

Companion к статье 4.3 Блока 4. Печать на A4 или US Letter.

Типы кадров и типичный бит-бюджет

	I-кадр	Intra. Без опор. База = 100% I-кадра.
	P-кадр	Опоры в прошлом. ~50% от I-кадра.
	B-кадр	Опоры в прошлом И будущем. ~25% от I-кадра.

Правило большого пальца:

Отключение B-кадров (low-latency live) обычно стоит +30–50% битрейта при равном визуальном качестве.

Где энкодер тратит время

Motion estimation = 60–80% времени энкодера. Каждый пресет — это ручка motion estimation.

Пресеты motion estimation x264 / x265

me=	Название	Скорость	Качество	Сценарий
dia	Ромб	Быстрее всех	Минимум	Live, ultrafast/superfast
hex	Шестиугольник	Быстро	Хорошо	Дефолт; live и быстрый VOD
umh	Uneven Multi-Hex	Средне	+0.1 dB PSNR	VOD slow/slower/veryslow
esa	Полный перебор	Медленно	Минимальный плейс	Архив; редко окупается
tesa	Transformed exh.	Медленнее всех	Placebo	Только для бахвальства

Параметры, двигающие битрейт и время

Search range (merange)	Шире = ниже битрейт, квадратично медленнее. 16–24 live; 32–64 VOD.
Sub-pixel depth	1/2 pix даёт ~1 dB; 1/4 pix ещё +0.5–0.8 dB. Дёшево.
Reference frames	Больше опор = ниже битрейт, отдача падает после 4–8.
Число B-кадров	0 для live; 2–3 для VOD; 16 для архива. Стоит декодер-буфер.
Affine / warped motion	+5–15% времени; большой выигрыш на pan, zoom, rotation.
RDO (rate-distortion)	Медленнее пресет = больше RDO = качество выше при том же битрейте.

Live vs VOD — типичный тюнинг

Параметр	Live / low-latency	VOD / качество
B-кадры	0	2 или 3
ME pattern	hex (или dia)	umh
Search range	16–24	32–64
Reference frames	1–3	4–8
Sub-pixel	1/4	1/4 или 1/8
Preset	veryfast / faster	slow / slower / veryslow

Современные инструменты motion (по кодекам)

H.264 (2003): variable blocks, multi-reference (до 16), 1/4-pixel motion vectors
 HEVC (2013): quad-tree блоки, advanced motion-vector prediction, weighted prediction
 AV1 (2018): 7 опор, global/warped motion, OBMC, compound prediction modes
 VVC (2020): affine motion model, BDOF, DMVR, decoder-side refinement
 AV2 (2025): расширенный reference buffer, learned modes, тоньше affine, лучше compound