

# HDTV

— EBU format comparisons at IBC-2006

## Внимание!

- Данный перевод **НЕ** претендует на аутентичность и может содержать отдельные неточности.
- Оригинал этого документа находится по адресу: <http://www.ebu.ch>

# HDTV

— сравнение форматов EBU на IBC-2006

**Hans Hoffmann**

*EBU Technical Department*

В статье дается некоторая справочная информация по сравнению форматов HDTV, проведенному Техническим департаментом EBU на Международной вещательной конвенции (IBC) в Амстердаме в сентябре 2006 г. Цель демонстрации – обеспечение дебатов по форматам HDTV нейтральной и просветительской информацией.

В процессе демонстрации были показаны не только два действующих формата HDTV, 720p/50 и 1080i/25, но и формат HDTV следующего поколения – 1080p/50. Все три формата были представлены с идентичным контентом и одновременно на трех дисплеях Full-HD, в несжатой и сжатой форме. Таким образом, зрители демонстрации могли оценить для себя качество изображения HDTV.

Общая цель демонстрации IBC – дать зрителям возможность оценить качество изображения HDTV в зависимости от используемой – *чересстрочной* или *прогрессивной* – развертки. Дополнительные задачи:

- Прямое одновременное сравнение форматов **720p/50**, **1080i/25** и следующего поколения – **1080p/50**;
- Показ несжатых и сжатых последовательностей с применением компрессии **MPEG-4 AVC**;
- Визуализация качества изображения с использованием больших бытовых панелей с диагональю 50 дюймов и полным разрешением HD (**1920 x 1080 пикселей**).

<b>720p/50</b>	Формат HDTV, где 720 горизонтальных строк по 1280 пикселей в каждой, с прогрессивной разверткой, 50 кадров в секунду, согласно SMPTE 296M-2001 и EBU Tech3299
<b>1080i/25</b>	Формат HDTV, где 1080 горизонтальных строк по 1920 пикселей в каждой, с чересстрочной разверткой, 25 кадров или 50 полей в секунду, согласно SMPTE 274 и ITU-R BT.709-5
<b>1080p/50</b>	Формат HDTV, где 1080 горизонтальных строк по 1920 пикселей в каждой, с прогрессивной разверткой, 50 кадров в секунду, согласно SMPTE 274 и ITU-R BT.709-5

## Демонстрация, оборудование и установка<sup>1</sup>

### Одновременная презентация 1080p/50, 1080i/25 и 720p/50

#### Сокращения

<b>AVC</b>	(MPEG-4) Advanced Video Coding Продвинутое видео кодирование	<b>MPEG</b>	Moving Picture Experts Group Группа киноэкспертов <a href="http://www.chiariglione.org/mpeg/">http://www.chiariglione.org/mpeg/</a>
<b>CCD</b>	Charge-Coupled Device Устройство с зарядовой связью	<b>PLUGE</b>	Picture Line-Up Generation Equipment Тестовое оборудование для настройки изображения
<b>CRT</b>	Cathode Ray Tube Электронно-лучевая трубка	<b>SDI</b>	Serial Digital Interface Последовательный цифровой интерфейс
<b>DVI</b>	Digital Visual Interface Цифровой визуальный интерфейс	<b>SMPTE</b>	Society of Motion Picture and Television Engineers (USA) Общество инженеров кино и телевидения (США) <a href="http://www.smpete.org/">http://www.smpete.org/</a>
<b>HD-SDI</b>	High-Definition SDI SDI высокой четкости	<b>VQEG</b>	Video Quality Experts Group Группа экспертов по качеству видео <a href="http://www.its.bldrdoc.gov/vqeg/">http://www.its.bldrdoc.gov/vqeg/</a>
<b>ITU</b>	International Telecommunication Union Международный союз связи		
<b>ITU-R</b>	ITU – Radiocommunication Sector ITU – Сектор радиосвязи <a href="http://www.itu.int/ITU-R/publications/rec/index.asp">http://www.itu.int/ITU-R/publications/rec/index.asp</a>		

Для показа всех трех форматов в синхронизированной форме надо было найти технологии, способные обеспечить три источника сигнала 1080p/50, 1080i/25 и 720p/50 в несжатой форме в DVI и синхронизированных через тайм-код. Наличие интерфейса DVI в воспроизводящем устройстве было особенно важно, т.к. выбранные дисплеи могли показывать формат 1080p/50 только в DVI. В качестве серверов воспроизведения мы выбрали три рабочие станции DVS Clipster, синхронизированные через тайм-код RS-422 и обеспечивающие сигналы HDTV индивидуально по интерфейсу DVI.

#### Среда показа и просмотра

Узким местом демонстрации был выбор подходящего дисплея. Из-за того, что сегодня нет плоских панелей 1 класса нужного размера с диагональю 50 дюймов, нам пришлось искать бытовой дисплей, удовлетворяющий основным требованиям:

- разрешение full-HD, 1920 x 1080 пикселей;
- размер около 50 дюймов по диагонали, в соответствии с бытовыми требованиями к качеству высшего класса;
- интерфейсы, способные принимать 720p/50, 1080i/25 и особенно 1080p/50;
- небольшое размытие при движении;
- хорошая работа пространственного масштабирования и преобразователя чересстрочной развертки в прогрессивную;
- цветные и белые точки, близкие к параметрам ЭЛТ;
- доступность для демонстрации на IBC.

Мы выбрали три плазменных дисплея Pioneer, тип EX5000. Для демонстрации дисплеи были настроены по сигналу PLUGE и установлены на пиковую яркость  $100 \text{ cd/m}^2$ , измеренную на белой поверхности около  $1800 \text{ cm}^2$  экрана. Все функции подавления искусственных помех или улучшения изображения (кроме конвертера прогрессивной развертки) были отключены для обеспечения максимально сбалансированной обработки для трех форматов HDTV.

Следующей критической точкой была среда просмотра, а именно установка дисплеев. Мы хотели разместить хотя бы 8 зрителей – четверо сидящих на расстоянии 3-х высот изображения (3h) и четверо 4h. Горизонтальная конфигурация трех дисплеев, расположенных в ряд, была плоха тем, что ни один зритель не имел оптимального обзора всех трех дисплеев в смысле расстояния, угла просмотра и т.д. По-

<sup>1</sup> См. рекламные материалы IBC – [здесь](#) в формате PDF (4.7 MB).

этому мы решили расположить дисплеи по вертикали, где каждый дисплей был слегка наклонен для обеспечения оптимального расстояния и позиции просмотра. Конструкция и центральное место с идеальным расстоянием 3h для всех экранов показаны на *Рис. 1*.

### **Исходный контент**

Мы хотели показать один и тот же контент во всех трех форматах HDTV. Для этого надо было использовать либо три модели плана, снятые одновременно тремя разными камерами, либо одну камеру, выдававшую хотя бы сигнал 1080p/50, который мы потом могли конвертировать в 720p/50 и 1080i/25.



**Рис. 1**  
**Стойка из трех дисплеев с постоянной дистанцией из центральной позиции на расстоянии 3h**

По практическим соображениям мы выбрали последний вариант. Первые три последовательности нашей демонстрации были из набора “Multiformat Test Set”<sup>2</sup> шведского телевидения (SVT). Вторые три последовательности<sup>3</sup> были созданы Техническим департаментом EBU совместно с членами EBU в первой половине 2006 г. – предварительные футбольные матчи чемпионата в Базеле (Швейцария), фестивали в Цюрихе (Швейцария) и конкурс Евровидения в Афинах (Греция).

### **Последовательности SVT**

Сняты на киноплёнку 65 мм 50 fps, оцифрованы в 2160p/50 и субдискретизированы в 1080p/50, 720p/50 и 1080i/25.

<sup>2</sup> Скачать бесплатно – ftp сервер под управлением группы Video Quality Experts (VQEG), <http://www.its.bldrdoc.gov/vqeg/>

<sup>3</sup> Доступны членам EBU через <http://www.ebu.ch/en/technical>

## Последовательности EBU

Сняты с помощью SRG-TPC Switzerland и TVN Germany с использованием ПЗС-камеры (тип HDC1500) с двухканальным выходом для 1080p/50. Материал 1080p/50 использовался как исходный для создания субдискретизированного контента 720p/50 и 1080i/25. Субдискретизация 720p/50 производилась программным обеспечением посредством фильтрации нижних частот и интервалов синхронизации (sync-window) в сервере DVS. Контент 1080i/25 был сгенерирован посредством блочной фильтрации (усреднение строк/пикселей) в двух последовательных кадрах. Оба метода весьма близки к практическим приложениям в современных камерах.

## Кодирование в MPEG-4 AVC

Несжатые последовательности были закодированы в MPEG-4 AVC программным кодеком. Это исключило наблюдаемое непостоянство в работе современных аппаратных кодеров AVC, а кроме того, аппаратного кодера 1080p/50 вообще нет. Мы выбрали Heinrich Hertz Institute (HHI) в Берлине как всемирно признанного партнера в кодировании последовательностей. Использованный кодер был весьма близок к эталонному кодеру JVT9.0. Все последовательности были закодированы со скоростью 20, 18, 16, 13, 10, 8 и 6 Mbit/s.



Рис. 2  
Технический директор EBU Philip Laven проводит сравнение форматов HDTV на IBC-2006

## Презентация

Нижний экран был установлен на показ сигнала 1080p/50, средний – на 720p/50, а верхний – на формат 1080i/25. 720p/50 был в середине для того, чтобы зрители могли напрямую сравнивать обсуждаемые сегодня форматы (1080i/25 и 720p/50) и формат HDTV следующего поколения.

Зрители были «обучены», как влияют дисплеи и как они обрабатывают входящие сигналы. В случае 1080i/25 дисплей конвертировал чересстрочную развертку в прогрессивную. Для 720p/50 использовался пространственный апскейлинг (up-scaling), а в случае 1080p/50 – приблизительное преобразование пикселей один к одному. Зрители также были проинформированы о выходе изображения за края экрана примерно на 3%.

На демонстрации мы сначала показывали 6 последовательностей в несжатой форме (1080p/50, 720p/50 и 1080i/25). За ними следовал набор учебных последовательностей с сильной компрессией (6 Mbit/s). Зрителям давалось подробное объяснение о критических участках изображения и о том, где искать артефакты компрессии (кодирования). После учебной те же самые последовательности были представлены в сжатой форме 18, 16, 13, 10, 8 и (опять) 6 Mbit/s.

## Краткий обзор результатов, выводов и дальнейшей работы

Демонстрация планировалась не в качестве официальной научной субъективной оценки форматов HDTV, а скорее первого знакомства с качественными отличиями форматов, в той беспристрастной и управляемой среде, какую нам удалось организовать.

В презентации несжатых последовательностей участники отметили трудности в отличии между форматами – даже на расстоянии 3h. Но при показе сжатых изображений зрители заметили разницу в видимости артефактов компрессии. В зависимости от дистанции просмотра и содержания сцен артефакты становились заметны в большей или меньшей степени, и, за некоторыми исключениями, было установлено следующее:

- Формат 720p/50 показал лучшее качество изображения, чем формат 1080i/25 по всем последовательностям и скоростям передачи битов;
- С уменьшением скорости передачи в сжатом сегменте разница между форматами 720p/50 и 1080i/25 стала более заметна;
- Формат 1080p/50 был признан равным или лучше 720p/50 при более высоких скоростях – степень зависела от тестовой последовательности. Однако 720p/50 был признан лучше 1080p/50 на более низких скоростях.

## Выводы и будущая работа

### Производство

Наша работа предполагает, что формат 1080p/50 весьма ценен для сбора контента независимо от формата вещания. Формат 720p/50, полученный из формата 1080p/50 (или большего пространственного источника), был очень высокого качества. Многие нынешние профессиональные камеры HDTV имеют датчики, которые формируют изображение с прогрессивной разверткой 1920 x 1080 пикселей (или даже с большим пространственным разрешением), но из-за студийного интерфейса<sup>4, 5</sup> обеспечивают на выходах HD-SDI только субдискретизированный сигнал 720p/50 или 1080i/25.

Мы можем четко рекомендовать использовать сегодня 720p/50 как формат для телепроизводства. Тот факт, что формат 1080p/50 (или с большим разрешением) используется во многих современных камерах, поднимает вопрос о том, подойдет ли он в будущем для производства HDTV.

Мы считаем, что 1080p/50 станет идеальным высококачественным форматом для будущего производства, как только будут решены три принципиальных вопроса:

- студийная инфраструктура 1080p/50;
- высокоэффективные студийные системы компрессии, способные обрабатывать 1080p/50, сохраняя высокое качество (т.е. критерий прозрачности в 7-й генерации) и не перегружать сеть и системы хранения;
- доступность по разумной цене и с промышленной поддержкой.

### Вещание

Демонстрация предполагает, что прогрессивный формат для вещания обеспечивает наилучший компромисс качества изображения / скорости передачи с компрессией MPEG-4 AVC. Члены EBU уже получили рекомендацию в EBU R-112, что лучшим вариантом сейчас является формат эмиссии 720p/50. Демонстрация подчеркнула это утверждение. После применения к формату изображения чересстрочной развертки пропадает вертикально-временная информация, которую уже не восстановить. Чересстрочный «отпечаток» вызывает ненужные нагрузки в цепи цифрового вещания, особенно из-за того, что современные адаптированные к контенту системы компрессии, например, MPEG-4 AVC, лучше работают с прогрессивными источниками сигнала, чем с чересстрочными. Кроме того, в плоских матричных дисплеях не нужны

<sup>4</sup> Текущий HD-SDI ограничен до 1.485 Gbit/s. Новые микросхемы HD-SDI поддерживают до 3 Gbit/s и, следовательно, 1080p/50.

<sup>5</sup> Некоторые камеры обеспечивают двухканальный выход HD-SDI для 1080p/50, но этот выход не подходит для общестудийного пользования.

чипы устранения чересстрочности<sup>6</sup>, что исключает дальнейшее ухудшение качества изображения и задержку видео-аудио.

1080i/25 уже страдает от первой пространственно-временной «компрессии» в области полосы частот видеосигнала при применении чересстрочной развертки, и это влияет на всю цифровую цепь (особенно на кодеры). Хотя возможны разные методы чересстрочности, удаляется примерно половина вертикально-временной информации по сравнению с 1080p/50. Следовательно, кодер имеет меньше информации для принятия разумных решений по компрессии и ему приходится делать больше аппроксимаций, которые проявляются как артефакты. 1080p/50 дает больше информации в пространственно-временном сегменте, и кодеры могут более эффективно выполнить компрессию. Однако на низкой скорости передачи (т.е. <10...13 Mbit/s) кодер 1080p/50 больше перегружается информацией, в зависимости от контента, и эта перегруженность становится доминирующим фактором, влияющим на качество. Дефекты с сильной компрессией не так ужасны, как в 1080i/25, но более заметны, чем в 720p/50. 1080p/50 потенциально может стать будущим форматом HDTV для вещания, особенно, если появятся дисплеи с большим разрешением, но нужны дальнейшие исследования.

EBU в проектных группах HDTV работает над рядом вопросов, обозначенных в этой статье. Сюда входят субъективные оценки HDTV, оценка кодеков HDTV, технологии HDTV производства и план перехода к полностью прогрессивной цепи, включая 1080p/50, вопросы стандартизации и определения для новых плоских профессиональных мониторов.

Отзывы по этому отчету приветствуются по адресу [hdtv@ebu.ch](mailto:hdtv@ebu.ch).

## Приложение А: Форматы HDTV и чересстрочная развертка

В 1930-е гг. было признано, что частота кадров 24 Hz (кино) недостаточна для хорошего воссоздания движения или для немерцающего дисплея. Однако в то время было сложно работать с частотой кадров значительно выше 24 Hz в производстве, вещании и приемниках. Поэтому применялась хитрость (чересстрочность) для разбивки кадра на два поля с частотой полей вдвое больше частоты кадров.

Пригодность ЭЛТ к представлению чересстрочного телевидения и тот факт, что человеческий глаз и дисплей служат здесь интегратором между полями, последние 70 лет обеспечивали во всем мире удовлетворительное качество телевизионных изображений. Сегодня мы имеем новую среду отображения и видим четкую тенденцию к прогрессивным матричным не-ЭЛТ дисплеям, требующим устранения чересстрочности входящих видеосигналов.

Чтобы лучше понять вопросы чересстрочной и прогрессивной развертки, мы рассмотрим в следующих разделах идеализированный спектр трех форматов HDTV: 1080p/50, 1080i/25 и 720p/50. На следующих схемах мы ссылаемся на три оси: циклы вертикального разрешения (высота изображения), циклы горизонтального разрешения (ширина изображения) и временное разрешение (циклы в секунду). При дальнейшем рассмотрении мы предполагаем сильное влияние *вертикального* коэффициента Келла и чересстрочного коэффициента в применении к вертикальному разрешению, хотя можно предположить, что низкочастотная характеристика системы HDTV также вызовет уменьшение реализуемого горизонтального разрешения. Поэтому мы обозначаем коэффициент Келла как  $K_v$  ( $v$  – вертикальный), а чересстрочный коэффициент – буквой “ $I$ ”.

Коэффициент Келла  $K_v$  определяется как отношение числа воспринимаемых строк к общему числу действующих видео строк и обычно имеет значение 0.7 [1]. Этот коэффициент основан на измерениях ЭЛТ и в идеале будет измеряться в не-ЭЛТ среде. Чересстрочный коэффициент зависит от частоты полей и определяется в литературе [2] между 0.6 и 0.7. Здесь мы используем коэффициент  $I = 0.7$  для частоты полей 50 Hz.

Как видно на *Рис. А1*, формат 1920 x 1080p имеет большее горизонтальное и вертикальное разрешение, чем формат 1280 x 720p. Когда применяется коэффициент Келла  $K_v = 0.7$ , у обоих форматов снижается вертикальное разрешение.

<sup>6</sup> Поддержка старого формата все равно потребует конвертеров прогрессивной развертки, но вещатели, использующие прогрессивную развертку, обеспечат зрителю лучшие по восприятию изображения.

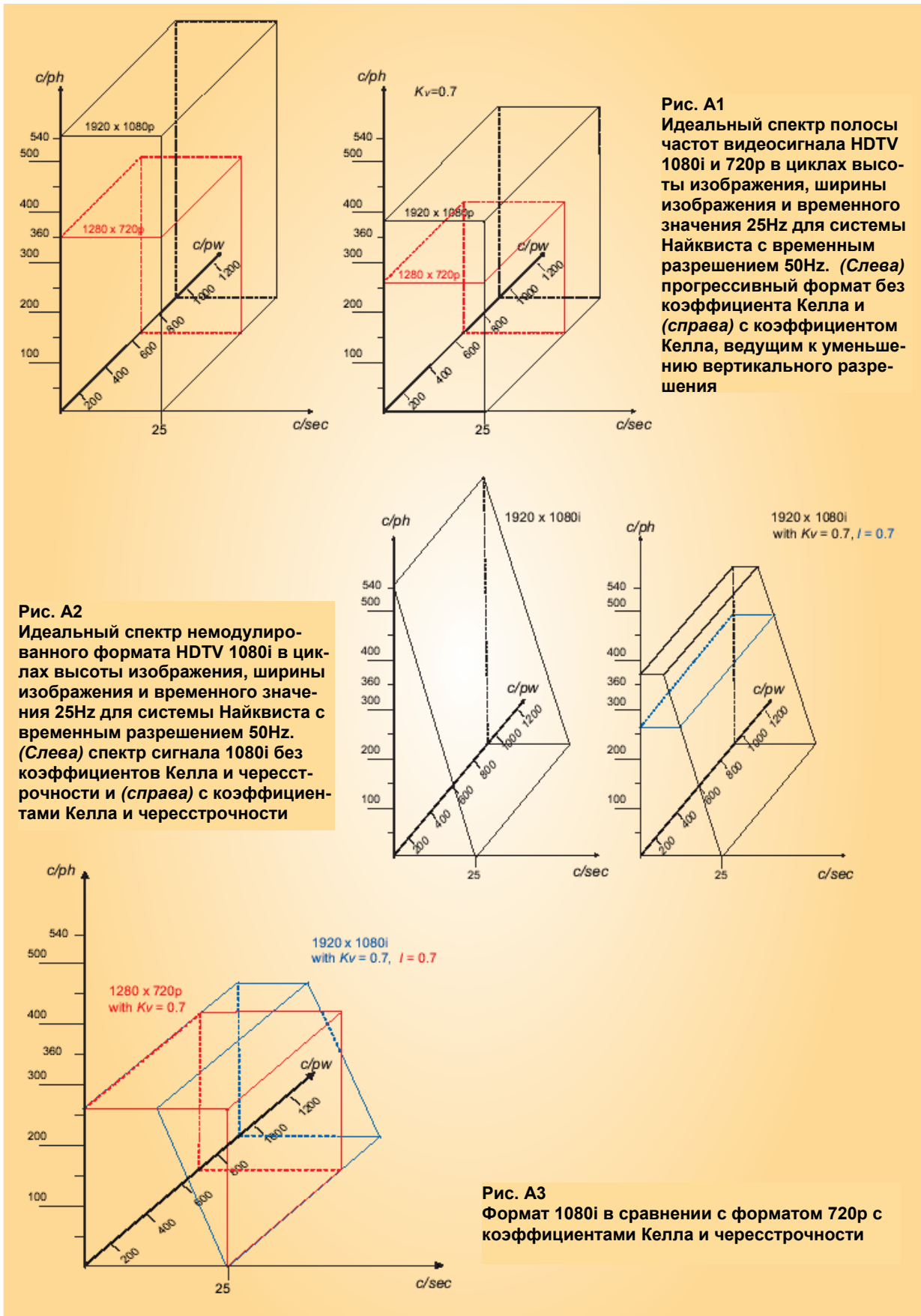
На *Рис. А2* мы показываем формат 1920 x 1080i и влияние чересстрочности, ведущее к постепенному уменьшению вертикального разрешения по мере изменения, вызванного разделением одного кадра на два поля (чересстрочных). На *Рис. А2 (справа)* показан формат 1080i/25 с коэффициентом Келла  $K_v = 0.7$  и чересстрочным коэффициентом  $I = 0.7$ , вызванный неполным подавлением полей (межстрочное дрожание). Оба фактора уменьшают вертикальное разрешение формата.

На *Рис. А3* мы показываем идеализированный спектр формата 1920 x 1080i с коэффициентами Келла и чересстрочности в сравнении с сигналом 1280 x 720p с коэффициентом Келла.

Влияние горизонтальной субдискретизации, используемой в популярных производственных системах записи (т.е. HDCAM, DVCPROHD), ведет к значительному сокращению объема спектра. В случае соединения различных систем в цифровой цепи конечный спектр будет ограничен суммой всех спектров.

Исходя из изложенного в этом *Приложении* можно сделать следующие выводы:

- Спектральное распределение сигнала 720p/50 и 1080i/25 в сущности аналогично пространственно-временной величине;
- Сигнал 720p/50 должен давать лучшее воссоздание движения, а система 1080i/25 – больше деталей за счет большего горизонтального разрешения;
- Коэффициенты Келла и чересстрочности «уменьшают» имеющееся разрешение, а чересстрочный коэффициент уменьшает вертикальное разрешение сигнала 1080i/25. Учитывая все факторы, сигнал 720p/50 имеет больше плюсов, чем 1080i/25;
- Следует избегать соединения разных форматов HDTV и работы с горизонтальной субдискретизацией.





## Ссылки

- [1] E.B. Bellers and G. De Haan: **Accuracy of motion vectors**  
Опубликовано в *De-interlacing : a key technology for scan rate conversion, 1st ed., vol. 9, Amsterdam Elsevier, 2000*, pp. 153-159.
- [2] T. Mitsuhashi: **Scanning Specifications and Picture Quality**  
Nippon Hoso Kyokai (NHK), Tech. Rep. 32, June 1982.

## Литература

- a H. Hoffmann, D. Itagaki T., D. Wood and A. Bock: **Studies on the bit rate requirements for a HDTV format with 1920x1080 pixel resolution, progressive scanning at 50 Hz frame rate targeting large flat panel displays**  
Upcoming IEEE Transactions on Broadcasting, December 2006
- b H. Hoffmann, D. Itagaki T. and D. Wood: **Considerations on next generation of high-definition in television programme production, emission and display**  
In CVMP 2005 – the 2nd IEE European Conference on Visual Media Production, 2005.
- c EBU tech doc. R-112: **EBU statement on HDTV standards**  
European Broadcasting Union, Geneva, 2004  
[http://www.ebu.ch/CMSimages/en/tec\\_text\\_r112-2004\\_tcm6-16462.pdf](http://www.ebu.ch/CMSimages/en/tec_text_r112-2004_tcm6-16462.pdf)
- d D. Wood: **High Definition for Europe – A progressive approach**  
EBU Technical Review No. 300, October 2004.  
[http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev\\_300-wood.pdf](http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev_300-wood.pdf)



**Hans Hoffmann** родился в Мюнхене, Германия в 1964 г. и получил диплом инженера в Мюнхенском университете прикладных наук. В 1993 г. поступил в Insitut für Rundfunktechnik (IRT), потом перешел в сектор телепроизводства, где участвовал в деятельности EBU и SMPTE. Возглавлял проектные группы EBU P/BRRTV и P/PITV, занимавшиеся студийными интерфейсами и форматами файлов. Также возглавлял подгруппу совместной рабочей группы EBU-SMPTE, а затем технологический комитет SMPTE по сетям и управлению файлами. До конца 2005 г. был техническим директором телевидения SMPTE.

В 2000 г. Mr Hoffmann поступил в Технический департамент EBU в Женеве в качестве ведущего инженера. Здесь он участвовал в проектах EBU по IT-производству, форматам файлов, метаданным и т.д. За последние три года он активно участвовал в деятельности EBU по HDTV и создал испытательную лабораторию HDTV в штаб-квартире EBU в Женеве. Опубликовал ряд технических документов, является членом SMPTE, SID, IEEE и FKT.