

Рекомендация МСЭ-R ВТ.1662-1

(02/2025)

Серия ВТ: Радиовещательная служба
(телевизионная)

**Общая эталонная цепь и управление
запасом по качеству при
постобработке содержания
программы в телевизионных
приложениях**

Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <https://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <https://www.itu.int/publ/R-REC/ru>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2025 г.

© ITU 2025

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

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R ВТ.1662-1

Общая эталонная цепь и управление запасом по качеству при постобработке содержания программы в телевизионных приложениях

(2003-2025)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a)* что МСЭ изучает приложения радиовещательной службы;
- b)* что определен ряд телевизионных приложений, включая телевидение стандартной четкости (ТСЧ), телевидение высокой четкости (ТВЧ), телевидение сверхвысокой четкости (ТСВЧ) и телевидение большого динамического диапазона (HDR-TV);
- c)* что было бы полезно определить общую эталонную цепь для типичных телевизионных приложений, чтобы обеспечить единую основу, в рамках которой их можно было бы изучать по единообразной методике,

рекомендует

1 использовать общую эталонную цепь, описанную в Приложении 1, в качестве основы для изучения способов управления запасом по качеству при постобработке в типичных телевизионных приложениях, основанных на использовании полностью цифровой цепи обработки сигналов для передачи содержания программы;

2 использовать общие руководящие принципы реализации, изложенные в Приложении 1, для различных блоков этой эталонной цепи при проектировании тракта передачи сигнала и управления запасом по качеству при постобработке содержания программы в этих телевизионных приложениях. Рекомендуется, чтобы:

- цепь производства программы была цифровой от ввода сигналов и до представления, причем ввод может осуществляться посредством:
 - цифровой камеры, создающей сигнал с требуемыми характеристиками; или
 - пленки, которая затем сканируется с помощью телекиноаппаратуры и преобразуется в цифровой телевизионный сигнал с требуемыми характеристиками;
- по всей цепи, при наличии возможности, использовался единый внутренний формат содержания программы в зависимости от уровня качества;
- если это невозможно из-за сложных требований к постобработке, то следует использовать минимальное количество внутренних форматов по всей цепи, а значения их параметров должны находиться во взаимно однозначном соотношении.

Приложение 1

Эталонная цепь и руководящие принципы управления запасом по качеству при постобработке содержания программы в телевизионных приложениях

1 Эталонная цепь

Описанная здесь общая эталонная цепь считается полезным инструментом проектирования и анализа тракта передачи сигнала и управления запасом по качеству при постобработке содержания программы в типичных телевизионных приложениях.

Общая эталонная цепь состоит из следующих блоков, показанных на рисунке 1. Каждый блок цепи должен быть цифровым.

- *Ввод сигналов* – блок преобразования изображений и звука в цифровое представление. Входными данными этого блока являются световые и звуковые воздействия, а выходными – цифровые аудио- и видеосигналы.
- *Постпроизводство* – блок обработки цифровых аудио- и видеосигналов с целью создания конечной мастер-копии программы, соответствующей творческому замыслу продюсера. Входными данными этого блока являются полученные цифровые аудио- и видеосигналы, сгенерированные электронным способом, а выходными – конечная мастер-копия программы.
- *Распространение* – блок кодирования, мультиплексирования и модулирования сигналов программы с целью их доставки конечным пользователям. Входными данными этого блока являются цифровые сигналы содержания программы, поступающие из конечной мастер-копии, а выходными – демодулированные, демультимплексированные и декодированные цифровые сигналы, подаваемые на блок представления.
- *Представление* – блок преобразования цифровых сигналов содержания программы в световые и звуковые воздействия для представления аудитории. Входными данными этого блока являются сигналы содержания программы, полученные от блока распространения, а выходными – визуальные и звуковые воздействия, представляемые аудитории.

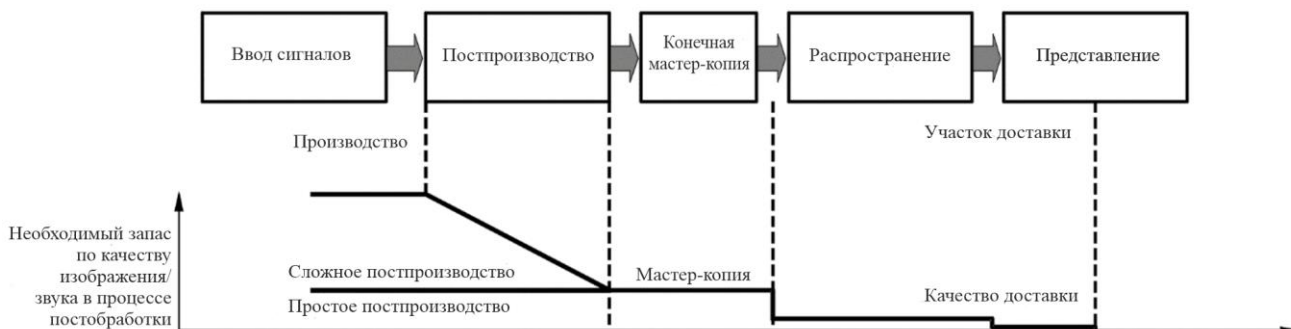
Два блока – ввода сигналов и постпроизводства – составляют производственный участок цепи, который заканчивается конечной мастер-копией.

Два блока – распространения и представления – составляют доставочный участок цепи, который начинается с конечной мастер-копии.

Таким образом, конечная мастер-копия служит связующим звеном между участком производства и участком доставки.

РИСУНОК 1

Эталонная цепь для типичных телевизионных приложений и когнитивное изменение запаса по качеству изображения/звука в процессе постобработки на всем протяжении цепи



2 Некоторые общие правила, касающиеся качества изображения/звука и распространения искажений

Изложенные ниже общие правила относятся к качеству изображения/звука в цепи обработки цифрового сигнала содержания программы, например в эталонной цепи, а также к распространению искажений по этой цепи.

Правило 1. По мере прохождения сигналов изображения/звука по цепи качество изображения/звука может ухудшаться, но никогда не улучшается. Другими словами, любая потеря качества изображения/звука на протяжении всей цепи необратима.

Правило 2. Любое преобразование изображения/звука из аналоговой формы в цифровую и обратно приводит к некоторым искажениям. Это происходит потому, что каждый раз, когда аналоговое представление изображения/звука преобразуется в соответствующее цифровое представление, производится дискретизация и сопутствующая фильтрация сигнала.

Правило 3. Любое преобразование изображения/звука из одного исходного формата в другой приводит к некоторым искажениям. Это происходит потому, что каждый раз при изменении внутреннего формата происходит своего рода интерполяция выборки с сопутствующей фильтрацией.

Правило 4. Любое преобразование представления изображения/звука из одного метода кодирования в другой с более низкой битовой скоростью передачи приводит к некоторым искажениям. Это объясняется тем, что каждый раз при кодировании источника сигналов с уменьшением битовой скорости передачи происходит отбрасывание некоторых компонентов высокого порядка исходного кода, которые вносили вклад в качество представления изображения/звука.

Эти основополагающие правила позволяют установить общие руководящие принципы, которые помогут избежать лишних искажений изображения/звука при прохождении сигнала содержания программы по цепи. Ниже приведены рекомендации для различных блоков эталонной цепи. Для большей наглядности блоки перечислены в обратном порядке, т. е. от блока представления к блоку ввода сигналов.

3 Анализ цифровой эталонной цепи

3.1 Блок представления

Качество изображения и звука, необходимое для представления программ в телевизионных приложениях, определяется целями представления, применимыми к этим приложениям.

На схеме качества изображения/звука на рисунке 1 это качество обозначено как "качество доставки".

Таким образом, качество изображения/звука на входе блока представления должно быть достаточным для обеспечения этого качества, но не обязательно превышать этот уровень.

Блок представления ухудшает принимаемый сигнал на некоторую незначительную величину.

3.2 Блок распространения

Предполагается, что после получения конечной мастер-копии участок доставки цифровой эталонной цепи не нуждается в каком-либо запасе по качеству изображения/звука для компенсации потерь в процессе постпроизводства, поскольку весь процесс постпроизводства завершается конечной мастер-копией.

При этом, если канал распространения использует субъективно прозрачный процесс кодирования источника сигналов и адекватную защиту от ошибок в канале, как и должно быть, то блок доставки не вносит никаких искажений качества, и требуемое качество изображения/звука на входе блока распространения цепи не обязательно должно быть выше, чем на его выходе, то есть на входе блока представления. Это означает, что качество изображения/звука на всем протяжении участка доставки не должно быть выше качества доставки (см. рисунок 1).

Это справедливо только в том случае, если не происходит потери качества изображения/звука из-за сложного перекодирования сигнала в интерфейсе между блоком распространения и блоком представления. Это условие выполняется, когда в блоках распространения и представления используется один и тот же внутренний формат сигнала (например, система дискретизации и квантования) и один и тот же метод кодирования источника сигнала, или когда в них используются два разных внутренних формата сигнала и/или два разных метода кодирования источника сигнала, связанные друг с другом прямым и простым образом, так что их можно прозрачно перекодировать из одного в другой.

3.3 Конечная мастер-копия

Производственный участок эталонной цепи завершается созданием конечной мастер-копии, в которой воплощен творческий замысел продюсера программы. Таким образом, конечная мастер-копия является связующим звеном между участком производства и участком распространения. После создания конечной мастер-копии дополнительное постпроизводство обычно не требуется. Тем не менее рекомендуется оставить в конечной мастер-копии некоторый запас по качеству изображения/звука, чтобы иметь возможность выполнить некоторые дополнительные простые операции на этапе постпроизводства, если они потребуются.

В этом случае конечная мастер-копия сможет обеспечить необходимое качество изображения/звука на участке доставки, которое должно быть донесено до зрительской аудитории во время показа программы. Запас по качеству, еще имеющийся в конечной мастер-копии, будет аннулирован в интерфейсе между ней и участком доставки (см. рисунок 1). Обычно это делается путем доведения битовой скорости передачи программы, используемой в конечной мастер-копии, до более низкой, необходимой для доставки программы, например, путем декомпрессии сигналов содержания программы, присутствующих в конечной мастер-копии, в сжатой форме без потерь или почти без потерь, в зависимости от ситуации, и их вторичного сжатия с потерями в форму с более низкой битовой скоростью передачи, подходящую для доставки программы, которая все же обеспечивает субъективное качество почти без потерь для восприятия зрителем на целевом расстоянии просмотра.

Эта операция выполняется наиболее прозрачно, когда в конечной мастер-копии и на участке доставки используются один и тот же внутренний формат сигнала и один и тот же метод кодирования источника или два разных внутренних формата сигнала и/или два разных метода кодирования источника, непосредственно связанных друг с другом.

3.4 Конечные мастер-копии для нескольких приложений

Следует отметить, что если конечная мастер-копия предназначена для использования в нескольких телевизионных приложениях, предъявляющих разные требования к качеству изображения/звука, то она должна обеспечивать качество изображения/звука на участке доставки, достаточное для приложения с наиболее высокими требованиями. Приложения с более низкими требованиями к качеству будут получать сигналы, преобразованные в соответствующие внутренние форматы с понижением качества. Для удобства эксплуатации может возникнуть потребность в создании из конечной мастер-копии субкопий с пониженной частотой дискретизации.

3.5 Блок постпроизводства

В блоке постпроизводства аудио- и видеосигналы, полученные в блоке ввода сигналов, обрабатываются с целью создания конечной мастер-копии программы в соответствии с творческим замыслом продюсера. Могут потребоваться следующие постпроизводственные процессы:

- простые, такие как обрезка или монтажные переходы, "шторки" или субтитры, или же простое микширование звука; либо
- сложные, такие как обширная цветокоррекция или наложение масок на видеоизображение либо обширная фильтрация и микширование звука.

В зависимости от характера сложное постпроизводство видеоизображения/звука может заметно понизить качество программы. По возможности необходимо обеспечить требуемый запас по качеству видеоизображения/звука на входе блока постобработки. Запас по качеству должен быть достаточным

для того, чтобы качество видеоизображения/звука конечной мастер-копии на выходе блока постобработки соответствовало требуемому качеству на выходе участка производства.

Параметры, по которым может потребоваться запас по качеству, зависят от конкретной операции постобработки. Ниже приведены некоторые примеры для видеоизображения.

- Если планируется высококачественная цветовая рипроекция, то необходимый запас цветового разрешения может обеспечить внутренний формат с первичными сигналами RGB с полным оптическим разрешением.
- Если планируется обширная коррекция цвета или уровня, то необходимый запас разрешающей способности может обеспечить внутренний формат с более высокой степенью дискретизации, чем требуется для конечной мастер-копии.
- Если планируется обширное перекадрирование изображения, то необходимый пространственный запас может обеспечить внутренний формат с более частой выборкой, чем требуется для конечной мастер-копии.
- Если планируется большой объем замедленной съемки, то необходимый запас времени может обеспечить внутренний формат с более высокой частотой кадров, чем требуется для конечной мастер-копии.

3.6 Блок ввода сигналов

В блоке ввода сигналов обычно используется тот же внутренний формат видеоизображения и звука, который планируется использовать для конечной мастер-копии. Однако, когда требуется запас по качеству для компенсации ожидаемых потерь качества из-за запланированных операций постобработки, в блоке ввода сигналов следует предусмотреть соответствующий запас качества по требуемым параметрам. Если на выходе блока ввода сигналов отсутствует запас качества для постобработки, который может потребоваться в процессе постпроизводства, то его уже невозможно будет создать.

Если на выходе блока ввода сигналов требуется обеспечить запас качества для постобработки, то это можно сделать, используя различные внутренние форматы сигнала с более высокой степенью дискретизации или с более частой выборкой (по времени или пространству), чем требуется для конечной мастер-копии.

Однако для того чтобы в полной мере воспользоваться преимуществами такой более частой выборки или дискретизации, более точные форматы должны быть непосредственно связаны с форматом конечной мастер-копии; тогда после завершения постобработки можно будет повторно выполнить выборку или дискретизацию обработанных сегментов программы в соответствии с форматом конечной мастер-копии, не внося неоправданных дополнительных искажений.

4 Руководящие принципы преобразования сигналов содержания программы

На основе приведенного выше анализа сформулированы следующие основные правила, которые необходимо соблюдать при разработке цепи производства программы.

4.1 Преобразование аналогового представления в цифровое на всем протяжении цепи

Если цепь полностью цифровая, то аналоговое представление сигналов будет присутствовать только в блоке ввода сигналов, где световые и звуковые воздействия должны поступать на соответствующие датчики обязательно в аналоговой форме, и в блоке представления, где цифровой сигнал изображения и звука осуществляет аналоговое воздействие в процессе представления программы зрительской аудитории.

При этих соображениях предполагается, что для передачи содержания программы с момента ввода сигналов до момента представления предпочтительно использовать полностью цифровую цепь обработки сигналов.

Изображение и звук не должны быть представлены в аналоговой форме нигде во всей этой цепи, за исключением самого начала и самого конца, за исключением, конечно же, видеомониторов и микшеров, используемых для контроля программы на всем протяжении цепи. Следует принять должные меры, чтобы исключить необходимость преобразования цифрового представления в аналоговое где-либо в тракте передачи сигнала программы.

4.2 Изменение внутреннего формата сигнала на всем протяжении цепи

Анализ эталонной цепи показывает, что можно принять меры к тому, чтобы не возникало необходимости изменения внутреннего цифрового формата видео- и аудиосигналов на участке доставки эталонной цепи.

Однако на участке производства эталонной цепи иногда происходят изменения внутреннего формата сигнала – в тех случаях, когда требуется обширная постобработка содержания. Тогда можно принять соответствующие меры по планированию и организации производства, чтобы ограничить количество таких изменений, а описанные выше технические меры помогут свести к минимуму связанные с этим искажения сигнала.

4.3 Изменение параметров кодирования источника на всем протяжении цепи

Кодирование источника сигналов широко используется в цифровом телевидении для снижения битовой скорости, необходимой для передачи содержания программы, без внесения нежелательных искажений в изображение/звук. Для данного семейства методов кодирования источника, чем ниже битовая скорость передачи, тем меньше остаточный запас по качеству изображения/звука, который можно израсходовать на компенсацию искажений, вносимых на всем протяжении цепи.

На рисунке 1 дано когнитивное представление изменения уровня качества изображения/звука на всем протяжении цепи. Каждый уровень этого изменения соответствует определенному запасу по качеству изображения/звука, который в свою очередь соответствует определенной максимальной битовой скорости, необходимой для передачи содержания программы.

На рисунке 1 видно, что запас качества на участке доставки цепи весьма скромнен и практически не меняется на всем ее протяжении. Предполагается, что он достаточен для компенсации небольших искажений, иногда вносимых каналом доставки, и при этом используется минимальная битовая скорость, необходимая для достижения этой цели, поскольку битовая скорость – дорогостоящий ресурс.

Запас по качеству конечной мастер-копии программы несколько выше, чем тот, который требуется на участке доставки цепи, поскольку в конечной мастер-копии необходимо иметь некоторый запас по качеству на тот случай, когда по творческим причинам требуется некоторая переработка готового содержания программы.

На рисунке 1 также видно, что уровень запаса по качеству изображения/звука, который необходимо обеспечить в блоке ввода сигналов цепи, зависит от объема постпроизводства, запланированного для каждой последовательности программ. Необходимый запас по качеству при вводе сигналов может меняться от последовательности к последовательности и должен быть достаточным для устранения искажений изображения/звука, вызванных конкретными процессами постпроизводства, требуемыми для каждой конкретной последовательности программ.

В любом случае, чтобы свести к минимуму ухудшение качества изображения/звука из-за изменений в кодировании источника сигнала по всей цепи, желательно, чтобы все системы кодирования источника, используемые в цепи, принадлежали к одному и тому же семейству алгоритмов сжатия, хотя могут потребоваться разные битовые скорости.

5 Выводы

Основная цель деятельности МСЭ в области телевидения – гарантировать возможность доставки телевизионных программ, их демонстрации и обмена ими с оптимальным и предсказуемым качеством.

Для достижения этой цели следует указать единый внутренний формат сигнала и единый метод кодирования источника для сигналов изображения и звука в конечной мастер-копии для каждого телевизионного приложения. Желательно также указать единую систему мультиплексирования, кодирования каналов и модуляции для каждого способа доставки (наземный, спутниковый, телевизионный кабель, оптоволокно и т. д.) каждого телевизионного приложения.

Что касается производства телевизионных программ, следует дать рекомендации по предпочтительным методам, системам и форматам, чтобы телевизионные программы производились с максимальным качеством изображения/звука и минимальными усложнениями. Однако в конечном счете каждый производитель программ сам решает, какие методы производства ему следует использовать для каждой отдельной последовательности своих телевизионных программ.

Поскольку битовая скорость передачи содержания программы – ценный ресурс, технической целью при производстве и распространении телевизионных программ должно быть обеспечение качества изображения/звука, необходимого для представления программы зрительской аудитории, с использованием минимально возможного запаса качества в процессе производства программ, необходимого для достижения желаемого творческого эффекта.

Ключом к достижению этой цели является глубокое понимание методов и ограничений в процессе ввода сигналов, постпроизводства, распространения и представления телевизионных программ, а также тщательное, детальное предварительное планирование каждого этапа производства программы с целью оптимизации выбора и планирования технических решений, которые будут использоваться при производстве каждой отдельной последовательности программ.
