

# МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

**Рекомендация МСЭ-R ВТ.2073-2**

(01/2022)

## **Использование высокоэффективного кодирования видеосигнала для применений радиовещания в формате ТСВЧ и ТВЧ**

**Серия ВТ**

**Радиовещательная служба  
(телевизионная)**



## 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-Т/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: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

### Серии Рекомендаций МСЭ-R

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

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
<b>BT</b>	<b>Радиовещательная служба (телевизионная)</b>
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, 2022 г.

© ITU 2022

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.2073-2

**Использование высокоэффективного кодирования видеосигнала  
для применений радиовещания в формате ТСВЧ и ТВЧ**

(Вопрос МСЭ-R 12-3/6)

(2015-2020-2022)

**Сфера применения**

В настоящей Рекомендации определяется использование стандарта высокоэффективного кодирования видеосигнала (HEVC) согласно Рекомендации МСЭ-T Н.265 | ISO/IEC 23008-2 для радиовещания в формате телевидения сверхвысокой четкости (ТСВЧ) и телевидения высокой четкости (ТВЧ), включая телевидение большого динамического диапазона (HDR-TV).

**Ключевые слова**

ТСВЧ, HDR-TV, ТВЧ, подуровневое кодирование, параллельное кодирование, битовый подпоток.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a)* что существуют применения, в которых желательно транспортирование программного материала ТСВЧ, HDR-TV и ТВЧ с существенно сниженной битовой скоростью при минимальном видимом ухудшении качества;
  - b)* что в Рекомендации МСЭ-R ВТ.2020 определены параметры для семейства видеоформатов ТСВЧ;
  - c)* что в Рекомендации МСЭ-R ВТ.2100 определены параметры для видеоформатов HDR-TV;
  - d)* что в Рекомендации МСЭ-R ВТ.709 определены параметры для семейства видеоформатов ТВЧ;
  - e)* что в Рекомендации МСЭ-T Н.265 | ISO/IEC 23008-2 определен стандарт высокоэффективного кодирования видеосигнала (HEVC), который обеспечивает возможность существенного улучшения показателей сжатия по сравнению с предыдущими стандартами;
  - f)* что HEVC все шире принимается для различных применений, в том числе для радиовещания,
- рекомендует,*

что в случае необходимости транспортирования или записи программного материала ТСВЧ, HDR-TV и ТВЧ с существенно сниженной битовой скоростью для целей радиовещания следует использовать стандарт высокоэффективного кодирования видеосигнала (HEVC), определенный в Рекомендации МСЭ-T Н.265 | ISO/IEC 23008-2.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В Приложении 1 приведены базовые параметры радиовещания ТСВЧ и ТВЧ, включая HDR-TV с использованием стандарта HEVC.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В Приложении 2 приведена предпочтительная схема кодирования для временного подуровневого кодирования ТСВЧ при частоте кадров 120 и 100 Гц с использованием стандарта HEVC.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В Приложении 3 приведена предпочтительная схема кодирования для чересстрочных видеосигналов с использованием стандарта HEVC.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – В Приложении 4 приведена предпочтительная схема параллельного кодирования для формата 7680 × 4320 ТСВЧ с использованием стандарта HEVC.

**Сокращения**

CVS	Coded Video Sequence	Кодированная видеопоследовательность
DTS	Decoding Time Stamp	Временная метка декодирования
GOP	Group of Pictures	Группа изображений
HDR	High Dynamic Range	Большой динамический диапазон
IRAP	Intra Random Access Point	Внутренняя точка произвольного доступа
PTS	Presentation Time Stamp	Временная метка представления
SEI	Supplemental Enhancement Information	Информация для дополнительной оптимизации

**Приложение 1****Базовые параметры применений радиовещания ТСВЧ и ТВЧ, включая HDR-TV, с использованием стандарта HEVC**

В настоящем Приложении приведены базовые параметры применений радиовещания ТСВЧ и ТВЧ с использованием стандарта HEVC.

ТАБЛИЦА 1

**Базовые параметры излучений радиовещания ТСВЧ и ТВЧ с использованием стандарта HEVC<sup>(1)</sup>**

Формат видеосигнала		Уровень	Профиль	Ярус	Максимальная битовая скорость <sup>(5)</sup> (Мбит/с)
Пространственное разрешение	Частота кадров (Гц)				
7680 × 4320	120 <sup>(2)</sup> , 100 <sup>(3)</sup>	6.2	Основной 10	Основной	90–120
	60 <sup>(2)</sup> , 50	6.1	Основной 10	Основной	80–100
3840 × 2160	120 <sup>(2)</sup> , 100 <sup>(3)</sup>	5.2	Основной 10	Основной	35–50
	60 <sup>(2)</sup> , 50	5.1	Основной 10	Основной	30–40
1920 × 1080	60 <sup>(2)</sup> , 50	4.1	Основной 10 или Основной	Основной	10–15
	30 <sup>(2)</sup> , 25 (чересстрочн.)	4.1 <sup>(4)</sup>	Основной 10 или Основной	Основной	10–15

<sup>(1)</sup> Параметры видеосигнала HDR-TV, включая основные цвета и световые характеристики, могут передаваться с использованием VUI (информация о возможностях использования видеосигнала), которая описана в Приложении E к Рекомендации МСЭ-Т H.265 | ISO/IEC 23008-2.

<sup>(2)</sup> Учтены также значения, поделенные на 1,001.

<sup>(3)</sup> Использование временного подуровневого кодирования подробно описано в Приложении 2.

<sup>(4)</sup> Для обеспечения возможности кодирования при достаточной необходимой битовой скорости более предпочтителен уровень 4.1 (максимальная битовая скорость 20 Мбит/с) по сравнению с уровнем 4 (максимальная битовая скорость 12 Мбит/с).

<sup>(5)</sup> Указанные скорости передачи данных являются максимальными значениями для транспортирования с постоянной скоростью передачи данных для критических испытательных последовательностей, которые должны быть определены как имеющие достаточно высокое качество для вещательной передачи при оценке экспертами. Для менее критических изображений могут использоваться более низкие скорости передачи данных.

ТАБЛИЦА 2

**Базовые параметры подачи ТСВЧ, первичного распределения и электронного сбора новостей с использованием стандарта HEVC<sup>(1)</sup>**

Формат видеосигнала		Уровень	Профиль	Ярус	Максимальная битовая скорость <sup>(5)</sup> (Мбит/с)
Пространственное разрешение	Частота кадров (Гц)				
7680 × 4320	120 <sup>(2)</sup> , 100	6.2	Основной 422 10 или Основной 10	Верхний	285 <sup>(4)</sup>
	60 <sup>(2)</sup> , 50	6.1	Основной 422 10 или Основной 10	Верхний	285
3840 × 2160	120 <sup>(2)</sup> , 100	5.2	Основной 422 10 или Основной 10	Верхний	145 <sup>(4)</sup>
	60 <sup>(2)</sup> , 50	5.1	Основной 422 10 или Основной 10	Верхний	145
1920 × 1080	60 <sup>(2)</sup> , 50	4.1	Основной 10 или Основной	Верхний	30
	30 <sup>(2)</sup> , 25 (чересстрочн.)	4.1	Основной 10 или Основной	Верхний	30

<sup>(1)</sup> Параметры видеосигнала HDR-TV, включая основные цвета и световые характеристики, могут передаваться с использованием VUI (информация о возможностях использования видеосигнала), которая описана в Приложении E к Рекомендации МСЭ-Т H.265 | ISO/IEC 23008-2.

<sup>(2)</sup> Включены также значения, поделенные на 1,001.

<sup>(3)</sup> Указанные скорости передачи данных представляют собой значения постоянной скорости передачи данных для критических испытательных последовательностей, которые должны быть оценены экспертами как имеющие достаточно высокое качество для трех кодеков в тандеме. Для менее критических изображений могут использоваться более низкие скорости передачи данных. См. Рекомендацию МСЭ-R ВТ.1872.

<sup>(4)</sup> Предполагается, что требуемые битовые скорости для частоты кадров 120 и 100 Гц аналогичны битовым скоростям для частоты кадров 60 и 50 Гц.

ТАБЛИЦА 3

**Базовые параметры для производства программ ТСВЧ и обмена ими с использованием стандарта HEVC<sup>(1)</sup>**

Формат видеосигнала		Уровень	Профиль	Ярус	Максимальная битовая скорость <sup>(5)</sup> (Мбит/с)
Пространственное разрешение	Частота кадров (Гц)				
7680 × 4320	120 <sup>(3)</sup> , 100	6.2	Основной 422 10 или Основной 10	Верхний	600 <sup>(4)</sup>
	60 <sup>(3)</sup> , 50	6.1 или 6.2 <sup>(5)</sup>	Основной 10	Верхний	600
		6.1	Основной 422 10		

ТАБЛИЦА 3 (окончание)

Формат видеосигнала		Уровень	Профиль	Ярус	Максимальная битовая скорость <sup>(5)</sup> (Мбит/с)
Пространственное разрешение	Частота кадров (Гц)				
3840 × 2160	120 <sup>(3)</sup> , 100	5.2	Основной 422 10 или Основной 10	Верхний	200 <sup>(4)</sup>
	60 <sup>(3)</sup> , 50	5.1 или 5.2 <sup>(6)</sup>	Основной 10	Верхний	200
		5.1	Основной 422 10		

- (1) Параметры видеосигнала HDR-TV, включая основные цвета и световые характеристики, могут передаваться с использованием VUI (информация о возможностях использования видеосигнала), которая описана в Приложении Е к Рекомендации МСЭ-Т H.265 | ISO/IEC 23008-2.
- (2) Указанные скорости передачи данных представляют собой значения постоянной скорости передачи данных для критических испытательных последовательностей, которые должны быть оценены экспертами как имеющие достаточно высокое качество для производства программ и обмена ими. Для менее критических изображений могут использоваться более низкие скорости передачи данных.
- (3) Включены также значения, поделенные на 1,001.
- (4) Предполагается, что требуемые битовые скорости для частоты кадров 120 и 100 Гц аналогичны битовым скоростям для частоты кадров 60 и 50 Гц.
- (5) При битовой скорости, превышающей 480 Мбит/с, требуется уровень 6.2.
- (6) При битовой скорости, превышающей 160 Мбит/с, требуется уровень 5.2.

## Приложение 2

### Предпочтительная схема кодирования для временного подуровневого кодирования ТСВЧ при частоте кадров 120<sup>1</sup> или 100 Гц с использованием стандарта HEVC

В настоящем Приложении представлена предпочтительная схема кодирования для обеспечения временного подуровневого кодирования ТСВЧ при частоте кадров 120 или 100 Гц с использованием стандарта HEVC.

#### Введение

Данная предпочтительная схема кодирования предназначена для того, чтобы декодер, обладающий возможностями декодирования битового потока уровня 6.1 (или 5.1) для видеосигналов с частотой 60 или 50 Гц, мог корректно декодировать часть 60 или 50 Гц битового потока уровня 6.2 (или 5.2) для видеосигналов с частотой 120 или 100 Гц. Такая возможность декодирования реализуется с помощью временного подуровневого кодирования, определенного в стандарте HEVC.

Для обеспечения максимальной адаптивности декодера уровня 6.1 (или 5.1) до битового потока с временным подуровневым кодированием уровня 6.2 (или 5.2) вводится дополнительное ограничение на порядок декодирования таким образом, чтобы значение DTS/PTS блока доступа в битовом подпотоке уровня 6.1 (или 5.1) могло применяться и к декодированию битового потока уровня 6.2 (или 5.2) и к декодированию битового подпотока уровня 6.1 (или 5.1).

#### Временное подуровневое кодирование

Каждый второй кадр видеосигнала с частотой 120 или 100 Гц кодируется в блок доступа битового подпотока. Все остальные кадры видеосигнала с частотой 120 или 100 Гц кодируются в блоки доступа в подмножестве.

<sup>1</sup> Также включает 120/1,001.

Декодер уровня 6.1 (или 5.1) декодирует битовый подпоток и выдает на выходе декодированные кадры с той же частотой кадров 60 или 50 Гц.

Декодер уровня 6.2 (или 5.2) декодирует и битовый подпоток и подмножество и на выходе выдает декодированные кадры с той же частотой 120 Гц.

**Ограничение на порядок декодирования**

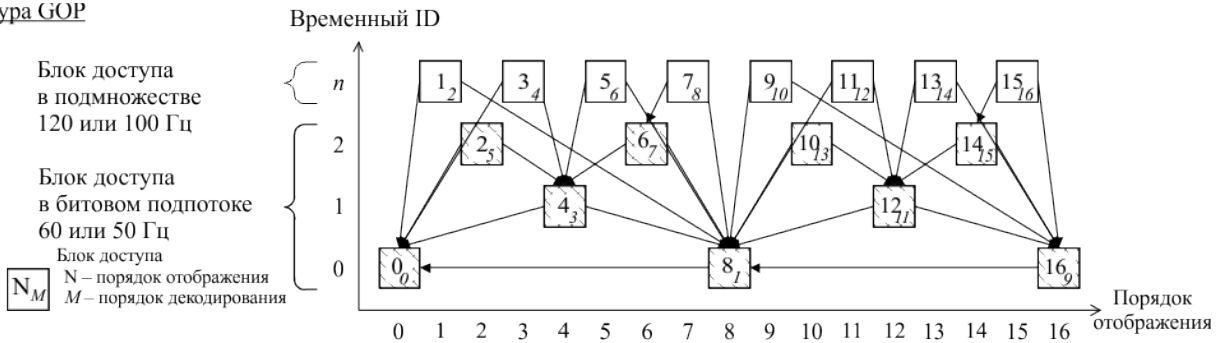
Обязательным требованием является чередование порядка декодирования каждого блока доступа в битовом подпотоке и каждого блока доступа в подмножестве. Это означает, что блок доступа в битовом подпотоке декодируется сразу же после блока доступа в подмножестве, и наоборот.

На рисунке 1 представлен пример порядка декодирования блока доступа в битовом потоке с временным подуровневым кодированием уровня 6.2 (или 5.2). Следует отметить, что не требуется переписывать значения `au_cpb_removal_delay_minus1` и `pic_dpb_output_delay` блока доступа в битовом подпотоке для декодирования битового подпотока в декодере уровня 6.1 (или 5.1). То есть не требуется вложенного сообщения SEI синхронизации изображения.

РИСУНОК 1

**Ограничение на порядок декодирования для битового потока с временным подуровневым кодированием**

Структура GOP



Декодер уровня L6.2 или 5.2 Частота кадров на выходе: 120 или 100 Гц

Порядок декодирования блока доступа	0 <sub>0</sub>	8 <sub>1</sub>	1 <sub>2</sub>	4 <sub>3</sub>	3 <sub>4</sub>	2 <sub>5</sub>	5 <sub>6</sub>	6 <sub>7</sub>	7 <sub>8</sub>	16 <sub>9</sub>	9 <sub>10</sub>	12 <sub>11</sub>	11 <sub>12</sub>	10 <sub>13</sub>	13 <sub>14</sub>	14 <sub>15</sub>	15 <sub>16</sub>
( <code>au_cpb_removal_delay_minus1</code> + 1) of access unit	-	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<code>pic_dpb_output_delay</code> of access unit	4	10	2	4	2	0	2	2	2	10	2	4	2	0	2	2	2

Порядок вывода блока доступа

0 <sub>0</sub>	1 <sub>2</sub>	2 <sub>3</sub>	3 <sub>4</sub>	4 <sub>3</sub>	5 <sub>6</sub>	6 <sub>7</sub>	7 <sub>8</sub>	8 <sub>1</sub>	9 <sub>10</sub>	10 <sub>13</sub>	11 <sub>12</sub>	12 <sub>11</sub>	13 <sub>14</sub>	14 <sub>15</sub>	15 <sub>16</sub>	16 <sub>9</sub>
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	-----------------

Декодер уровня L6.1 или 5.1 Частота кадров на выходе: 60 или 50 Гц

Порядок декодирования блока доступа	0 <sub>0</sub>	8 <sub>1</sub>	4 <sub>3</sub>	2 <sub>5</sub>	6 <sub>7</sub>	16 <sub>9</sub>	12 <sub>11</sub>	10 <sub>13</sub>	14 <sub>15</sub>
( <code>au_cpb_removal_delay_minus1</code> + 1) of access unit	-	2	4	6	8	10	12	14	16
<code>pic_dpb_output_delay</code> of access unit	4	10	4	0	2	10	4	0	2

Порядок вывода блока доступа

0 <sub>0</sub>	2 <sub>5</sub>	4 <sub>3</sub>	6 <sub>7</sub>	8 <sub>1</sub>	10 <sub>13</sub>	12 <sub>11</sub>	14 <sub>15</sub>	16 <sub>9</sub>
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	------------------	------------------	------------------	-----------------

### Приложение 3 (информационное)

#### Предпочтительная схема кодирования для чересстрочных видеосигналов с использованием стандарта HEVC

В настоящем Приложении представлена предпочтительная схема кодирования для чересстрочных видеосигналов с использованием стандарта HEVC.

##### Введение

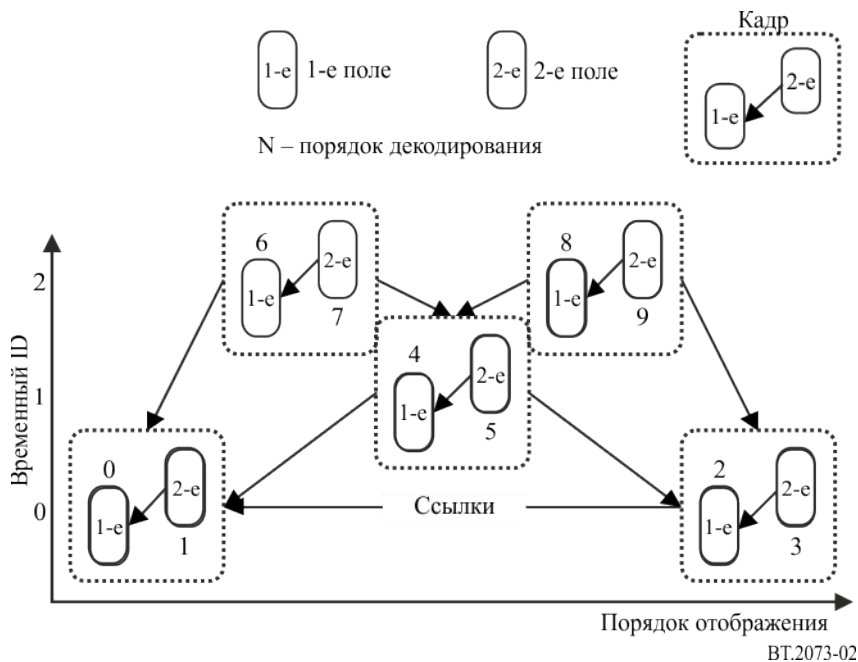
В представленной в настоящем Приложении предпочтительной схеме кодирования используется возможность кодирования для чересстрочных видеосигналов стандарта HEVC. Это означает, что в каждой CVS используется либо кодирование на основе кадров или кодирование на основе полей. Если CVS закодирована путем кодирования на основе полей (то есть флаг `field_seq_flag` равен 1), налагаются описанные ниже ограничения. В противном случае, если CVS закодирована путем кодирования на основе кадров (то есть флаг `field_seq_flag` равен 0), дополнительные ограничения не налагаются.

##### Ограничение на структуру GOP

Обязательным требованием является последовательное кодирование изображений первого и второго поля, если в том же кадре содержатся два поля. На рисунке 2 представлен пример структуры GOP в соответствии с описанным в настоящем Приложении ограничением. Следует отметить, что любое поле в кадре может содержать ссылку на любые ранее декодированные поля в других кадрах.

РИСУНОК 2

##### Ограничение на структуру GOP при кодировании на основе полей



##### Ограничение на блок доступа IRAP

В силу того что стандарт HEVC не допускает кодирования конечного блока доступа изображения до любого начального блока доступа изображения, который является более ранним по порядку отображения, чем конечный блок доступа изображения, налагается следующее ограничение для выполнения ограничения на структуру GOP, описанного выше.



Когда в битовом потоке появляется начальный блок доступа изображения, блок доступа изображения IRAP должен появиться только в начале CVS.

Для того чтобы имелись повторяющиеся точки произвольного доступа, в CVS может присутствовать несколько точек доступа, связанных с сообщением SEI точки восстановления. В этом случае рекомендуется кодировать CVS таким образом, чтобы флаги `recovery_pos_cnt` и `exact_match_flag` сообщения SEI точки восстановления могли быть установлены равными 0 или 1 соответственно.

## **Приложение 4 (информационное)**

### **Предпочтительная схема параллельного кодирования для формата 7680 × 4320 ТСВЧ с использованием стандарта HEVC**

В настоящем Приложении представлена предпочтительная схема параллельного кодирования для формата 7680 × 4320 ТСВЧ с использованием стандарта HEVC.

#### **Введение**

Учитывая последние тенденции развития технологий в отрасли радиовещания, существует твердая надежда на то, что в ближайшее время будет реализован декодер реального времени HEVC для видеосигналов 4К на однокристалльной БИС. С другой стороны, предполагается, что потребуются еще 5–10 лет для реализации однокристалльной БИС, декодирующей в реальном времени видеосигналы 8К. Следовательно, структура битового потока HEVC видеосигналов 8К должна быть определена таким образом, чтобы обеспечивалась возможность его декодирования с использованием нескольких БИС 4К стандарта HEVC.

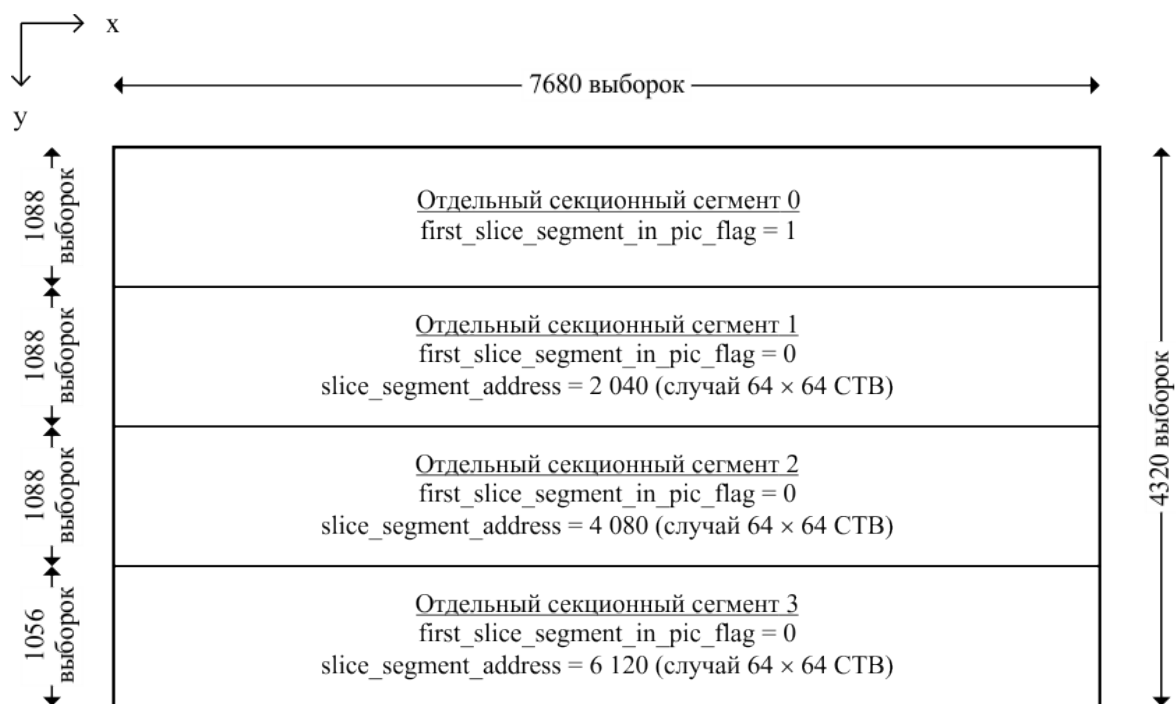
Данная предпочтительная схема кодирования для видеосигналов 8К принимает схему параллельного кодирования. Изображение 8К равномерно разбивается на четыре фрагмента изображения. Для минимизации потерь эффективности кодирования вследствие разбиения на части обязательными являются общие эталонные изображения для этих фрагментов изображения и разрешающие фильтры в шлейфе на границе фрагментов изображения.

#### **Разбиение изображения на фрагменты**

Изображение 8К разбивается на четыре фрагмента изображения. Каждый фрагмент изображения кодируется каждым процессорным ядром как самостоятельный секционный сегмент с параметрами, показанными на рисунке 3. Каждый секционный сегмент может быть разбит еще на несколько секций.

РИСУНОК 3

Схема разбиения изображения 8K на четыре фрагмента изображения



ВТ.2073-03

**Ограничения на параметры**

Применяются ограничения на параметры, представленные в таблице 4.

ТАБЛИЦА 4

**Ограничения на параметры для секционного разбиения изображения на фрагменты**

Параметры	Ограничение
pic_width_in_luma_samples	7680
pic_height_in_luma_samples	4320
first_slice_segment_in_pic_flag slice_segment_address	Значения показаны на рисунке 3
pps_loop_filter_across_slices_enabled_flag slice_loop_filter_across_slices_enabled_flag	1
tiles_enabled_flag	0 ПРИМЕЧАНИЕ. – Мозаичное разбиение не рекомендуется, так как вертикальное разбиение мозаики вызывает существенные потери эффективности кодирования типовых сцен в программах, характеризующихся большим объемом горизонтального движения, когда каждое процессорное ядро совместно использует ограниченное число эталонных выборки для компенсации движения.

