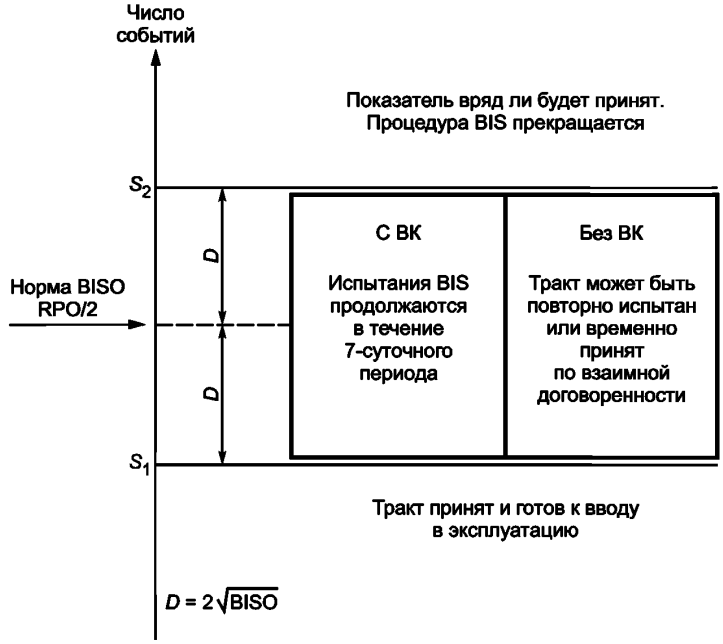
После успешно прошедших испытаний на шаге 1 измеряют параметры ошибок в течение 24-часового периода времени. При успешно прошедших испытаниях на шаге 2 результаты измерений сравнивают с порогами BISO, S_1 и S_2 (см. таблицу 4.13).

Если в период измерения произойдет событие неготовности, необходимо установить его причину и провести повторные измерения. Если и при повторных измерениях будет иметь место событие неготовности, испытание приостанавливают до устранения причины его появления.

Решение о готовности/неготовности тракта к вводу в эксплуатацию принимается после сравнения результатов измерений с пороговыми, при этом:

- если значение ES и SES менее или равны соответствующим значениям порога S_1, тракт (канал) принимают и считают готовым к эксплуатации (RPS);

- если значение ES или SES (или оба) превышают или равны соответствующему значению порога S_2, тракт (канал) бракуют и производят локализацию повреждения;
- если значение ES или SES (или оба) превышают соответствующие значения порога S_1, но оба менее соответствующих значений порога S_2, тракт (канал) принимают условно или подвергают повторным испытаниям той же длительности (см. рисунок 4.14).



ВК — встроенный контроль; S_1 и S_2 — значения норм для ввода в эксплуатацию длительности оценки; BISO — значение для 7-суточного периода

Рисунок 4.14 — Схема процедуры принятия решения о вводе в эксплуатацию

Расширенные 7-суточные испытания применимы только к трактам со встроенным контролем, для которых основные 24-часовые испытания на шаге 2 прошли неудачно.

Первый 24-часовой период измерений включается в 7-суточный.

Результаты измерений показателей ошибок не должны превышать соответствующего порога BISO, при этом возможны два варианта:

1) если значения ES и SES не превышают порога BISO для семи суток,

- тракт (канал) принимают и считают готовым к эксплуатации;

2) если значение ES или SES превышает значение порога BISO для семи суток, тракт (канал) бракуют и проводят локализацию неисправности.

При проведении приемосдаточных испытаний трактов со встроенным контролем расширенные 7-суточные испытания рекомендуется проводить с применением измерительных приборов.

В период технической эксплуатации измерения параметров ошибок проводят при локализации неисправности или при исследованиях с целью поиска путей повышения качественных показателей и надежности цифровых каналов и трактов.

4.4.5.2 Измерение характеристик фазового дрожания и дрейфа фазы

Измерение характеристик фазового дрожания и дрейфа фазы проводят с целью оценки качества работы устройств синхронизации.

Фазовое дрожание накапливается с увеличением длины цифрового тракта. Существующие международные нормативные документы содержат предельные значения фазового дрожания и дрейфа фазы на любом иерархическом стыке, соответствующем рекомендации [11].

Измерение характеристик фазового дрожания и дрейфа фазы проводят при вводе цифровых каналов и трактов в эксплуатацию и на этапе технического обслуживания, а также при локализации неисправности.

Измерение максимального значения выходного фазового дрожания проводят по схеме, приведенной на рисунке 4.15.

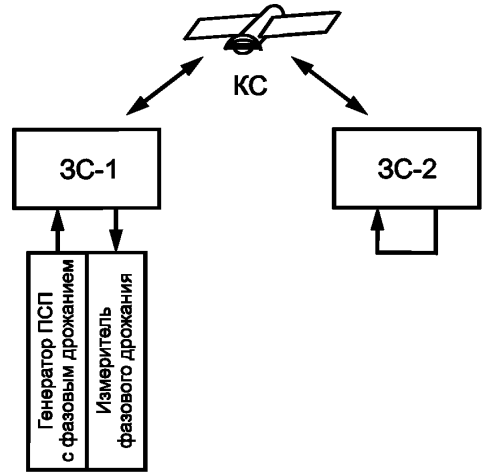


Рисунок 4.15 — Схема измерения фазового дрожания цифрового тракта ССП с включением шлейфа

На вход цифрового тракта (передающая сторона) подают испытательный сигнал от генератора ПСП на соответствующей скорости передачи с периодом в соответствии с таблицей 4.17.

Цифровой сигнал с выхода тракта (приемная сторона) подают на вход измерителя фазового дрожания. Измерение проводят в двух полосах частот, определяемых полосовыми фильтрами, входящими в состав анализатора.

Значения частот среза фильтров и предельно допустимое значение фазового дрожания приведены в таблице 4.14.

Результат измерения выражают в единичных интервалах (ЕИ), равных периоду тактовой частоты передачи в измеряемом тракте.

Таблица 4.17 — Максимальное время задержки для различных скоростей передачи

Период ПСП $2^n - 1n$	Максимальная измеряемая задержка (мс), на скорости передачи, Мбит/с			
	2	8	34	140
9	+	—	—	—
10	+	—	—	—
11	+	+	—	—
15	+	+	+	+
17	+	+	+	+
19	+	+	+	+
20	+	+	+	+
23	+	+	+	+
29	—	+	+	+

Измеренное значение фазового дрожания не должно превышать предельно допустимого по ГОСТ 19463.

Устойчивость работы цифрового канала или тракта при подаче на вход сигналов с предельным значением фазового дрожания или дрейфа измеряют по схеме, приведенной на рисунке 4.15.

На вход цифрового тракта (передающая сторона) подают испытательный сигнал от генератора ПСП со скоростью передачи и периодом, соответствующими уровню измеряемого тракта, модулированный по фазе синусоидальным сигналом с частотой и амплитудой в соответствии с масками, приведенными на рисунке 4.16.

Выход цифрового тракта подключают к входу измерителя ошибок анализатора. Предварительно в анализаторе устанавливают порог показателей ошибок.

В качестве порога может быть выбран факт появления не более 2 ES, суммируемых в последовательных 30-секундных измерительных интервалах, в течение которых амплитуда фазового дрожания возрастала.

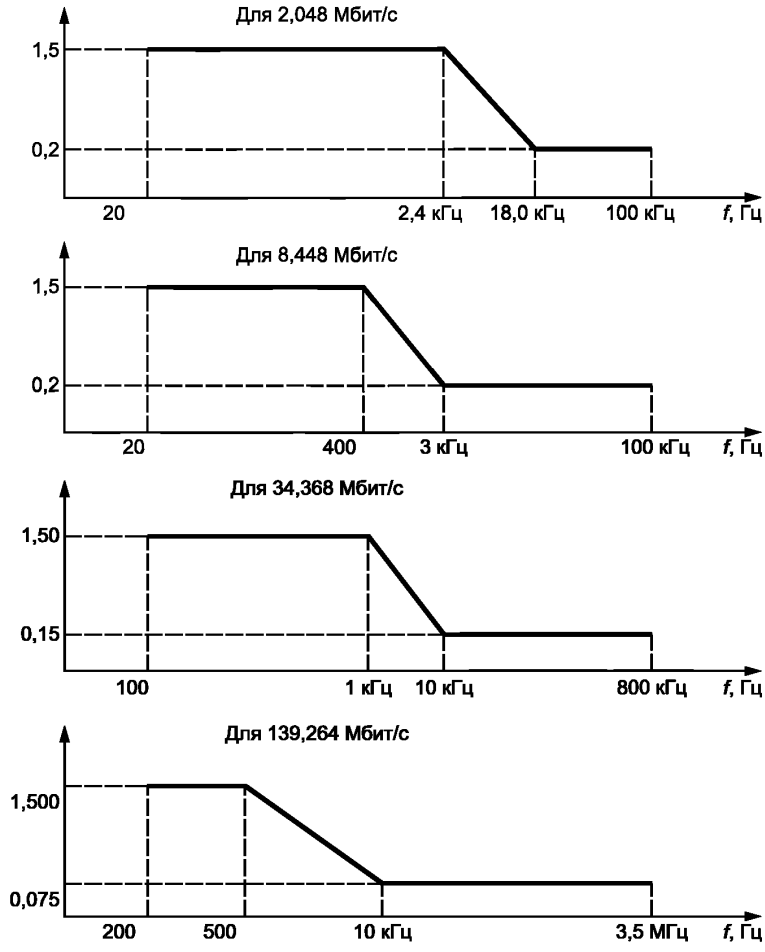


Рисунок 4.16 — Маски сигналов с предельным фазовым дрожанием

Значение фазового дрожания, при котором происходит превышение установленного порога, измеряется анализатором и характеризует устойчивость работы оборудования тракта.

Измерения проводят с числом точек по частоте, достаточным для уверенной оценки (30 + 50 точек). Измерения необходимо проводить, начиная с наиболее максимально низких частот, обеспечиваемых измерительным прибором.

Измеренные максимальные значения фазового дрожания на входе должны быть не менее значений, соответствующих маске.

Современные анализаторы оснащены всеми необходимыми устройствами для измерения характеристик фазового дрожания и дрейфа и могут проводить измерения в автоматическом режиме с выводом результатов в графической форме или в форме таблиц.

4.4.5.3 Измерение времени задержки в цифровом тракте ССП

Время задержки в цифровом тракте спутниковой системы передачи измеряют в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.17.

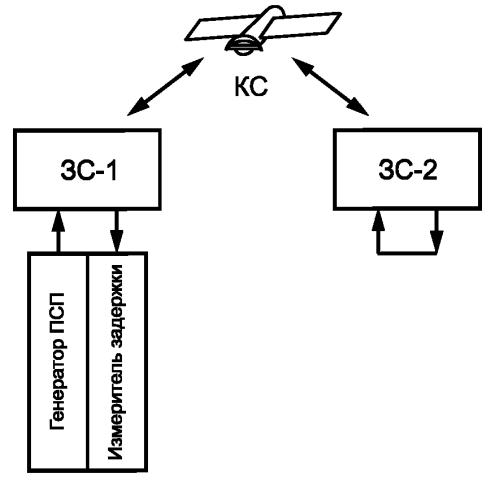


Рисунок 4.17 — Схема измерения времени задержки в цифровом тракте спутниковой системы передачи

На вход цифрового тракта спутниковой системы передачи подают цифровой сигнал с выхода генератора ПСП. Измерительный сигнал может иметь циклическую структуру или быть без нее. К выходу цифрового тракта спутниковой системы передачи подключают измеритель задержки. Измеритель времени задержки сравнивает принимаемый сигнал ПСП с опорным и определяет временную задержку.

С учетом шлейфа на удаленной станции результат измерений представляет собой удвоенное значение времени задержки.

5 Анализ структуры цифрового транспортного потока, передаваемого по магистральным каналам систем передачи цифровых телевизионных сигналов

Измерение параметров цифрового тракта передачи сигналов цифрового вещательного телевидения и его звеньев проводят следующим образом.

По сигналам цифрового транспортного потока проводят анализ структуры цифрового транспортного потока и контроль его синтаксиса.

По специальным испытательным сигналам, формируемым генератором испытательных сигналов, проводят оценку искажений, возникающих при сжатии цифрового потока.

По стандартным измерительным сигналам измеряют параметры тракта передачи цифровых сигналов, определяющих качество воспроизведения изображения и звука. С этой целью преобразуют цифровые измерительные сигналы транспортного потока в аналоговые измерительные сигналы и по ним проводят измерение.

Параметры структуры и синтаксиса цифрового транспортного потока объединены по степени важности в три группы:

- первая (группа первого приоритета) объединяет базовый набор параметров для непрерывного мониторинга, необходимых для уверенного декодирования транспортного потока;
- вторая (группа второго приоритета) включает в себя параметры для непрерывного и периодического мониторинга;
- третья (группа третьего приоритета) включает в себя параметры, требуемые только в специальных случаях.

Все параметры являются двоичными индикаторами. Если индикатор активен, то транспортный поток содержит соответствующую ошибку.

Параметры первой группы, рекомендуемые для проведения измерений (базовый мониторинг):

- потеря синхронизации транспортного потока.

Данный индикатор обновляют после успешного приема пяти последовательных байтов синхронизации, устанавливают после пропуска трех последовательных байтов синхронизации. Если индикатор установлен, остальные параметры не измеряют;

- ошибка приема байта синхронизации.

Индикатор устанавливают, если сразу после приема очередного пакета (188 байт) не обнаружен байт синхронизации. Контроль этого параметра необходим, так как многие декодеры используют этот байт для переключения своих цепей, но не контролируют его местоположение;

- ошибка таблицы соединения программ.

Индикатор устанавливают, если пакет с таблицей соединения программ (PAT) не появляется в течение 0,5 с или пакет с идентификатором 0.0000 не содержит идентификатора таблиц 0.00, показывающего начало секции PAT, или если его поле контроля скремблирования не равно 00;

- ошибка непрерывности счета.

Индикатор устанавливают при неправильной очередности пакетов, в том числе при обнаружении пропущенных или повторенных (более чем двух) пакетов;

- ошибка таблицы структуры программ.

Индикатор устанавливают, если пакет с таблицей структуры программ (PMT) для каждого идентификатора в PAT не появляется в течение 0,5 с или пакеты с этими идентификаторами не содержат идентификатора таблиц 0.02, или их поле контроля скремблирования не равно 00;

- ошибка в определении идентификации пакета.

Индикатор устанавливают, при этом интервал между двумя последовательными пакетами с одинаковыми данными для идентификации программ (PID) должен быть более 0,5 с.

Параметры второй группы, рекомендуемые для проведения измерений (непрерывный или периодический мониторинг):

- ошибка в транспортном пакете.

Индикатор устанавливают по значению поля заголовка пакета transport error flag. Если индикатор установлен, то для этого пакета остальные параметры не измеряют. Рекомендуется также подсчитывать общее число пакетов с ошибками и раздельно для каждого элементарного потока, а значения идентификаторов ошибочных пакетов и результаты измерения фиксировать и сохранять;

- ошибка циклического контроля всех таблиц.

Индикатор устанавливают, если соответствующая таблица содержит ошибку. Другие индикаторы для данной таблицы не устанавливают;

- ошибка в передаче сигнала синхронизации задающего генератора.

Индикатор устанавливают, если интервал между временными метками программы (PCR) более 40 мс;

- ошибка недопустимого ухода точности сигнала синхронизации.

Индикатор устанавливают, если при приеме PCR обнаруживается ошибка по фазе более 500 нс;

- ошибка меток времени представления PTS.

Индикатор устанавливают, если метки времени представления отсутствуют в потоке более 700 мс;

- ошибка таблицы условного доступа.

Индикатор устанавливают, когда принят пакет с шифрованными данными, а таблица условного доступа отсутствует.

Основные технические требования к параметрам цифрового транспортного потока генератора, формирующего измерительные сигналы и изображения в соответствии с [2], должны быть:

стабильность частоты . . . . . 10^{-6}

джиттер . . . . . $\leq 0{,}05\ T_S$ (от 10 Гц до 100 кГц)

асинхронный последовательный транспортный поток . . . . . $\leq 0{,}1\ T_S$ (от 10 Гц до 8 МГц)

синхронный параллельный поток . . . . . $\leq 0{,}02\ T_S$ (от 10 Гц до 200 кГц)

Номинальные уровни сигналов должны соответствовать:

размах сигнала, мВ . . . . . 410 ± 20

постоянная составляющая, В . . . . . 1,25 + 0,01

Погрешность в установлении скорости цифрового транспортного потока, %, не более . . . . . ± 1

Основные технические требования к анализатору транспортного потока должны быть:

- измерение в реальном масштабе времени параметров цифрового транспортного потока с пакетами длиной 1 088 и 204 байт со скоростями не менее 50 Мбит/с;
- погрешность измерения скорости цифрового транспортного потока в пределах ± 100 бит/с;
- диапазон измерения фазового дрожания в пределах ± 500 нс;
- разрешающая способность измерения фазового дрожания программных тактов – один период частоты f_S = 27,0 МГц; T_S = 37 нс;
- анализатор должен обеспечивать определение ошибок транспортного потока в соответствии с первой и второй группами приоритетов.

Схема проведения измерений параметров цифрового транспортного потока (ЦТП) приведена на рисунке 5.1.

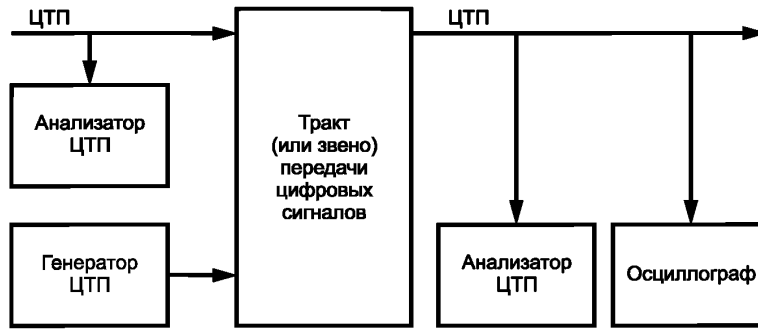


Рисунок 5.1 — Схема проведения измерений параметров цифрового транспортного потока

6 Измерение качественных показателей аналогового ТВ сигнала

6.1 Общие положения

Объективные качественные показатели телевизионных каналов определяют на основе измерений испытательных сигналов на выходе каналов изображения.

Измерения электрических параметров каналов применяют для оценки правильности работы, выявления возможных неисправностей для последующей настройки функциональных модулей и узлов цифровой системы передачи (ЦСП), обеспечивающих передачу сигналов изображения и звукового сопровождения за исключением математических модулей цифровой компрессии/декомпрессии сигнала изображения.

Данные нормы являются нормативно-технической базой для проведения комплекса измерений, необходимых для ввода в эксплуатацию каналов и трактов цифровой передачи ТВ в составе Единой сети электросвязи России и дальнейшего контроля электрических параметров этих трактов в процессе эксплуатации. Данные нормы на электрические параметры каналов изображения, организованных в цифровой системе передачи на базе магистральных РРЛ, разработаны на основе комплексного анализа существующих норм на электрические параметры каналов изображения, организованных в аналоговых каналах передачи (ГОСТ 19463, ГОСТ Р 50725 и ГОСТ 11515), технических характеристик отечественного и зарубежного оборудования цифровой передачи ТВ, а также отечественного и зарубежного оборудования передачи цифровых потоков по радиорелейным линиям и волоконно-оптическим линиям связи.

6.2 Нормы на качественные показатели телевизионных каналов, определяемые на основе приборных измерений

Параметры телевизионных каналов должны соответствовать значениям, приведенным в таблицах 6.1 и 6.2. Обозначение элементов измерительных сигналов — по ГОСТ 18471.

Таблица 6.1 — Параметры телевизионного канала изображения

Наименование параметра	Единица измерения	Предельно допустимая норма
Основные отклонения уровней ТВ сигнала		
Отклонение размаха синхроимпульса	%	От +3 до —6
Отклонение размаха импульса белого B2	%	От +3 до —6
Отклонение размаха сигнала цветовой синхронизации в красных строках	%	От +8 до —8
Отклонение размаха сигнала цветовой синхронизации в синих строках	%	От +8 до —8
Линейные искажения ТВ сигнала		
Перекос импульса белого по сигналу B2	%	От +3,5 до —3,5
Относительное отклонение синусквадратичного импульса 2*T* по сигналу B1	%	От +6 до —6
Различие усиления сигналов яркости и цветности по сигналам B2 и G2	%	От +5 до —5
Различие усиления сигналов яркости и цветности по сигналу F	%	От +5 до —5
Расхождение во времени сигналов яркости и цветности	нс	От +48 до —48
Амплитудно-частотная характеристика		
Значение АЧХ на частоте 0,5 МГц	%	От +3 до —3
Значение АЧХ на частоте 1,0 МГц	%	От +3 до —3
Значение АЧХ на частоте 2,0 МГц	%	От +6 до —6
Значение АЧХ на частоте 4,0 МГц	%	От +6 до —6
Значение АЧХ на частоте 4,8 МГц	%	От +6 до —6
Значение АЧХ на частоте 5,8 МГц	%	От +8 до —8
Нелинейные искажения ТВ сигнала		
Нелинейность сигнала яркости по сигналу D1	%	7
Нелинейность сигнала яркости по ступени 1 сигнала D1	%	7
Нелинейность сигнала яркости по ступени 2 сигнала D1	%	7
Нелинейность сигнала яркости по ступени 3 сигнала D1	%	7
Нелинейность сигнала яркости по ступени 4 сигнала D1	%	7
Нелинейность сигнала яркости по ступени 5 сигнала D1	%	7
Дифференциальное усиление по сигналу D2	%	7
Дифференциальное усиление по ступени 1 сигнала D2	%	7
Дифференциальное усиление по ступени 2 сигнала D2	%	7
Дифференциальное усиление по ступени 3 сигнала D2	%	7
Дифференциальное усиление по ступени 4 сигнала D2	%	7
Дифференциальное усиление по ступени 5 сигнала D2	%	7
Дифференциальная фаза по сигналу D2	...°	От +7 до —7
Дифференциальная фаза по ступени 1 сигнала D2	...°	От +7 до —7
Дифференциальная фаза по ступени 2 сигнала D2	...°	От +7 до —7
Дифференциальная фаза по ступени 3 сигнала D2	...°	От +7 до —7
Дифференциальная фаза по ступени 4 сигнала D2	...°	От +7 до —7
Дифференциальная фаза по ступени 5 сигнала D2	...°	От +7 до —7
Помехи ТВ сигнала		
Отношение сигнала к взвешенной флуктуационной помехе	дБ	62
Отношение сигнала к фоновой помехе	дБ	40

Таблица 6.2 — Параметры канала звукового сопровождения

Наименование параметра	Единица измерения	Предельно допустимая норма
Измерительное напряжение на входе	В	0,775
Измерительное напряжение на выходе	В	0,775
Отношение сигнал/псофометрический шум	дБ	62
Неравномерность частотной характеристики на частоте от 50 до 10000 Гц	дБ	± 1,0
Коэффициент нелинейных искажений на частоте 1000 Гц	%	1,5

6.3 Требования к приборам, измеряющим качественные показатели ТВ сигнала

6.3.1 Требования к видеоанализатору

Измерения качественных показателей ТВ сигнала, передаваемого по тракту ПЦИ/СЦИ, организованному на РРЛ, проводят видеоанализаторами, которые должны обеспечивать измерения параметров сигналов и качественных показателей ТВ канала с основной абсолютной погрешностью измерений, указанными в таблице 6.3. Обозначение элементов измерительных сигналов — по ГОСТ 18471.

Таблица 6.3 — Требования к видеоанализатору

Параметр сигнала или качественный показатель ТВ канала	Диапазон измерений	Основная абсолютная погрешность измерений
Относительные размахи составляющих ТВ сигнала		
Относительное отклонение размаха импульса опорного белого от номинального значения, %	± 50	(50 + 0,05 |A|), A — измеряемая величина
Относительное отклонение размаха синхронизирующего импульса опорного белого от номинального значения, %	± 50	(1,00 + 0,05 |A|), A — измеряемая величина
Относительное отклонение размаха сигналов цветовой синхронизации от номинального значения, %	± 50	(1,0 + 0,1 |A|), A — измеряемая величина
Нелинейные искажения		
Нелинейность сигнала яркости, %	от 0 до 30	(1,00 + 0,05 |A|), A — измеряемая величина
Относительное отклонение каждой из пяти ступеней сигнала D1 от номинального значения, %	± 30	(1,00 + 0,05 |A|), A — измеряемая величина
Дифференциальное усиление, %	± 30	(0,50 + 0,05 |A|), A — измеряемая величина
Относительное отклонение размаха цветовой поднесущей на уровнях 1—5 ступеней сигнала D2, %	± 30	(0,50 + 0,05 |A|), A — измеряемая величина
Дифференциальная фаза, ...°	± 50	(0,50 + 0,05 |A|), A — измеряемая величина
Относительное отклонение фазы цветовой поднесущей на уровнях 1—5 ступеней сигнала D2, ...°	± 50	(0,50 + 0,05 |A|), A — измеряемая величина
Нелинейность сигнала цветности, %	± 50	(2,0 + 0,1 |A|), A — измеряемая величина
Влияние сигнала цветности на сигнал яркости, %	± 30	(0,50 + 0,05 |A|), A — измеряемая величина
Линейные искажения		
Неравномерность АЧХ на дискретных частотах 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 4,8 и 5,8 МГц, %	± 70	(1,5 + 0,1 |A|), A — измеряемая величина
Относительная неравномерность вершины импульса опорного белого, %	± 30	(0,5 + 0,05 |A|), A — измеряемая величина
Искажение среза импульса опорного белого, %	± 30	(0,50 + 0,05 |A|), A — измеряемая величина

Окончание таблицы 6.3

Параметр сигнала или качественный показатель ТВ канала	Диапазон измерений	Основная абсолютная погрешность измерений
Относительное отклонение размаха 2*T*-импульса В1 от размаха импульса опорного белого В2, %	± 50	(1,0 + 0,05 |A|), A — измеряемая величина
Искажение 2*T*-импульса В1, *K*-параметр, %	От 0 до10	(0,5 + 0,05 |A|), A — измеряемая величина
Различие усиления сигналов яркости и цветности, %	± 50	(1,0 + 0,1 |A|), A — измеряемая величина
Расхождение во времени сигналов яркости и цветности, нс	± 300	(5,0 + 0,05 |A|), A — измеряемая величина
Отношения сигнала к помехам		
Отношение размаха импульса опорного белого В2 к эффективному напряжению флуктуационной помехи, дБ	От 26 до 60	± 1
Отношение размаха импульса опорного белого В2 к эффективному напряжению взвешенной флуктуационной помехи, дБ	От 30 до 70	± 1
Отношение размаха импульса опорного белого В2 к размаху фоновой помехи, дБ	От 26 до 55	± 1
Отношение размаха импульса опорного белого В2 к размахам двух наибольших синусоидальных помех с частотами от 0,2 до 6,0 МГц, дБ	26—55	± 1

Видеоанализатор должен обеспечивать сравнение результатов измерений параметров сигналов и качественных показателей ТВ канала с их допусками, установленными потребителем на уровнях допустимых отклонений и брака.

Предел допустимой дополнительной абсолютной погрешности измерения параметров сигналов и качественных показателей ТВ канала, обусловленный изменением температуры окружающей среды на каждые 10° С относительно нормальных условий (25 ± 5) °С в пределах рабочих температур, должен составлять не более половины соответствующей основной погрешности измерения.

Предел допустимой дополнительной погрешности измерения параметров сигналов и качественных показателей ТВ канала, обусловленных наличием флуктуационных помех во входном сигнале, с доверительной вероятностью 0,95 не должен увеличиваться более чем на значение основной погрешности при уменьшении отношения размаха сигнала к флуктуационной помехе на каждые 6 дБ, но, начиная со значения этого отношения, равного 40 дБ.

6.3.2 Требования к генератору измерительных сигналов

Генератор измерительных сигналов должен обеспечивать формирование измерительных сигналов с параметрами и характеристиками, приведенными в таблице 6.4.

Таблица 6.4 — Параметры и характеристики генератора измерительных сигналов (ИС)

Параметры и характеристики элементов ИС	Предел допустимого отклонения от номинального значения
Размахи прямоугольных импульсов В2, В3, В4, В5, В6, С1, D1, D2 (составляющая яркости); А, а также пилообразного сигнала D4, %	± 0,5
Размах импульсов синхронизации, %	± 0,5
Размахи сигналов цветовой синхронизации, %	± 1,0
Размах каждой ступени сигнала D1, %	± 1,0
Собственное дифференциальное усиление в сигнале D2, а также в периодических ИС № 3.1 и № 3.2, %	± 0,5
Собственная дифференциальная фаза в сигнале D2, а также в периодических ИС № 3.1 и № 3.2, ...°	± 0,5
Отклонение размахов ступеней сигнала G2 от номинальных значений, %	± 1,0 относительно размаха 3-й ступени

Окончание таблицы 6.4

Параметры и характеристики элементов ИС	Предел допустимого отклонения от номинального значения
Уровень постоянной составляющей в сигнале G2, %	± 0,5 относительно размаха 3-й ступени
Неравномерность размахов синусоидальных колебаний сигнала С2, а также неравномерность сигнала качающейся частоты С3, %	± 1,0 относительно размаха опорного импульса С1
Относительная неравномерность вершин импульсов В2, В3, В4, В5, В6, %	± 0,5
1) Наличие выбросов в областях фронтов и спадов, %	± 0,5
2) Отклонение длительностей фронтов и спадов импульсов, нс:	
В2	165 ± 5
В3, В6	120 ± 5
В4, В5, С1, D1, D2, D3	233 ± 5
Относительное отклонение размаха 2*T*-импульса В1, %	± 0,5
Искажение 2*T*-импульса В1, %	± 0,5
Различие размахов сигналов В2 и G2, а также составляющих сигналов яркости и цветности в сигнале F, %	± 1,0
Расхождение во времени составляющих яркости и цветности в сигнале F, нс, не более	5,0
Отношение размаха импульса В2 к эффективному напряжению флуктуационной помехи, дБ, не менее	65,0
Отношение размаха импульса В2 к эффективному напряжению взвешенной флуктуационной помехи, дБ, не менее	70,0
Отношение размаха импульса В2 к размаху фоновой помехи, дБ, не менее	60,0
Отношение размаха импульса В2 к размаху синусоидальной помехи в диапазоне от 0,2 до 6 МГц, дБ, не менее	65,0

Генератор должен обеспечивать формирование сигналов испытательных строк в соответствии с ГОСТ 7845 и ГОСТ 18471.

Генератор должен обеспечивать формирование периодических ИС, которые содержат либо только строчные синхронизирующие и гасящие импульсы, либо ССП и упрощенные сигналы цветовой синхронизации. При этом обеспечивается формирование следующих ИС:

- сигнала для измерения переходных характеристик в области больших времен;
- сигнала для измерения переходных характеристик в области средних и малых времен;
- сигнала для измерения нелинейных и дифференциальных характеристик;
- сигнала для измерения АЧХ;
- сигнала для измерения импульсных характеристик;
- различных вариантов периодической передачи сигналов испытательных строк;
- полного цветового сигнала цветных полос.

Предел допускаемой дополнительной абсолютной погрешности формирования ИС в генераторе, обусловленной изменением температуры окружающей среды на каждые 10 °С относительно нормальных условий (25 ± 5) °С в пределах рабочих температур, должен составлять не более половины соответствующей основной погрешности измерения.

Измерение параметров телевизионного канала осуществляют указанными приборами в соответствии с инструкциями по эксплуатации этих приборов.

6.4 Показатели качества изображения на выходе ЦСП, определяемые на основе визуальных оценок

Субъективные качественные показатели телевизионных каналов определяют на основе визуальных оценок качества изображения, воспроизводимого на экране видеомонитора на выходе канала изображения.

Визуальные оценки качества изображения применяют для выявления искажений изображения, вносимых математическими модулями цифровой компрессии/декомпрессии сигнала изображения в случае их неисправности или недостаточной эффективности применяемых в них математических алгоритмов.

Математические модули цифровой компрессии/декомпрессии сигнала изображения могут вызвать следующие искажения на выходе ЦСП:

1) Крупно- и среднеструктурные искажения:

- блокинг-эффект.

Эффект визуальной различимости прямоугольных границ областей (блоков) цифровой обработки изображения;

- мозаичный эффект.

Эффект визуально заметного различия средней яркости соседних блоков изображения, имевшего в исходном виде постоянную яркость;

- гранулярный шум.

Появление эффекта зернистости в областях постоянной яркости и цветности изображения. Результат неточно выполненного межкадрового предсказания для низкочастотных областей изображения;

- прерывистость.

Межполевые или межкадровые различия положения подвижных контуров изображения;

- искажения, имеющие вид базисных функций дискретного косинусного преобразования.

Визуально заметные прямоугольники разной высоты в границах последовательно расположенных блоков цифровой обработки изображения;

- эффект «привидения».

Отделение части движущегося объекта изображения. Результат неточно выполненного кодером межкадрового предсказания движения;

- эффект несовпадения цветов.

Несовпадение по цвету равноярких участков изображения. Результат выполнения кодером межкадрового предсказания только на основе сигнала яркости, но без учета цветоразностных сигналов;

- воспроизведение участков изображения с измененной окраской;
- размытие цветов.

2) Мелкоструктурные искажения:

- искажения в виде ложных границ деталей изображения. Эффект неточного позиционирования границ деталей изображения, смещение деталей изображения и их границ (контуров) относительно друг друга. Данное искажение является проявлением блокинг-эффекта при неточно выполненных кодером процедурах межкадрового предсказания и компенсации движения;
- искажения типа «ступеньки».

Визуально заметные ступенчатые контуры наклонно расположенных деталей изображения (например стрелки часов);

- окантовки на границах деталей изображения;
- «эффект мошкары».

Искажения яркости и цветности между движущимися деталями изображения и фоном;

- размытость.

Изменение формы мелких деталей изображения.

Пропадание мелких деталей изображения.

Субъективная оценка состоит в визуальном определении наличия перечисленных выше специфических искажений изображения, а величину искажений устанавливают (субъективное восприятие) по пятибалльной шкале оценок.

Шкала заметности	Шкала качества
5 — Незаметно	5 — Отлично
4 — Заметно, но не мешает	4 — Хорошо
3 — Слегка мешает	3 — Удовлетворительно
2 — Мешает	2 — Плохо
1 — Сильно мешает, недопустимо	1 — Очень плохо, недоступно

Для визуальной оценки изображения допускается применение видеоконтрольных устройств, ТВ приемников не ниже второго класса, предварительно проверенных. Яркость экрана должна быть отрегулирована в соответствии с окружающим освещением. Оптимальное расстояние наблюдения должно быть равно *n*-кратной высоте экрана.

Продолжительность наблюдений должна быть не менее 10 мин.

Общая оценка передачи складывается из всех наблюдаемых искажений, однако не должна превышать низшей оценки, выставленной одному из специфических искажений.

Пример — Качество изображения по всем параметрам оценено четырьмя баллами, за исключением гранулярных шумов, которые оценены тремя баллами. Общая оценка — не выше 3 баллов.

Субъективная оценка качества изображения в процессе передачи является дополнением к объективным измерениям.

Библиография

[1] ITU-T Recommendation G.702 (11/88): Digital hierarchy bit rates

Рекомендация МСЭ-Т G.702 (11/88): Иерархические скорости цифровых потоков

[2] ISO/IEC 13818 Information technology — Generic coding of moving pictures and associated audio information

Европейский стандарт связи 13818 Теория информации — общие принципы кодирования движущихся изображений и объединенной с ними аудиоинформации

[3] ETSI ETS 300 813 (vl:10/97): Digital Video Broadcasting (DVB); DVB interfaces to Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH) network

Европейский стандарт связи 300 813 (vl:10/97): Цифровое вещание видеосигналов (DVB), интерфейсы между системами DVB и сетями плезиохронной цифровой иерархии (PDH)

[4] ITU-T Recommendation J.131 (3/98): Transport in MPEG-2 Signals in PDH network

Рекомендация МСЭ-Т J.131 (3/98): Передача сигналов MPEG-2 по сетям плезиохронной цифровой иерархии PDH

[5] ETSI EN 50083: Cable network for television signals, sound signals and interactive services

Европейский стандарт связи 50083 Кабельная сеть для телевизионных сигналов, сигналов звука и интерактивных услуг

[6] ITU-T Recommendation I.363.1 (08/96): B-ISDN ATM Adaptation Layer specification: Type 1 AAL

Рекомендация МСЭ-Т I.363.1 (08/96): Спецификация слоя адаптации B-ISDN ATM, тип 1AAL

[7] ITU-T Recommendation I.361 (02/99): B-ISDN ATM Layer specification

Рекомендация МСЭ-Т I.361 (02/99): Спецификация слоя B-ISDN ATM

[8] ITU-T Recommendation I.432.1 (02/99): B-ISDN user-network interfaces — Physical layer specification: General characteristics

Рекомендация МСЭ-Т I.432 (02/99): Интерфейсы между пользователем и сетью B-ISDN — спецификация физического уровня: общие характеристики

[9] ITU-T Recommendation G.804 (2/1998): ATM cell maping into Plesiochronous Digital hierarchy (PDH)

Рекомендация МСЭ-Т G.804 (2/1998): Размещение ячеек ATM при передаче по сетям плезиохронной цифровой иерархии (PDH)

[10] ITU-T Recommendation G.823 (03/00): The control of jitter and wander within digital networks which are based on the 2048 kbit/s hierarchy

Рекомендация МСЭ-Т G.823 (03/00): Управление фазовым дрожанием и дрейфом фазы в цифровых сетях, основанных на иерархии 2048 кбит/с.

[11] ITU-T Recommendation G.703 (10/98): Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces

Рекомендация МСЭ-Т G.703 (10/98): Физические/электрические характеристики иерархических цифровых интерфейсов

[12] dTR 101 290 (vl.2.1:03/01): Measurement for DVB systems

Измерения в системах DVB

[13] ETSI ETS 300 814 Digital Video Broadcasting (DVB); DVB interfaces to Synchronous Digital Hierarchy (SDH) network

Европейский стандарт связи 300 814 Цифровое вещание видеосигналов (DVB); интерфейсы между системами DVB и сетями синхронной цифровой иерархии (SDH)

[14] ITU-T Recommendation J.132 (03/98): Transport of MPEG-2 Signals in SDH network

Рекомендация МСЭ-Т J.132 (03/98): Передача сигналов MPEG-2 по сетям синхронной цифровой иерархии (SDH)

[15] ITU-T Recommendation G.707 Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH)

Рекомендация МСЭ-Т G.707 Интерфейсы узлов сети синхронной цифровой иерархии (SDH)

[16] ITU-T Recommendation G.957 (06/99): Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy

Рекомендация МСЭ-Т G.957 (06/99):	Оптические интерфейсы для оборудования и систем, относящихся к синхронной цифровой иерархии
[17] ITU-T Recommendation G.826 (12/01)	End-to-end error performance parameters and objectives for international, contact bit-rate digital paths and connections
Рекомендация МСЭ-Т G.826 (12/01)	Сквозные параметры качества по ошибкам и показатели для международных цифровых трактов и соединительных линий
[18] ITU-T Recommendation G.828 (03/00)	Error performance parameters and objectives for international, constant bit synchronous digital paths
Рекомендация МСЭ-Т G.828 (03/00)	Параметры качества по ошибкам и показатели для международных цифровых синхронных трактов с постоянной скоростью передачи
[19] ITU-T Recommendation O.181 (05/02):	Equipment to assess error performance on STM-N interfaces
Рекомендация МСЭ-Т O.181 (05/02):	Оборудование для оценки качества по ошибкам на интерфейсах STM-N
[20] ITU-T Recommendation O.151 (10/92):	Error performance measuring equipment operations the primary rate and above
Рекомендация МСЭ-Т O.151 (10/92):	Эксплуатация оборудования измерения качества по ошибкам для первичных и более высоких скоростей
[21] ITU-T Recommendation G.825	The control of jitter and wander within digital networks which are based on the synchronous digital hierarchy (SDH)
Рекомендация МСЭ-Т G.825	Управление фазовым дрожанием и дрейфом фазы в цифровых сетях, основанных на цифровой синхронной иерархии (SDH)
[22] ITU-T Recommendation G.801	Digital transmission models
Рекомендация МСЭ-Т G.801	Модели цифровых передатчиков

УДК 621.397.69:006.354 ОКС 33.170 Э07

Ключевые слова: системы передачи данных, цифровое телевизионное вещание, пакеты транспортного потока, определения, обозначения, основные параметры

Редактор *В.Н. Копысов*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.М. Капустина*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 30.11.2006. Подписано в печать 16.01.2007. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд. л. 4,65. Тираж 176 экз. Зак. 10. С 3579.

ФГУП «Стандартинформ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru
Набрано во ФГУП «Стандартинформ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «Стандартинформ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.