

К статье 4.1 Блока 4. Печать на A4 или US Letter.

Девять стадий по порядку

1. Разбиение	Резать кадр на блоки. Крупнее на плоских областях, мельче на деталях.
2. Предсказание	Intra (тот же кадр) или Inter (прошлый кадр + motion vector).
3. Остаток	Оригинал минус предсказание. Большинство бит в потоке — это он.
4. Преобразование	DCT / ADST. Поворачивает остаток в частотные коэффициенты. Lossless.
5. Квантование	Делим каждый коэффициент на Qstep. *** Единственная стадия с потерями. ***
6. Энтропия	CABAC / multi-symbol arithmetic. Финальный lossless-пак.
7. Обр. квант + преобр.	Кодер запускает декодер внутри себя, чтобы стороны не разъехались.
8. In-loop фильтр	Deblocking + SAO/CDEF/ALF. Сглаживает швы на опорном кадре.
9. Reference buffer	Decoded Picture Buffer — питает будущие inter-предсказания.

Что менялось от поколения к поколению

Стадия	MPEG-2 (1994)	H.264 (2003)	HEVC (2013)	AV1 (2018)
Блок	16×16 фикс.	16×16 + 8×8 + 4×4	CTU 64×64 quad-tree	Superblock 128×128
Intra режимы	Только DC	9 режимов	35 angular	95 (CfL и т.п.)
Точность MV	Half-pel	Quarter-pel	Quarter-pel	Eighth-pel
Опорные кадры	1-2	До 16	До 16	До 8 + compound
Преобразование	8×8 DCT	4×4 / 8×8 int. DCT	4×4-32×32 DCT+DST	4×4-64×64 + ADST
Энтропия	VLC	CAVLC или CABAC	CABAC	Multi-symbol arith.
In-loop фильтры	Нет	Deblocking	Deblock + SAO	Deblock + CDEF + LR
1080p30 типично	8-15 Mbps	3-5 Mbps	1,5-3 Mbps	0,8-1,6 Mbps

Частые ошибки при разговоре о кодеках

Стандарт ≠ кодер	H.264 описывает bitstream, а не поведение кодера. Два H.264-кодера дают разные файлы.
Только квант — лосси	Всё остальное — предсказание, преобразование, энтропия — обратимо. Тюньте Qstep.
Кодер содержит декодер	Reconstruction loop держит кодер и декодер пиксель-в-пиксель через тысячи кадров.
In-loop фильтры — на опорном	Он улучшает reference, а не отображаемый кадр. Выигрыш копится в GOP.
RDO съедает CPU кодера	$J = D + \lambda \cdot R$. Пространство поиска растёт с каждым поколением — туда уходят минуты.
Декодер всегда дешевле	Стандарты жмут декодер вниз, чтобы 4K играло в 1x на телефоне.