

Дополнение к статье 4.4 Блока 4. Печать на А4.

Типы кадров и типичный бит-бюджет

	I-кадр	Полная картинка. Без ссылок. База = 100% от I-кадра.
	P-кадр	Предсказание из прошлых ссылок. ~30-60% от I-кадра.
	B-кадр	Предсказание из прошлого И будущего. ~15-30% от I-кадра.
	IDR	I-кадр, очищающий буфер ссылок. Точка random-access.

Open vs Closed GOP

Closed GOP	Ссылки не пересекают границу. ОБЯЗАТЕЛЕН для HLS, DASH, CMAF, ABR.
Open GOP	Первые B-кадры смотрят через границу. Экономит 1-3% битрейта. Только для архива.

Рецепты длины GOP (production-пресеты)

Workflow	Длина GOP	Closed?	B-кадры	Заметки
HLS / DASH VOD 24 fps	48 кадров / 2 с	Да	B-pyramid	Apple-рекоменд.
HLS / DASH VOD 30 fps	60 кадров / 2 с	Да	B-pyramid	Частая лестница
HLS / DASH VOD 60 fps	120 кадров / 2 с	Да	B-pyramid	Спорт, гейминг
LL-HLS / LL-DASH live	24-60 кадр / 1 с	Да	Off / 2-уровня	GOP = part size
WebRTC-конференция	30-1800 / 1-60 с	n/a	Off	PLI/FIR-driven
Видеонаблюдение / NVR	60-600 / 2-20 с	Да	Off	Event-driven IDR
Broadcast-ингест	12-30 / 0.5-1 с	Да	Опционально	SCTE-35 splice
Архивный мастер	1 кадр	n/a	n/a	All-intra (ProRes)

Флаги кодеров: фиксированный closed GOP по всей лестнице

FFmpeg + libx264:

```
ffmpeg -i in.mov -c:v libx264 -g 48 -keyint_min 48 -sc_threshold 0 -bf 2 -b_strategy 1 out.mp4
```

FFmpeg + libx265:

```
ffmpeg -i in.mov -c:v libx265 -x265-params "keyint=48:min-keyint=48:no-open-gop=1:scenecut=0" out.mp4
```

FFmpeg + libaom-av1 (VOD):

```
ffmpeg -i in.mov -c:v libaom-av1 -g 48 -keyint_min 48 -aq-mode 1 -row-mt 1 out.mkv
```

Чек-лист аудита closed-GOP по ABR-лестнице

- ☐ У каждого рендишена одинаковая фиксированная длина GOP в кадрах.
- ☐ Длина GOP ровно делит длину сегмента и frame rate.
- ☐ Исходник CFR (constant frame rate) — VFR-источники сначала пере-обернуть.
- ☐ Scene-cut вставка keyframe отключена (sc_threshold=0).
- ☐ Open GOP выключен (no-open-gop=1 в x265, по умолчанию в libx264).
- ☐ Каждая граница сегмента — IDR, а не обычный I-кадр.
- ☐ Число audio sample-ов на сегмент совпадает с видео-сегментом.
- ☐ ABR-тест: 360p ↔ 1080p каждые 2 с без видимого глитча.