

Математика битрейта — одностраничная памятка

Спутник статьи «Зачем сжимать видео: математика битрейта».

1. Формула несжатого битрейта

битрейт (бит/с) = ширина × высота × бит-на-пиксель × кадров-в-секунду

Пример: 1080p30, 8-бит RGB

$1920 \times 1080 \times 24 \times 30 = 1\,492\,992\,000 \text{ бит/с} \approx 1.49 \text{ Гбит/с}$

2. Несжатый битрейт по форматам

Формат	Бит/пиксель	Битрейт	Что нужно для канала
1080p30 8-бит RGB	24	1.49 Гбит/с	≥ 10 GbE / Thunderbolt
1080p60 10-бит 4:2:0	15	3.73 Гбит/с	≥ 10 GbE / SDI
4K60 10-бит 4:2:0	15	7.46 Гбит/с	12G-SDI / HDMI 2.1
4K60 12-бит 4:4:4	36	11.94 Гбит/с	HDMI 2.1 / TB4
8K120 12-бит RGB	36	143 Гбит/с	Только в студии

3. Четырёхрычажная ментальная модель сжатого битрейта

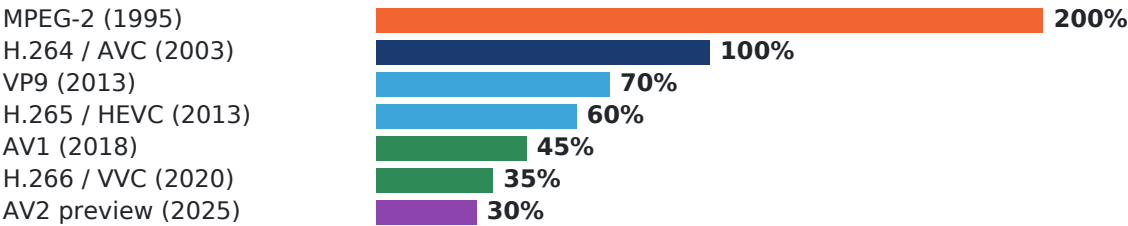
битрейт ≈ (целое качество × сложность сцены × разрешение × частота кадров) ÷ эффективность кодека

- **Целое качество:** VMAF 95 стриминг, 75 видеозвонок
- **Сложность сцены:** Говорящая голова vs стадион: 5-10×
- **Разрешение:** Удвоение стороны ⇒ 4× битрейт
- **Частота кадров:** Линейно: 60 fps = удвоенное 30 fps
- **Эффективность кодека:** H.264 → H.265: ~50% off; → AV1: ещё ~50% off

4. Что отгружают реальные сервисы (2026)

Сервис	Кодек	Битрейт	Коэф. сжатия
Netflix 1080p	H.264	4-6 Мбит/с	~300×
Netflix 4K HDR	H.265 / DO	8-16 Мбит/с avg	~1 000×
YouTube 1080p60 upload	H.264	12 Мбит/с	~250×
YouTube 4K60 upload	H.264	53-68 Мбит/с	~200×
Zoom 1080p звонок	H.264 / VP8	1.2-3 Мбит/с	~600×
4K Blu-ray диск	H.265	до 128 Мбит/с	~100×

5. Лестница эффективности кодеков (H.264 = 100%, ниже — лучше)



6. Восемь правил большого пальца для прода

1. Мбит/с ÷ 8 = МБ/с. Биты и байты отличаются в 8 раз; вендоры путают.
2. Удвоили разрешение ⇒ ~4× битрейт при том же кодеке и качестве.
3. Удвоили частоту кадров ⇒ ~2× битрейт. Частота линейна.
4. Каждое поколение кодеков выкупает ~30-50% битрейта при том же качестве.
5. AV1 vs H.264 — обычно ~50% экономии при совпадающем VMAF.
6. Планируйте по пику, не по среднему; VBR-пик в 1.5-2× выше среднего.
7. Экшен требует в 3-5× больше битрейта, чем говорящая голова, при том же VMAF.
8. Per-shot encoding (Netflix DO) режет ~50% битрейта при том же VMAF.