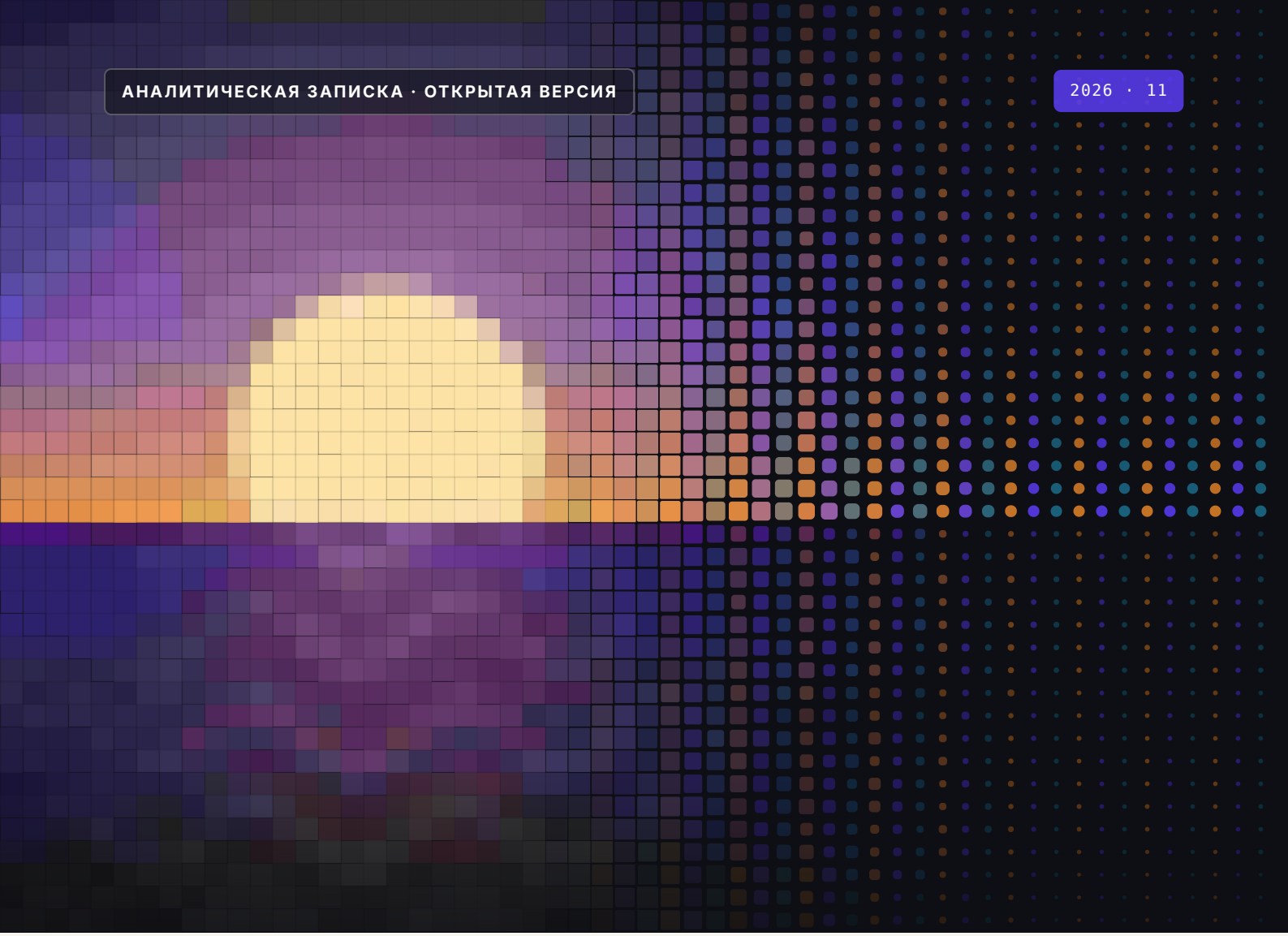


АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЗАПИСКА · ОТКРЫТАЯ ВЕРСИЯ

2026 · 11

ОБУЧАЕМОЕ СЖАТИЕ · ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ × МИКРОСХЕМЫ

Нейросетевое кодирование в 2026 году

В продуктах оно работает вокруг кодека, а не вместо него

Воспроизведение · Фотография · Звонки · Генеративный ИИ · Игры · Микросхемы

ВЕРДИКТ

Нейросети уже работают на обоих концах кодеков, по которым передаётся видео всего мира. Сквозные нейросетевые кодеки применяются только в замкнутых системах, а массовые экраны ждут H.267.

Тан Шуай

Технологический эксперт и основатель компаний · исследователь и разработчик в области ИИ

tanshuai.com · i@tanshuai.com

Данные на 12 ноября 2026 года

Суммы в долларах США

СОДЕРЖАНИЕ

Содержание



◆ **Резюме** — Уже мейнстрим, но вокруг кодека — 04

01 **Предмет и метод** — Что здесь понимается под «нейросетевым кодированием» и как я его изучал — 08

02 **Воспроизведение и стриминг** — Воспроизведение и стриминг: нейросети на обоих концах, стандарт посередине — 10

03 **Фотография и изображения** — Фотография и изображения: нейросети внутри камеры, классика в вебе — 13

04 **Звонки и конференции** — Звонки и конференции: где сквозные нейросетевые кодеки действительно применяются — 15

05 **Генеративный ИИ** — Генеративный ИИ: крупнейшее внедрение, которое никто не называет кодеком — 17

06 **Игры и графика** — Игры и графика: нейросетевая реконструкция — мейнстрим, нейросетевые ассеты только начинаются — 18

07 **Специализированные каналы** — Специализированные каналы: спутники, дроны и роботы — 20

08 **Микросхемы** — Взгляд разработчика микросхем: энергия, вычисления, память и точность — 21

09 **Стандарты и патенты** — Стандарты и патенты: где нейросетевые инструменты становятся предметом лицензирования — 26

10 **Кто зарабатывает** — Кто зарабатывает и где есть место для компании — 27

11 **Заявления и факты** — Заявления, которые вы услышите, и что говорят факты — 29

12 **Ориентиры** — За чем следить в 2027–2030 годах — 30

13 **Открытые вопросы** — 31

◆ **Об авторе** — Тан Шуай — 32

◆ **Источники** — 33

РИСУНКИ

Рисунки

РИС. 01	Где нейросетевое кодирование применяется в 2026 году	07
РИС. 02	Три способа, которыми нейросеть попадает в кодек	09
РИС. 03	Путь от готового стандарта до массовых экранов занимает большую часть десятилетия	12
РИС. 04	В звонках нейросетевой кодек обходит аппаратный HEVC на 65–76 %	16
РИС. 05	Когда стек контролирует одна компания, нейросетевая реконструкция распространяется быстро	19
РИС. 06	Энергия на декодированный пиксель: декодеры на жёсткой логике впереди на порядок	22
РИС. 07	Нейросетевой инструмент стоит десятки тысяч MAC на пиксель, целый нейросетевой декодер — сотни тысяч	23
РИС. 08	Разделение, которое пошло в серию: жёсткая логика для битового потока, нейросетевой блок для пикселей	24
РИС. 09	Кто зарабатывает на нейросетевом кодировании в 2026 году	27

Метки в тексте

- **оценка** — расчёт или вывод автора на основе приведённых данных
- **данные компании** — опубликовано компанией, которая продаёт продукт; независимо не проверено
- **анализ** — интерпретация фактов автором

Это перевод английской версии; при расхождениях преимущественную силу имеет английский текст.

Данные на 12 ноября 2026 года · Суммы в долларах США

РЕЗЮМЕ

Уже мейнстрим, но вокруг кодека

ВЕРДИКТ

Нейросетевое кодирование в 2026 году уже стало мейнстримом, но оно работает вокруг стандартных кодеков, а не вместо них.

≈75 %
мобильного трафика приходится на видео, конец 2025 года (Ericsson)

1,26 млрд
смартфонов отгружено в 2025 году, и каждый декодирует видео на жёсткой логике

≈12×
энергии на пиксель у единственного опубликованного проекта чипа нейросетевого декодера относительно измеренного чипа декодера HEVC с DRAM

≈22 TOPS
устойчивой производительности нужно нейросетевому декодеру класса DCVC-RT при 1080p30 оценка

75,5 %
экономии битрейта у MLVC относительно аппаратного HEVC при 360p в звонках, на собственном тестовом наборе Microsoft
данные компании

Конец 2029
версия 1 H.267 — первого стандарта, который, вероятно, донесёт нейросетевые инструменты до каждого экрана

Где применяется

Нейросети теперь работают на обоих концах кодеков, через которые передаётся почти всё видео в мире. На входе они формируют картинку: ИИ-процессоры обработки сигнала изображения (ISP) в камерах телефонов и нейросетевой даунскейлер в конвейере кодирования Netflix. На выходе они её исправляют: YouTube Super Resolution на телевизорах, суперразрешение в Meta и ТВ-процессоры, которые рекламируют сотни нейросетей. Между ними битовый поток — по-прежнему AV1, HEVC, AVC или VVC, и декодируют его аппаратные блоки на жёсткой логике. Ни один стриминговый сервис не передаёт на телевизоры и телефоны нейросетевой видеоформат; там, где нейросетевой видеодекодер сегодня работает на устройстве, он работает внутри собственного приложения одной компании.

Замкнутые системы

Сквозные нейросетевые кодеки, в которых обучаемыми являются и кодер, и декодер, применяются только в замкнутых системах, где одна компания контролирует оба конца и может переключиться на стандартный кодек. Microsoft с 2021 года использует ИИ-аудиокодек во всех звонках Teams и Skype с двумя участниками, а в июле 2026 года открыла исходный код MLVC — нейросетевого видеокодека, который сейчас внедряется в одноранговых звонках Teams: при 360p ему нужно примерно на 75 % меньше битрейта, чем аппаратному HEVC, при одинаковой оценке качества. Каждая модель генерации речи и видео работает на обучаемом кодеке — от речевых токенизаторов с частотой 12,5 Гц до видео-VAE со степенью сжатия 1:192. Нейросетевое сжатие текстур вышло

в одной AAA-игре. Это реальные внедрения, и у них одно общее условие: никому другому не нужно декодировать поток.

Сроки

Массовое воспроизведение нейросетевых битовых потоков ждёт стандарта и цикла разработки микросхем. Для первого стандарта, который, вероятно, принесёт нейросетевые инструменты, — преемника VVC, которого я буду называть H.267, — запрос предложений объявлен в июле 2026 года, ответы оценят в январе 2027 года, а первая версия намечена на конец 2029 года. AV1 понадобилось почти восемь лет от готовой спецификации до 30 % просмотров Netflix. Если всё пойдёт по той же схеме, первые чипы H.267 появятся около 2031 года, а массовое применение придёт в середине 2030-х оценка. Тем временем следующим до экранов дойдёт AV2: он завершён в мае 2026 года, нейросетевого декодера в нём нет, а три поставщика IP-блоков объявили о заказчиках декодеров AV2 в течение трёх недель.

Микросхемы

Причина — в кремнии. Единственному опубликованному проекту чипа нейросетевого видеодекодера нужно 14,6 нДж на пиксель — примерно в 12 раз больше, чем измеренному чипу декодера HEVC с учётом его DRAM, и примерно в 47 раз больше, чем одному его ядру. Исследовательскому кодеку реального времени DCVC-RT от Microsoft, по моему подсчёту на основе его собственной таблицы модулей, нужно около 175 тыс. операций умножения с накоплением (MAC) на декодированный пиксель, или примерно 22 TOPS устойчивой производительности для 1080p30 оценка: около половины из 40 TOPS, которыми определяется ИИ-ПК, и всё это на один видеопоток. Кроме того, нейросетевой декодер должен давать побитово идентичные результаты на каждом устройстве, иначе его энтропийное декодирование развалится. Поэтому MLVC жертвует сжатием ради одинакового декодирования на разных NPU и работает при 540p, а не в 4K.

Бизнес

Для бизнеса деньги идут вслед за стандартами и платформами, а не за самостоятельными нейросетевыми кодеками. Платформы оставляют себе экономию от нейросетевой пред- и постобработки. Поставщики IP-блоков лицензируют декодеры на жёсткой логике для каждого нового стандарта, а также NPU для обработки изображений. Патентные пулы собирают плату с каждого устройства: для VVC — $0,50 за телефон и $1,00–1,50 за 4K-телевизор в США и на других рынках Региона 1. Три самых известных стартапа нейросетевых кодеков — WaveOne, iSIZE и Deep Render — купили Apple, Sony и InterDigital. Открытые возможности — в нейросетевой пред- и постобработке, в продуктах для замкнутых систем, в микросхемах, сочетающих кодек на жёсткой логике с NPU, а также в работе по оценке и стандартизации между ними.

Вопрос	Вывод	Ключевые числа (источники — в главах)
① **Где нейросетевое кодирование массово применяется сегодня?**	Вокруг кодека: ISP камер, даунскейлинг на стороне кодера, суперразрешение при воспроизведении. Сквозные кодеки — только в замкнутых системах: звонки, игровые ассеты, токенизаторы генеративного ИИ	Видео — ≈75 % мобильного трафика; в 2025 году отгружено 1,26 млрд телефонов и ≈200 млн телевизоров, и все декодируют на жёсткой логике; DLSS 4 — в 250+ играх и приложениях
② **Заменят ли нейросетевые кодеки AV1, HEVC и VVC в воспроизведении? Когда?**	Не раньше, чем появятся стандарт и новый цикл устройств. H.267 — первый реалистичный носитель, и он, скорее всего, будет сочетать классические и нейросетевые инструменты	Запрос предложений по H.267 — июль 2026 года, оценка — январь 2027 года, версия 1 — конец 2029 года; массовое применение — середина 2030-х оценка

Вопрос	Вывод	Ключевые числа (источники — в главах)
③ **Во что это обходится в кремнии?**	Сегодня — на порядок больше энергии на пиксель, чем при декодировании на жёсткой логике, плюс трафик памяти и требование побитовой точности	14,6 нДж/пиксель (нейросетевой) против 1,19 (HEVC с DRAM); ≈175 тыс. MAC на декодированный пиксель ≈ 22 TOPS при 1080p30 оценка
④ **Что позволяют стандарты и патенты?**	Нейросетевые постфильтры уже можно передавать в потоках VVC; JPEG AI — стандарт ISO; H.267 решит, какие нейросетевые инструменты станут предметом лицензирования	ECM (классический) — ≈28 % относительно VVC; нейросетевые внутрицикловые фильтры — 6–14 % при 10–22+ тыс. MAC/пиксель; у ByteDance 645 патентных семейств в работе над стандартом после VVC
⑤ **Кто зарабатывает и где есть место для компании?**	Платформы, поставщики IP-блоков, патентообладатели. Чистые стартапы нейросетевых кодеков были куплены. Место для компании — пред- и постобработка, замкнутые системы, микросхемы «кодек плюс NPU», оценка	Пул VVC — $0,50 за телефон; IP декодеров AV2 лицензированы в течение нескольких недель после выхода спецификации; три поглощения, условия не раскрыты
⑥ **Каким заявлениям стоит делать скидку?**	Выигрышам, указанным относительно старых кодеков, при низком разрешении, без стоимости декодирования или по демо, а не по вышедшим продуктам	MLVC: на 88 % меньше, чем H.264, но на 65–76 % меньше, чем аппаратный HEVC; текстуры: экономия 85 % VRAM в демо, около 30 % в вышедшей игре

РИС. 01

Где нейросетевое кодирование применяется в 2026 году

Нейросети уже работают на обоих концах массовых кодеков. Сквозные нейросетевые кодеки применяются только там, где одна компания контролирует и кодер, и декодер.

	Вокруг стандартного кодека предобработка, улучшение, апскейлинг	Сквозной нейросетевой кодек обучаемые кодер и декодер	Внутри стандарта нейросетевые инструменты в стандартном битовом потоке или API
01 **Воспроизведение и стриминг**	МАССОВО Даунскейлер Netflix; суперразрешение YouTube и Meta; ИИ-апскейлеры в телевизорах	НЕ ВНЕДРЕНО Ни один стриминговый сервис не передаёт нейросетевой видеоформат; телевизоры и телефоны декодируют стандартные кодеки аппаратно	СТАНДАРТИЗАЦИЯ Версия 1 H.267 ожидается в конце 2029 года; нейросетевые инструменты — среди кандидатов
02 **Фотография и изображения**	МАССОВО ИИ-ISP во флагманских смартфонах; полностью нейросетевой ISP показан как IP-блок на CES 2026	ДЕМО, ПИЛОТЫ JPEG AI — стандарт ISO: демо на телефонах, продуктов нет	НЕ ВНЕДРЕНО Распространяется классический формат: JPEG XL включён по умолчанию в Chrome 155
03 **Звонки и конференции**	МАССОВО Суперразрешение на стороне получателя и нейросетевое шумоподавление	МАССОВО Нейросетевой звук в звонках Teams с двумя участниками с 2021 года; видео MLVC внедряется в Teams	ОГРАНИЧЕННО Opus 1.5 добавляет необязательные обратно совместимые ML-инструменты
04 **Генеративный ИИ**	—	МАССОВО Каждая видео- и голосовая модель работает на обучаемом токенизаторе, например на видео-VAE со сжатием 1:192	—
05 **Игры и графика**	МАССОВО Нейросетевой апскейлинг и генерация кадров: один только DLSS 4 — в 250+ играх и приложениях	ОГРАНИЧЕННО Нейросетевые текстуры вышли в одной AAA-игре; SDK от NVIDIA в бета-версии	СТАНДАРТИЗАЦИЯ DirectX добавляет матричные операции для шейдеров (предварительная версия)
06 **Специализированные каналы: спутники, роботы**	ДЕМО, ПИЛОТЫ Серверное восстановление низкобитрейтных потоков	ДЕМО, ПИЛОТЫ Устойчивые к потерям нейросетевые кодеки в исследованиях и пилотах	—

Источник: Документы компаний, комитетов по стандартизации и разработчиков, на которые ссылается отчёт; положение на 12 ноября 2026 года. Строки упорядочены по числу людей, которых охватывает каждая область.

ПРЕДМЕТ И МЕТОД

01 Что здесь понимается под «нейросетевым кодированием» и как я его изучал

Три способа, которыми нейросеть попадает в кодек

«Нейросетевое кодирование» обозначает три разные вещи, и большинство споров о нём возникает из-за того, что их смешивают.

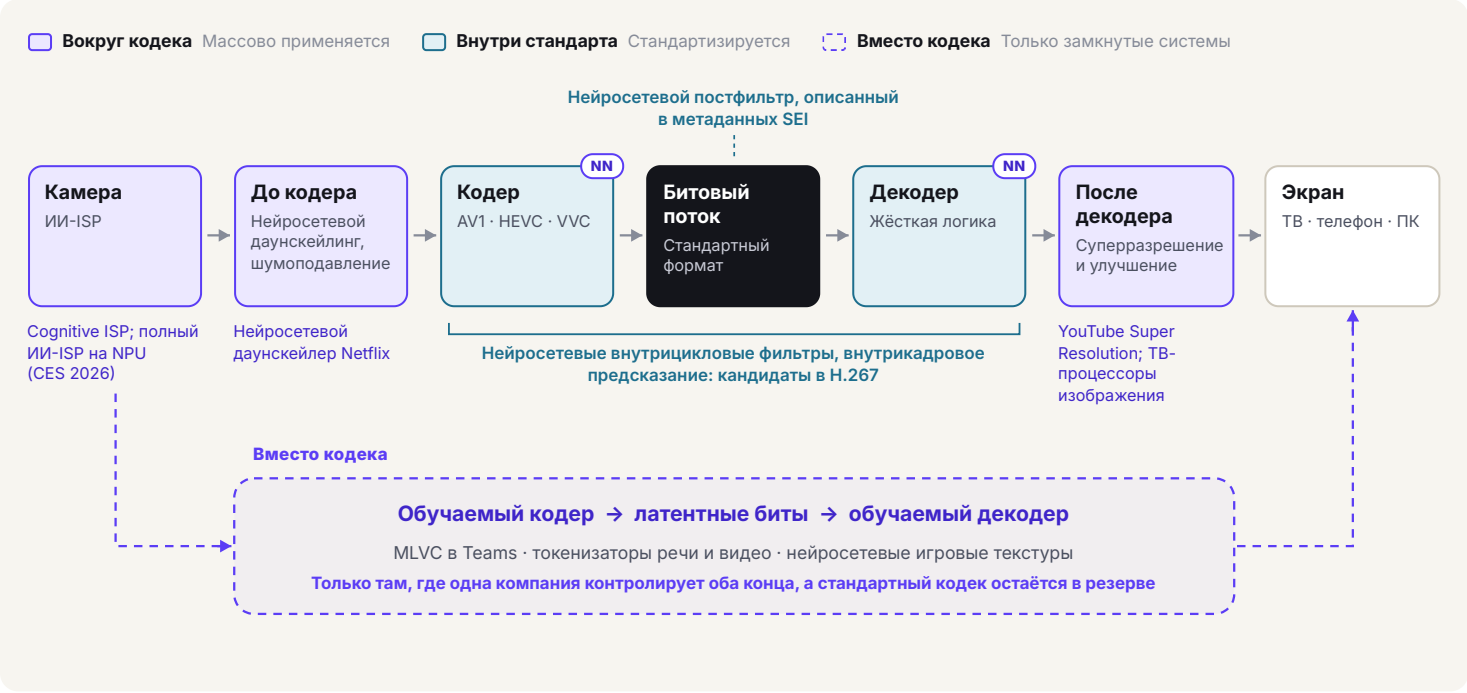
01 **Вокруг кодека.** Сеть обрабатывает пиксели до кодирования или после декодирования, а битовый поток остаётся стандартным. Примеры: ИИ-процессор обработки сигнала изображения (ISP) в камере, нейросетевой даунскейлер Netflix перед кодером, суперразрешение в телевизоре. Поток может воспроизвести любое устройство; сеть меняет лишь то, что подаётся на вход, или то, что получается на выходе.

02 **Внутри стандарта.** Сеть становится инструментом стандартного кодека — например, нейросетевым внутрицикловым фильтром или блоком внутрикадрового предсказания, который обязан выполнять каждый декодер, — поэтому её нужно специфицировать точно, обычно в целочисленной арифметике. Облегчённая форма — нейросетевой постфильтр, который битовый поток описывает в метаданных, а декодеры могут применять по своему выбору.

03 **Вместо кодека.** И кодер, и декодер обучены сквозным образом. Битовый поток — это набор квантованных латентных значений, которые может декодировать только парная сеть. Примеры: MLVC от Microsoft в Teams, речевые токенизаторы в голосовых моделях, нейросетевые текстуры в игре.

РИС. 02 **Три способа, которыми нейросеть попадает в кодек**

Большая часть того, что применяется в 2026 году, работает вокруг стандартного кодека. Нейросетевые инструменты внутри стандарта сейчас специфицируются. Сквозные нейросетевые кодеки заменяют кодек только там, где одна компания контролирует оба конца.



Источник: Обобщение автора по источникам этого отчёта; положение на 12 ноября 2026 года.

Первому виду не нужно ничьё разрешение. Второму нужен стандарт. Третьему — контроль над обоими концами. Именно в таком порядке они доходят до людей, и этим объясняется большая часть того, что следует дальше.

Порядок — по реальному миру, а не по исследовательской повестке

Научные статьи в основном изучают третий вид, потому что именно там ставятся рекорды сжатия. Этот отчёт упорядочивает области по числу людей, которых они охватывают, потому что именно это решает, куда идут деньги и инженерные силы: сначала воспроизведение и стриминг, затем фотография, звонки, генеративный ИИ, игры и последними — специализированные каналы (спутники, дроны, роботы). На видео приходится около 75 % всего мобильного трафика, по подсчётам Ericsson на конец 2025 года. В 2025 году отрасль отгрузила около 1,26 млрд смартфонов (IDC) и примерно 196–209 млн телевизоров (оценки TrendForce и Omdia). Каждый из них декодирует видео на жёсткой логике.

Как я работал

Это кабинетное исследование, проведённое так, как я проверял бы чип или продуктовый план. Я прочитал документы стандартов и отчёты о заседаниях (JVET, MPEG, JPEG, AOMedia, IETF), инженерные блоги и примечания к выпускам компаний, статьи о чипах, тарифы патентных пулов, тексты правил экспортного контроля и прессу. У каждого числа указана дата. Где я вывожу число сам — например, вычисления на пиксель из таблиц статьи, — я говорю об этом и помечаю его **оценка**. Утверждения, которые я не смог проверить по первоисточнику, помечены **данные компании**. Суммы — в долларах США. Положение дел — на 12 ноября 2026 года.

Где возможно, я сравниваю сопоставимое, а где нет — говорю об этом. Выигрыш в сжатии мало что значит без четырёх уточнений: опорного кодека (выигрыш относительно чего), метрики (PSNR, VMAF или

оценки группы зрителей), контента и разрешения, а также стоимости декодирования. Большая часть разногласий о нейросетевых кодеках исчезает, как только эти четыре вещи названы.

ГЛАВА 02

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ И СТРИМИНГ

02 Воспроизведение и стриминг: нейросети на обоих концах, стандарт посередине

Зрители по-прежнему получают стандартный битовый поток

Крупнейшие видеосервисы завершили один переход между кодеками и начинают следующий, и ни в одном из них нет нейросетевого декодера. В декабре 2025 года Netflix сообщила, что на AV1 приходится около 30 % её просмотров, — это её второй по использованию кодек после AVC. AV1 пришёл на телевизоры только вместе с аппаратными декодерами: Netflix добавила AV1 в сертификацию устройств в 2019 году, с конца 2021 года стала передавать его на телевизоры и сообщает, что 88 % устройств с большим экраном, поданных на сертификацию с 2021 по 2025 год, его поддерживали, почти все из них — начиная с 2023 года. YouTube сообщил, что по состоянию на 19 марта 2026 года более 90 % его каталога, взвешенного по времени просмотра, было доступно в AV1.

28 мая 2026 года AV2, преемник AV1 от Alliance for Open Media, достиг версии 1.0.0 и, по объективным измерениям AOMedia, сжимает примерно на 30 % лучше AV1. YouTube планирует потоки AV2 в вебе «уже в начале 2027 года». Микросхемы не заставили себя ждать: Chips&Media завершила аппаратный декодер AV2 в мае и в июне лицензировала его неназванной крупной технологической компании из Северной Америки; Allegro DVT к 16 июня поставила свой IP декодера AV2 трём заказчикам; VeriSilicon к 10 июня выпустила видео-IP с поддержкой AV2 для нескольких заказчиков. AV2 — классический кодек: его выигрыш дают лучшее разбиение, предсказание, преобразования и внутрицикловые фильтры (один из них — направляемый фильтр деталей, построенный «на основе данных»), а не сквозная нейросеть.

VVC, действующий стандарт ITU/ISO, впервые пришёл в эфирное вещание в Бразилии, чья система DTV+ (TV 3.0) в июне 2026 года, к чемпионату мира по футболу, перешла в коммерческую эксплуатацию. По состоянию на июль 2026 года ни один телевизор в продаже в Бразилии не имел встроенного приёмника DTV+; первые ожидаются между концом 2026 и началом 2027 года.

На стороне кодера: нейросетевой даунскейлер Netflix

Самый чистый пример нейросетевого кодирования в воспроизведении работает с 2022 года и ничего не меняет в том, что должно делать устройство зрителя. Netflix кодирует каждый тайтл в нескольких разрешениях, и на шаге даунскейлинга, который делает 1080p, 720p и 540p из 4K-мастера, традиционно применялся фиксированный фильтр, например фильтр Ланцоша. Netflix заменила его небольшой нейросетью — блоком предобработки, за которым следует блок изменения размера, — обученной улучшать качество, видимое после стандартного апскейлера на устройстве. Netflix описывает её как решение прямой замены: никаких других изменений ни на стороне кодирования, ни на стороне клиента, так что «миллионы устройств, поддерживающих стриминг Netflix, автоматически получают выгоду». В тестах Netflix на предпочтение около 77 % зрителей выбрали результат нейросетевого даунскейлера данные компании. Чтобы затраты оставались приемлемыми при масштабах Netflix, «оказалось достаточно всего нескольких слоёв нейросети».

Эту схему стоит запомнить. Сеть запускается один раз на тайтл в дата-центре, где вычисления дёшевы и их можно планировать, а на выходе получается обычный поток AV1 или HEVC.

На экране: суперразрешение в приложении и в телевизоре

На другом конце сети исправляют то, что потеряли кодек и источник. 29 октября 2025 года YouTube анонсировал Super Resolution для своего TB-приложения: видео, загруженные в разрешении ниже 1080p, от 240p до 720p, с помощью машинного обучения повышаются до HD, а заявленная цель — 4K. Улучшенные версии помечаются, зрители могут вернуться к оригиналу, а авторы — отказаться от функции. В октябре 2025 года Meta рассказала, как применяет видео-суперразрешение и на своих серверах при загрузке — на стандартных процессорах x86 в партнёрстве с Intel, — и на клиенте при воспроизведении, и пришла к выводу, что эти подходы дополняют друг друга. Производители телевизоров делают то же самое в кремнии: флагманский 8K-процессор Samsung, NQ8 AI Gen3, рекламирует 768 нейросетей для апскейлинга.

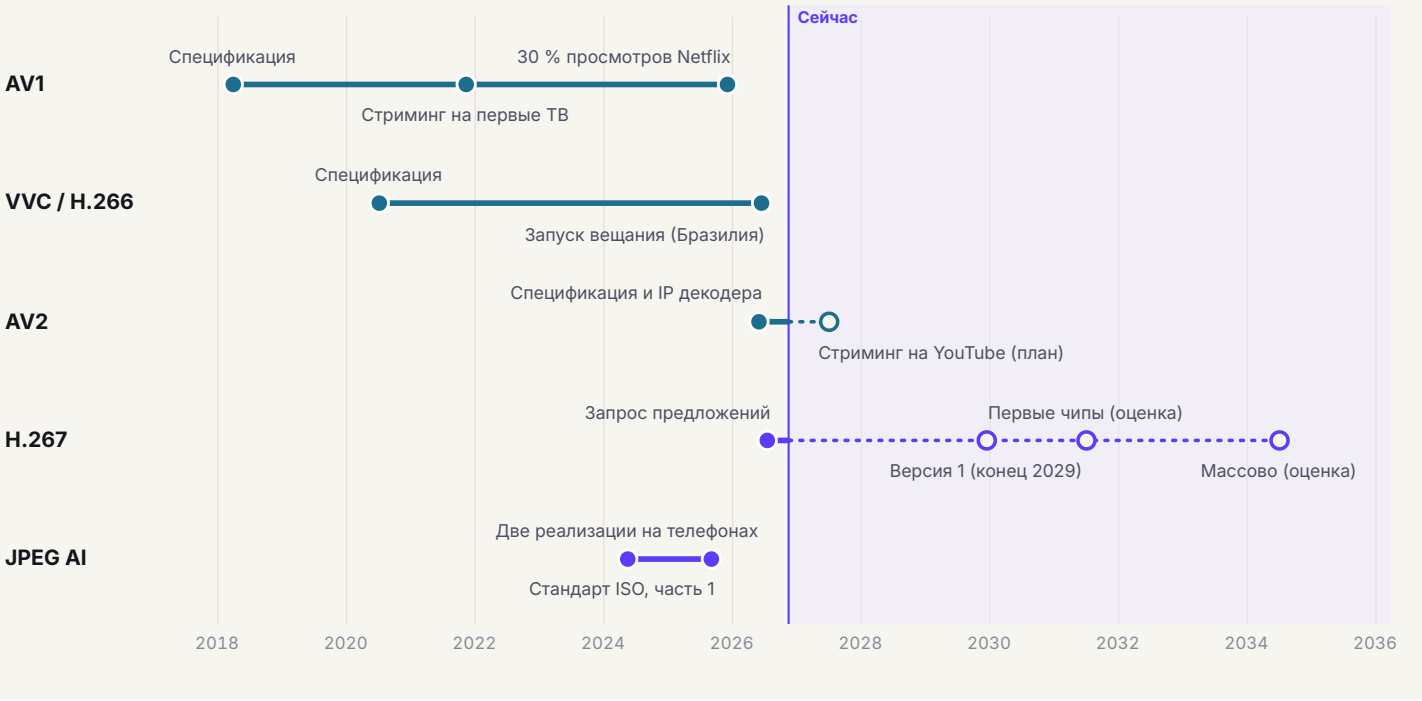
Экономика зависит от того, где работает сеть. Серверная обработка стоит платформе вычислений для каждого видео, которое она затрагивает. Обработка на устройстве не стоит платформе ничего: она использует NPU, за который покупатель уже заплатил. Поэтому наибольший выигрыш в 2026 году дают оба подхода.

Почему ни один телевизор не декодирует нейросетевой битовый поток

Формат воспроизведения должен декодироваться на каждом устройстве, которое когда-либо будет его воспроизводить, а такие устройства служат годами. Поэтому путь от готового стандарта до массовых экранов долог даже для классических кодеков. Спецификация AV1 была завершена в марте 2018 года; программный декодер dav1d появился через несколько месяцев; с конца 2021 года формат начали передавать на телевизоры; около 30 % просмотров Netflix он достиг в декабре 2025 года, почти через восемь лет после спецификации. VVC был завершён в июле 2020 года и дошёл до первого вещательного сервиса в июне 2026 года.

РИС. 03 **Путь от готового стандарта до массовых экранов занимает большую часть десятилетия**

Для воспроизведения нужен аппаратный декодер в устройстве. AV1 понадобилось почти восемь лет от готовой спецификации до 30 % просмотров Netflix; первый стандарт, который, вероятно, принесёт нейросетевые инструменты, ожидается в конце 2029 года.



Источник: Netflix Tech Blog (дек. 2025); AOMedia; Allegro DVT; TV Technology; Fraunhofer IIS о бразильском DTV+; MPEG-155; комитет JPEG; ISO. Полые метки — целевые сроки или оценки автора.

Нейросетевой битовый поток добавляет две проблемы, которые классические кодеки решили давно: энергию на пиксель и побитово точное декодирование. Обе рассмотрены в главе 8. Вместе они означают, что ни один производитель телевизоров или телефонов не поставит нейросетевой видеодекодер в каждое устройство, пока стандарт не скажет точно, что именно строить.

Что могло бы это изменить: H.267

Стандарт, который мог бы донести нейросетевые инструменты до каждого экрана, — преемник VVC, который ITU-T и ISO/IEC разрабатывают совместно в Объединённой группе экспертов по видео (Joint Video Experts Team, JVET). Его название пока не утверждено; я буду называть его H.267, как это делает большая часть отрасли.

В октябре 2025 года JVET оценила ответы на запрос свидетельств (call for evidence): пять ответов от 16 компаний и исследовательских лабораторий, протестировано 20 конфигураций кодеков. Комитет нашёл свидетельства лучшего сжатия, чем у VVC, и признал «интересными» как улучшенную традиционную технологию, так и технологию нейросетей. Нейросетевые подходы показали явный выигрыш в воспринимаемом качестве, особенно на контенте 8K HDR, и меньший выигрыш на игровом контенте. InterDigital, один из участников, представила один вариант на основе традиционной модели Enhanced Compression Model (ECM) и другой, в котором ИИ-инструменты наложены на VVC.

Официальный запрос предложений (call for proposals) объявлен на заседании в Женеве в июле 2026 года. Основные заявки нужно было подать в конце октября 2026 года, дополнительный пакет ожидается в середине декабря, а ответы будут оценены на заседании JVET в Брисбене в январе 2027 года. JVET ожидает первую тестовую модель во втором полугодии 2027 года и первую версию стандарта к концу

2029 года и называет эту работу «вероятно, более масштабным усилием, чем когда-либо прежде предпринималось для запуска нового стандарта».

Классический трек задаёт высокую планку. ECM, построенная на традиционной обработке сигналов, экономит примерно 28 % относительно VVC в конфигурации с произвольным доступом (random access). Исследование нейросетевых методов в JVET сообщает о внутрицикловых фильтрах, которые экономят около 6 % при 10 тыс. операций умножения с накоплением на пиксель, 8 % при 22 тыс. и 14 % в рабочей точке высокой сложности. На мой взгляд, H.267, скорее всего, будет классическим ядром с несколькими нейросетевыми инструментами там, где сэкономленные биты оправдывают затраты декодера, и оценка в январе 2027 года покажет, сколько их будет анализ.

Мост уже существует. Потоки VVC и HEVC могут нести дополнительную информацию для улучшения (supplemental enhancement information, SEI), которая описывает нейросетевой постфильтр для применения на стороне декодера, а новые редакции VVC и его стандарта SEI (VSEI), завершённые в октябре 2025 года, расширили эти сообщения. Поток может указать, какую сеть запустить после декодирования, не заставляя каждый декодер её запускать.

Что это значит для бизнеса в воспроизведении

Продавайте то, что работает вокруг кодека уже сейчас: предобработку на стороне кодера для сервисов, блоки постобработки и их настройку для чипов телевизоров и приставок. До 2030-х не стройте бизнес в воспроизведении на нейросетевом битовом потоке, который должен декодироваться на чужих устройствах. Если вы делаете микросхемы, ближайшая выручка — декодеры AV2 и VVC; нейросетевая часть — путь через NPU для улучшения рядом с ними (глава 8).

ГЛАВА 03

ФОТОГРАФИЯ И ИЗОБРАЖЕНИЯ

03 Фотография и изображения: нейросети внутри камеры, классика в вебе

Конвейер камеры уже нейросетевой

Каждый снимок с недавнего флагманского телефона проходит через нейросети, прежде чем его сожмут. В Snapdragon 8 Gen 2 от Qualcomm, который устанавливался в телефоны 2023 года, появился «Cognitive ISP»: он во время фото- и видеосъёмки выполняет семантическую сегментацию в реальном времени, по отдельности обрабатывая лица, волосы, небо и фон; Samsung Galaxy S23 Ultra первым применил его для фронтальной камеры. В январе 2026 года Chips&Media и Visionary.ai показали на CES то, что они называют первым полноценным ISP на основе ИИ: сквозной конвейер обработки изображения, который целиком работает на NPU — WAVE-N от Chips&Media — в 16-битной арифметике с плавающей запятой, без ISP на жёсткой логике и может обновляться по воздуху. «Существующие конвейеры прикручивают нейросетевые блоки к ISP на жёсткой логике. Мы полностью заменяем традиционный ISP», — сказал генеральный директор Visionary.ai. После выставки решение предложили производителям для оценки.

Затем результат сохраняется в JPEG или HEIF — классических форматах, которые открывает любое устройство. Схема та же, что и в воспроизведении: нейросети — внутри конвейера одной компании, стандарт — на границе.

JPEG AI: готовый нейросетевой стандарт, у которого пока нет продукта

JPEG AI — первый стандарт обучаемого кодирования изображений от ISO/IEC и ITU-T (ISO/IEC 6048, ITU-T T.840). Часть 1, основная система кодирования, опубликована в 2025 году. Комитет JPEG сообщает о выигрыше в сжатии от 12,5 % до 27,9 % относительно внутрикадрового кодирования VVC при сложности декодера от 7 до 216 тыс. операций умножения с накоплением на пиксель. В его архитектуре два кодера и три декодера, обученные совместно, так что приёмник может реализовать только один декодер и всё равно читать любой поток. К маю 2024 года комитет сообщил о двух реализациях на смартфонах. Параллельно IEEE в декабре 2024 года опубликовал IEEE 1857.11-2024 — стандарт кодирования изображений на основе нейросетей, рассчитанный на NPU.

По состоянию на ноябрь 2026 года я не нашёл ни одной камеры телефона, фотоприложения или браузера, которые записывали бы или читали JPEG AI по умолчанию.

Что веб принял вместо него: JPEG XL

Формат изображений, который действительно набрал позиции в 2026 году, — классический. 6 октября 2026 года Google включила декодирование JPEG XL по умолчанию в Chrome 155, используя новый безопасный по памяти декодер, написанный на Rust, — через четыре года после того, как удалила экспериментальную поддержку. Safari декодирует JPEG XL с 2023 года, и Mozilla движется в том же направлении. Аргументы Google в его пользу — лучшее сжатие, чем у JPEG, пересжатие существующих файлов JPEG без потерь, HDR и прогрессивное декодирование.

Этот вывод применим шире. Формат, который должен открываться везде, выигрывает благодаря быстрому детерминированному декодеру, который работает на любом CPU и может быть сделан безопасным по памяти. Нейросетевому декодеру изображений нужны NPU или GPU и точная арифметика на всех устройствах. Нейросетевое кодирование выигрывает внутри собственного конвейера устройства и в системах, где одна и та же компания кодирует и декодирует, — например, в облачном фотосервисе, который никогда не передаёт сжатый файл кому-либо ещё.

Что это значит для бизнеса в обработке изображений

Деньги — в конвейере съёмки: IP-блоки ИИ-ISP, NPU, рассчитанные на обработку изображений, и работа по настройке, которую покупают производители камер. Для хранения и доставки обучаемый кодек изображений сегодня — инструмент для замкнутых систем, а не формат, на который стоит делать ставку.

ГЛАВА 04

ЗВОНКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

04 Звонки и конференции: где сквозные нейросетевые кодеки действительно применяются

Звук был первым

Microsoft представила Satin, речевой кодек на основе ИИ, в феврале 2021 года и сообщила, что он уже используется во всех звонках Teams и Skype с двумя участниками. Satin передаёт сверхширокополосную речь с полосой звука до 16 кГц при 6 кбит/с, тогда как прежний кодек Skype, Silk, при таком битрейте был узкополосным. Сэкономленный битрейт тратится на избыточность, поэтому звонки лучше переносят потерю пакетов.

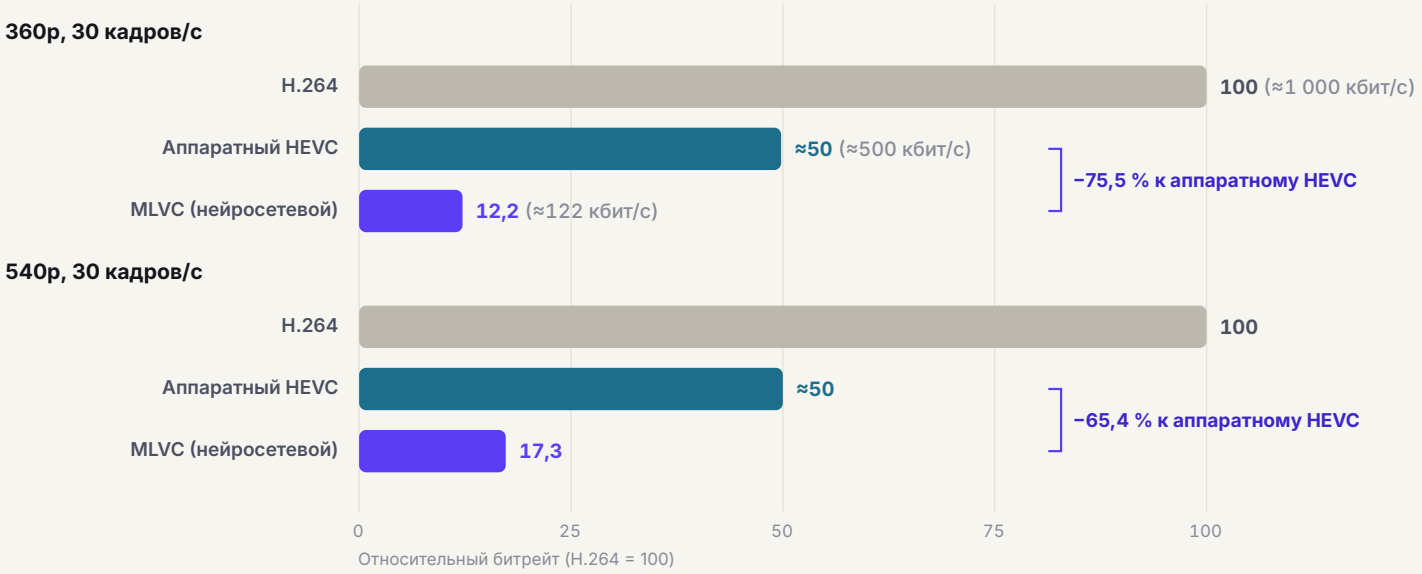
MLVC: нейросетевой видеокодек в рабочих звонках

24 июля 2026 года Microsoft выпустила MLVC, свой видеокодек на основе машинного обучения, в открытом доступе под лицензией MIT — с кодом модели, обученными весами, скриптами обучения и инструментами конвертации под разные NPU. MLVC — продуктовая версия семейства DCVC, которое Microsoft Research публикует с 2021 года. Microsoft сообщает, что внедряет MLVC в Teams для одноранговых звонков, с телеметрией в реальном времени, A/B-тестированием и традиционными кодеками в качестве резерва.

MLVC работает при 540p и 360p с частотой 30 кадров в секунду и спроектирован так, чтобы занимать не более половины NPU на Apple Neural Engine и на NPU Qualcomm и Intel, распределяя работу между CPU и NPU. В субъективных тестах по ITU-T P.910 на собственном наборе Microsoft Video Conferencing Dataset ему потребовалось на 87,8 % меньше битрейта, чем H.264, и на 75,5 % меньше, чем аппаратному HEVC, при 360p, а при 540p — на 82,7 % и 65,4 % меньше соответственно данные компании. При 360p это примерно 122 кбит/с там, где H.264 нужно около 1 Мбит/с.

РИС. 04 **В звонках нейросетевой кодек обходит аппаратный HEVC на 65–76 %**

Битрейт, необходимый для одинаковой оценки качества на тестовом наборе Microsoft для видеоконференций, H.264 = 100. MLVC работает на NPU ноутбуков и телефонов с разрешением до 540p30 и занимает не более половины NPU.



Источник: Microsoft, релиз MLVC (24 июля 2026 года): субъективные тесты по ITU-T P.910 на собственном наборе Video Conferencing Dataset. Столбцы HEVC выведены из заявленной экономии. Данные компании, а не независимые измерения.

Две вещи умеряют громкую цифру. 88 % — это относительно H.264; относительно аппаратного HEVC, который уже есть в тех же ноутбуках, — 65–76 %, что всё равно много. И MLVC пожертвовал сжатием ради того, чтобы его можно было развернуть: независимый анализ отмечает, что DCVC-RT, обученный на перцептивную метрику, набирает 81,9 % по той же мере, где MLVC набирает 75,5 %. Цена одинакового декодирования на оборудовании, которым Microsoft не владеет, составила около шести пунктов.

Почему звонки — естественная среда

Звонок — замкнутая система. Оба конца работают в одном приложении, в начале звонка договариваются о своих возможностях и посреди звонка могут переключиться на стандартный кодек. Разрешения скромные, сети часто плохие, а ноутбуки на обоих концах теперь поставляются с NPU, как телефоны уже много лет. Microsoft устанавливает 40 TOPS NPU как планку для своих ИИ-ПК, а Neural Engine в Apple M4 рассчитан на 38 TOPS. Все условия, которые блокируют нейросетевой кодек в воспроизведении, здесь отсутствуют.

Контрпримеры: Opus и MLow

Не каждая платформа для звонков сделала тот же выбор, и причины поучительны.

Opus, открытый аудиокодек в WebRTC и большинстве приложений для звонков, добавил глубокое обучение в версии 1.5 (март 2024 года) — впервые применив сети для обработки или генерации самого сигнала. Но он добавил их как опции: улучшение на стороне декодера (LACE и NoLACE), не требующее изменений битового потока, нейросетевое маскирование потерь пакетов и схему глубокой избыточности (DRED); всё выключено по умолчанию, чтобы не нагружать старые устройства. Opus 1.6 добавил нейросетевое расширение полосы и втрое меньшую модель DRED и остаётся полностью совместимым со стандартом 2012 года. Этот подход — «внутри стандарта, опционально и с обратной совместимостью».

Meta пошла ещё дальше в обратном направлении. В июне 2024 года она запустила MLow — кодек речи с низким битрейтом, построенный на классической обработке сигналов, а не на нейросети; сейчас он работает во всех звонках Instagram и Messenger и внедряется в WhatsApp. Причины Meta — её устройства: более 20 % её звонков совершаются на телефонах с ARMv7, а десятки миллионов звонков WhatsApp в день — на телефонах старше десяти лет. Нейросетевые кодеки, включая собственный EnCodec от Meta, надёжно работают только на дорогих аппаратах, писала Meta. MLow даёт примерно вдвое лучшее качество, чем Opus, при 6 кбит/с, требуя на 10 % меньше вычислений.

Для сервиса, чьи пользователи — от владельцев флагманских ноутбуков до владельцев телефонов десятилетней давности, решает бюджет сложности. Нейросетевые кодеки появляются сначала там, где парк устройств новый, а оба конца контролирует поставщик.

Что это значит для бизнеса в коммуникациях

Корпоративные конференции, телеприсутствие, удалённая помощь, каналы доставки исходного видео и частные сети — это места, где сквозной нейросетевой кодек уже сегодня может быть продуктом, при условии что оба конца ваши. Сразу закладывайте три вещи: резервный кодек, тесты декодирования на каждом поддерживаемом NPU и оценку качества на вашем собственном контенте, а не на наборе данных поставщика.

ГЛАВА 05

ГЕНЕРАТИВНЫЙ ИИ

05 Генеративный ИИ: крупнейшее внедрение, которое никто не называет кодеком

Каждая голосовая и видеомодель работает на обучаемом кодеке

Крупнейшее внедрение сквозного нейросетевого сжатия — не в каком-либо стандарте кодирования. Оно внутри генеративного ИИ. Речевая модель не слушает звуковую волну и не порождает её напрямую: она читает и пишет дискретные токены обучаемого аудиокодека. Mimi от Kyutai, выпущенный в 2024 году, превращает речь в токены с частотой 12,5 кадра в секунду при 1,1 кбит/с — ниже, чем у любого телефонного кодека, — объединяя семантическую и акустическую информацию в одном потоке. Ещё один пример — EnCodec от Meta, опубликованный в 2022 году; позднее инженеры самой Meta описали такие кодеки как отличные на низких битрейтах, но слишком тяжёлые для старых телефонов (глава 4).

Генерация видео устроена так же. Диффузионная или трансформерная модель генерирует в латентном пространстве обучаемого видеоавтокодировщика (VAE), а декодер VAE превращает результат в пиксели. VAE в LTX-Video сжимает видео в соотношении 1:192: каждый латентный токен соответствует блоку 32×32 пикселя на протяжении 8 кадров и имеет 128 каналов. Его декодер также выполняет последний шаг шумоподавления, поэтому он отчасти генерирует детали, а не только восстанавливает их.

Почему это не форматы распространения

Эти кодеки работают при каждом запросе к голосовой или видеомодели, но ни один из них не является форматом, который декодирует кто-то ещё. У каждой модели своё латентное пространство; нет ни управления битрейтом, ни теста на соответствие, ни гарантии, что другой декодер выдаст ту же кар-

тинку. Они рассчитаны на качество генерации, а не на достоверность при заданном битрейте, и декодируются на GPU в дата-центрах. Их успех показывает, что обучаемое сжатие работает в больших масштабах, когда одна компания владеет кодером, декодером и оборудованием.

Что это значит для бизнеса

Два практических вывода. Во-первых, эффективность токенизатора — прямая статья затрат для всех, кто обслуживает генеративное видео или голос: у трансформера, механизм внимания которого охватывает все токены, вычисления растут быстрее числа токенов, поэтому более компактное латентное представление снижает стоимость генерации более чем пропорционально анализ. Инженеры по кодекам, которые разбираются в устройстве латентных представлений, энтропийных моделях и эффективности декодеров, ценны для команд генеративного ИИ. Во-вторых, граница сдвигается: органы стандартизации начали работу над кодированием для машин, а не для людей. Video Coding for Machines от MPEG (ISO/IEC 23888-2) достиг стадии проекта международного стандарта в начале 2026 года, и его планируется окончательно принять в конце 2026 года, а JPEG AI с самого начала проектировался так, чтобы обслуживать задачи компьютерного зрения наравне с просмотром людьми.

ГЛАВА 06

ИГРЫ И ГРАФИКА

06 Игры и графика: нейросетевая реконструкция — мейнстрим, нейросетевые ассеты только начинаются

Отрисовать меньше пикселей и поручить остальное нейросети

В графике реального времени нейросеть уже восстанавливает большую часть того, что видят игроки. DLSS от NVIDIA отрисовывает меньше пикселей и меньше кадров и с помощью нейросетей создаёт остальное. DLSS 4 с Multi Frame Generation вышел в январе 2025 года с поддержкой в 75 играх и приложениях; NVIDIA насчитала более 125 к маю 2025 года, более 175 к августу и более 250 к январю 2026 года, когда анонсировала DLSS 4.5 с трансформерной моделью второго поколения для суперразрешения. Это декодер во всём, кроме названия: «битовый поток» — кадр низкого разрешения плюс данные о движении, а сеть восстанавливает полное изображение.

РИС. 05 **Когда стек контролирует одна компания, нейросетевая реконструкция распространяется быстро**

Слева: игры и приложения с поддержкой DLSS 4 Multi Frame Generation от NVIDIA. Справа: нейросетевое сжатие текстур в демосцене и в вышедшей игре, где его применили только к отдельным ассетам из-за затрат во время выполнения.



Источник: NVIDIA (с января 2025 по январь 2026 года; демо на GTC 2026); Ubisoft La Forge (февраль 2026 года). Данные компаний; два показателя для текстур измеряют разное.

Нейросетевые текстуры вышли — выборочно

Текстуры сжимаются в фиксированных блочных форматах (BCn), которые GPU декодируют аппаратно. Нейросетевое сжатие текстур заменяет набор текстур материала компактным латентным представлением и небольшой сетью, которая восстанавливает тексели, когда они нужны. В феврале 2026 года лаборатория La Forge компании Ubisoft рассказала о его применении в Assassin's Creed Mirage, игре 2023 года, с примерно на 30 % более высоким эффективным сжатием, чем у традиционных форматов, при том же визуальном качестве данные компании. Его применили не везде: «использование было ограничено производительностью во время выполнения», поэтому Ubisoft применила его к подмножеству ассетов с большим числом экземпляров и высокой нагрузкой на память.

SDK RTX Neural Texture Compression от NVIDIA, находящийся в бета-версии на GitHub, показывает потолок. В демонстрации на GTC 2026 сцене виллы, которой с BCn требовалось 6,5 ГБ текстурной памяти, с нейросетевыми текстурами понадобилось 970 МБ — на 85 % меньше данные компании. SDK предлагает два пути: декодирование в BCn при загрузке, которое экономит место на диске и объём скачивания, но не видеопамять, или декодирование при выборке текстуры, которое экономит память, но в каждом кадре отнимает время шейдеров.

API на подходе

Графические API получают матричные операции, которые нужны для нейросетевого декодирования внутри шейдеров. Microsoft выпустила Shader Model 6.9 в феврале 2026 года; функцию cooperative vector, которую компания показала в предварительной версии в 2025 году, влили в единую архитектуру линейной алгебры для одной из следующих шейдерных моделей, а DirectX Linear Algebra вышла в публичную предварительную версию в апреле 2026 года. Когда это окажется в каждом драйвере, нейросетевой декодер текстур сможет работать на GPU любого производителя по единому пути кода.

Что это значит для бизнеса

Игры используют нейросетевое декодирование, потому что здесь выполняются условия замкнутой системы: один движок, один конвейер ассетов, тензорные блоки в GPU и резервный формат. Открытая работа — в инструментах, конвейерах ассетов, кодирующих нейросетевые материалы, средах выполнения для GPU разных производителей и прежде всего в мобильных устройствах, где всё решает энергия на декодированный тексель.

ГЛАВА 07

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ КАНАЛЫ

07 Специализированные каналы: спутники, дроны и роботы

Это случаи, где сквозное нейросетевое кодирование на бумаге подходит лучше всего. Один владелец контролирует оба конца канала, полоса узкая, а связь с потерями, контент достаточно узок, чтобы под него обучить модель, а часто достаточно картинки, верной для восприятия или даже только по смыслу. Устойчивые к потерям нейросетевые кодеки для таких каналов — активная область исследований, а серверное восстановление низкобитрейтных потоков применяется на практике.

Кроме того, это небольшой и всё сильнее регулируемый рынок по сравнению с потребительским видео анализ. В Китае Объявление № 49 за 2026 год от Министерства коммерции и ещё двух ведомств, изданное 19 октября и вступающее в силу 18 ноября 2026 года, пересматривает экспортный контроль над 13 категориями товаров, связанных с дронами. Среди технологических позиций одна охватывает беспилотные наземные платформы, определённые в том числе такими пороговыми значениями, как 75 % семантического сжатия изображений и восстановление изображения не более чем за 150 миллисекунд, как сообщает отраслевая пресса. Само семантическое сжатие стало параметром экспортного контроля. В США Федеральная комиссия по связи 22 декабря 2025 года внесла дроны иностранного производства и их критические компоненты в свой перечень Covered List, так что новые иностранные модели больше не могут получить разрешение на оборудование.

Вердикт: разумная ниша для специализированной компании с промышленными или государственными заказчиками и возможностью обеспечить экспортный комплаенс с обеих сторон, но не массовый рынок и не то место, где можно выяснить, работает ли нейросетевое кодирование в больших масштабах.

ГЛАВА 08

МИКРОСХЕМЫ

08 Взгляд разработчика микросхем: энергия, вычисления, память и точность

Это глава, где мой собственный опыт важнее всего. За моими плечами много лет НИОКР и руководства в fabless-разработке микросхем, включая полностью заказное проектирование трактов данных ASIC и проекты мультимедийных чипов для камер, например ускорителей видеокодеков, и вопросы, которые команда разработчиков чипа задаёт о новом кодеке, — не о BD-rate. Они такие: сколько джоулей на пиксель, сколько байт трафика DRAM на пиксель, сколько вентилей и может ли каждый декодер в мире вычислить в точности одни и те же биты? По всем четырём пунктам нейросетевой декодер в 2026 году находится там, где был аппаратный HEVC до первых чипов: многообещающий в программной реализации, дорогой в кремнии.

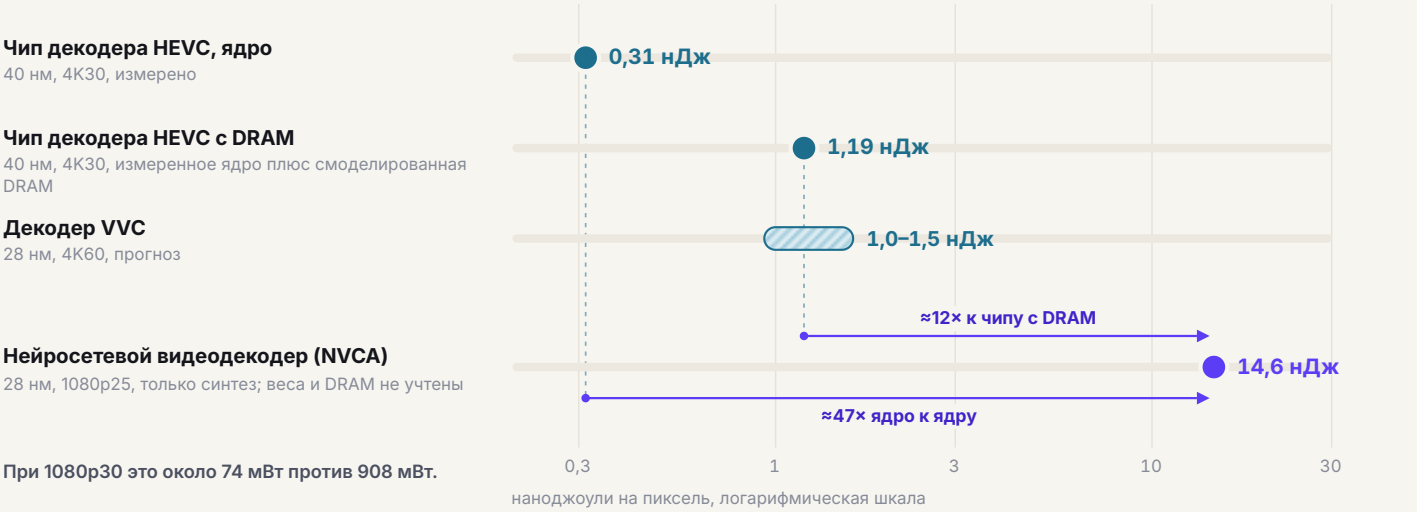
Энергия на пиксель: разница на порядок

Немногие нейросетевые декодеры спроектированы как чипы, поэтому сравнение опирается на горстку опубликованных проектов. Опорная точка на классической стороне — чип декодера HEVC от MIT (Tikekar et al., ISSCC 2013 и IEEE JSSC 2014): 40 нм, 1,77 мм², декодирование 4K при 30 кадрах в секунду на частоте 200 МГц. Его ядро потребляет 78 мВт, или 0,31 нДж на пиксель; с учётом смоделированного энергопотребления DRAM системе нужно 1,19 нДж на пиксель. Для VVC производственные показатели закрыты; анализ в Electronic Design 2026 года, который масштабирует чип MIT на 28 нм с поправкой на более высокую сложность VVC, прогнозирует 1–1,5 нДж на пиксель для декодера 4K60 примерно в миллион вентилей.

На нейросетевой стороне единственный опубликованный проект ASIC сквозного нейросетевого видеодекодера, по подсчёту Electronic Design, — NVCA (Zhang et al., DATE 2024), синтезированный под техпроцесс TSMC 28 нм: 5,01 млн вентилей без учёта весов, которые хранятся вне кристалла. Он декодирует 1080p при 25 кадрах в секунду, потребляя 760 мВт, или 14,6 нДж на пиксель.

РИС. 06 **Энергия на декодированный пиксель: декодеры на жёсткой логике впереди на порядок**

Единственному опубликованному проекту чипа нейросетевого видеодекодера нужно примерно в 12 раз больше энергии на пиксель, чем измеренному чипу декодера HEVC с учётом его DRAM, и примерно в 47 раз больше, чем одному его ядру. Собственный трафик весов и DRAM нейросетевого проекта не учтён.



Источник: Tikekar et al., IEEE JSSC 2014 (MIT); NVCA, Zhang et al., DATE 2024 (arXiv 2312.10716); диапазон для VVC — прогноз Electronic Design (2026). Чип HEVC выполнен по более старому техпроцессу (40 нм против 28 нм), что играет на руку нейросетевому проекту.

Это примерно в 12 раз больше, чем у чипа HEVC с учётом DRAM, и примерно в 47 раз больше, чем у одного его ядра. Сравнение играет на руку NVCA по трём причинам: чип HEVC выполнен по более старому техпроцессу, показатель NVCA не учитывает трафик весов и DRAM, а сам NVCA — результат синтеза, а не измерений готового кристалла. При 1080p30 разница — около 74 мВт против примерно 900 мВт: декодер, которого никто не замечает, против декодера, который заметен в бюджете батареи и тепловыделения телефона.

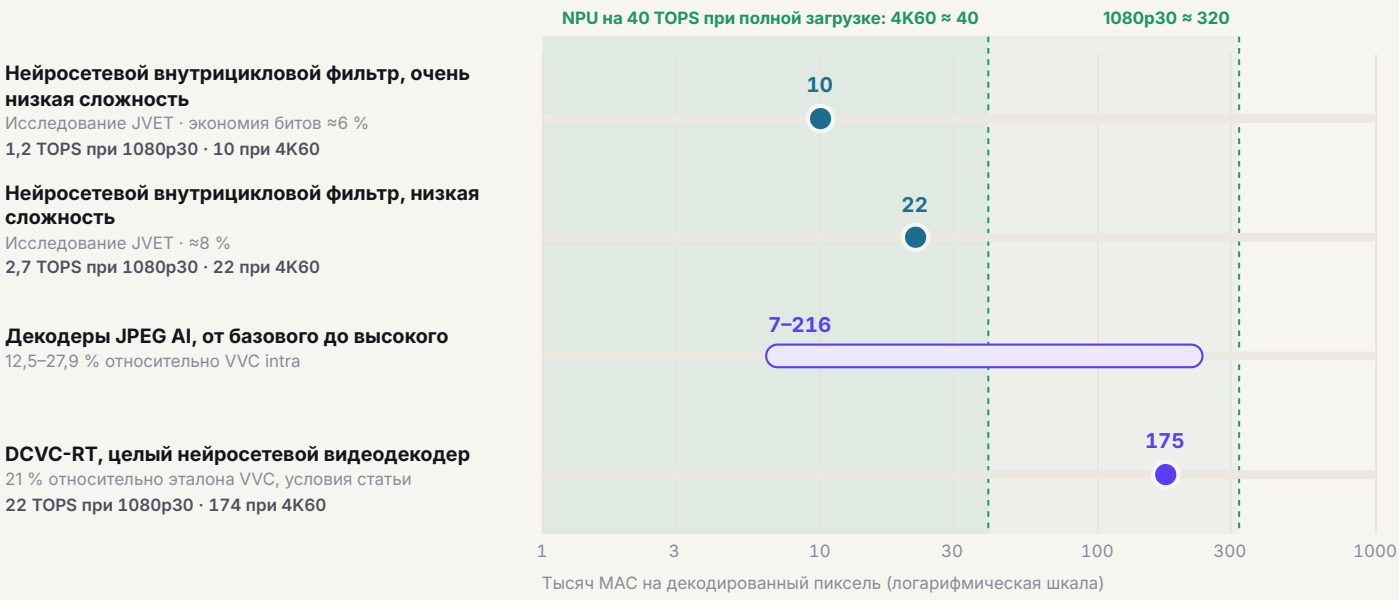
Вычисления на пиксель: что нейросетевой декодер требует от NPU

Самый быстрый опубликованный нейросетевой видеокодек, который я нашёл, — DCVC-RT от Microsoft Research (Jia et al., CVPR 2025). Он кодирует и декодирует 1080p со скоростью 125 и 113 кадров в секунду на GPU NVIDIA A100, экономя 21 % битрейта относительно эталонного кодера VVC в тестовой конфигурации статьи, и использует целочисленную арифметику, чтобы разные устройства декодировали согласованно. В дополнительных материалах приведена сложность каждого модуля. Сложив четыре модуля, которые должен выполнять декодер (декодер, экстрактор признаков, энтропийная модель и реконструкция), я получаю около 175 тыс. операций умножения с накоплением на декодированный пиксель оценка.

При 1080p30 это около 11 трлн операций умножения с накоплением в секунду, или около 22 TOPS при двух операциях на MAC, ещё до потерь от неполной загрузки; для 4K60 нужно в восемь раз больше оценка. Для масштаба: Microsoft определяет свои ИИ-ПК через NPU не менее чем на 40 TOPS, а Apple оценивает Neural Engine в M4 в 38 TOPS. Это пиковые значения, и их делят между собой все задачи устройства.

РИС. 07 **Нейросетевой инструмент стоит десятки тысяч MAC на пиксель, целый нейросетевой декодер — сотни тысяч**

Умножения с накоплением (MAC) в декодере на пиксель, логарифмическая шкала, в сравнении с тем, что может позволить себе полностью загруженный NPU на 40 TOPS при 4K60 и при 1080p30. Выигрыши измерены относительно разных опорных кодеков и напрямую не сопоставимы.



Источник: JVET по данным председателя SC 29 (апрель 2026 года); комитет JPEG (2024); DCVC-RT, дополнительные материалы к CVPR 2025, сумма модулей декодера по подсчёту автора; определение Copilot+ PC от Microsoft. Расчёт автора: две операции на MAC, полная загрузка.

Лестница на рисунке 7 — полезный способ взглянуть на эту область. Нейросетевые инструменты стоимостью в десятки тысяч MAC на пиксель, такие как внутрицикловые фильтры JVET (около 6 % экономии при 10 тыс., 8 % при 22 тыс.), правдоподобны внутри будущего стандартного декодера. JPEG AI охватывает весь диапазон — от 7 до 216 тыс. MAC на пиксель при 12,5–27,9 % относительно VVC intra. Целому нейросетевому видеодекодеру стоимостью в пару сотен тысяч MAC на пиксель место на NPU — при скромном разрешении и в замкнутой системе. Именно там и находится MLVC: 540p30 и не более половины NPU.

Трафик памяти, а не MAC, часто оказывается настоящим ограничением

Авторы DCVC-RT обнаружили, что скорость ограничивала не арифметика, а «операционные затраты»: ввод-вывод памяти и число вызовов функций. Во многом поэтому они убрали явные модули движения и многомасштабную обработку. Разработчики NVCA построили специальную схему потоков данных, чтобы сократить трафик внешней памяти от признаков движения и остатка. Разработчик микросхем узнает эту картину. В чипе HEVC от MIT на DRAM приходится около трёх четвертей энергии системы (0,88 из 1,19 нДж на пиксель) — даже после кэша, сократившего полосу пропускания DRAM на 67 % анализ. Нейросетевой декодер, который хранит между кадрами большие многоканальные карты признаков, делает проблему памяти хуже, а не лучше.

Точность: каждый декодер должен вычислить те же биты

Энтропийное кодирование работает, только если вероятностная модель декодера в точности совпадает с моделью кодера. В классическом кодеке эта модель — таблица или небольшой набор целочисленных правил. В нейросетевом кодеке это сеть, и расхождение в вычислениях с плавающей запятой между

двумя устройствами — из-за другого вычислительного ядра, другого порядка накопления или другого NPU — может заставить декодер прочитать не те символы и потерять поток с этого места.

Каждому, кто выпускал или стандартизировал нейросетевой кодек, приходилось это устранять. DCVC-RT переводит свою модель в целые числа для согласованного кодирования на разных устройствах. MLVC использует архитектуру гиперприора с общим масштабом, чтобы пережить межплатформенные расхождения, — вероятно, отчасти поэтому он уступает DCVC-RT в сжатии анализ. Нейросетевое исследование JVET прогоняет каждую сеть через SADL — небольшую библиотеку с 16-битным целочисленным инференсом. JPEG AI определяет точки проверки соответствия в латентной области, области остатка и пиксельной области. Для команды разработчиков чипа это та же дисциплина, что и с целочисленными преобразованиями HEVC: стандарт должен точно определять арифметику, а это ограничивает архитектуру сети и исключает специфичные для производителя упрощения.

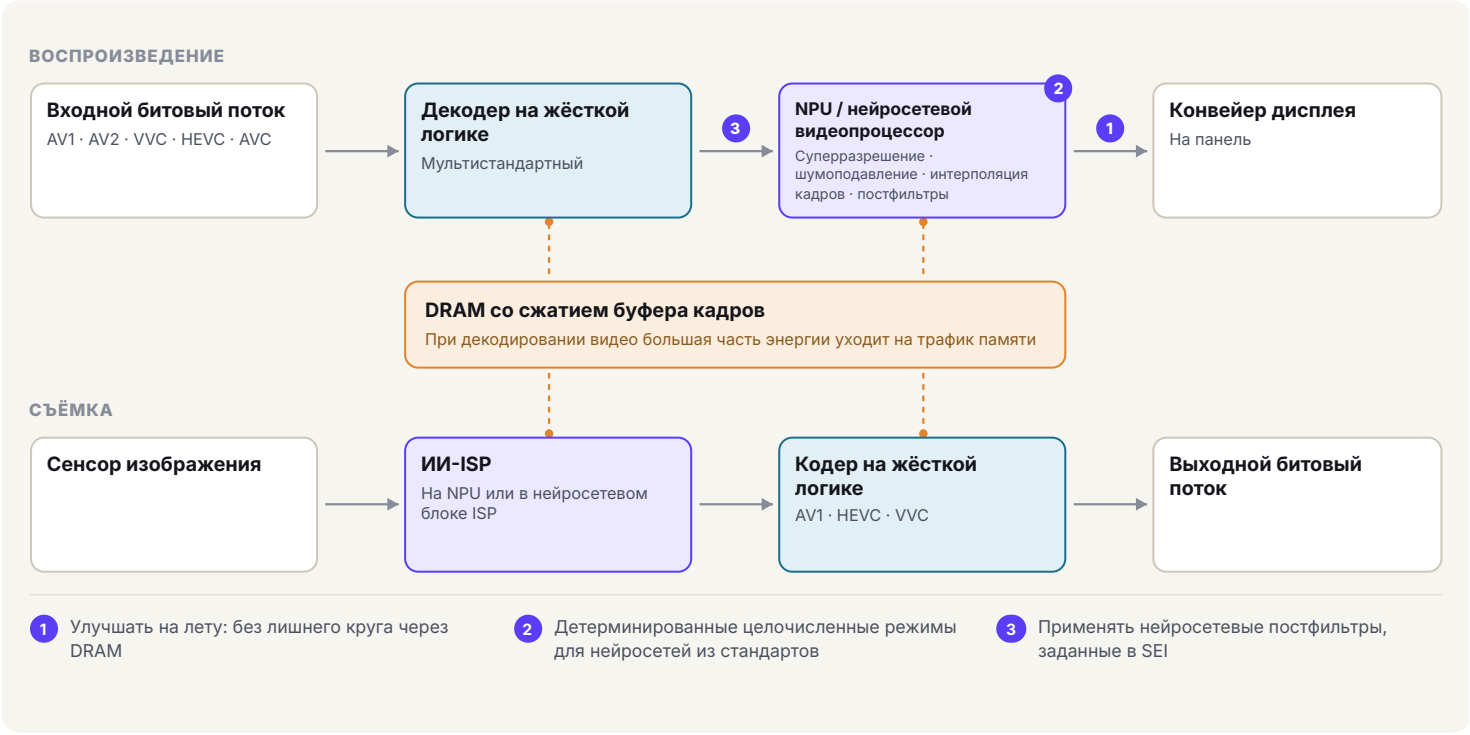
Препятствие — не площадь, а верификация и срок службы

У NVCA 5 млн вентилей против примерно миллиона у прогнозируемого декодера VVC; это выглядит много, но в современной SoC телефона или телевизора, где уже есть NPU на несколько TOPS, несколько миллионов вентилей — не то, что определяет проект. Настоящих денег стоят верификация по набору тестов на соответствие, поддержание корректности программируемого декодера при обновлениях ПО в течение всего срока службы устройства и энергопотребление при 4K60 HDR. Эти затраты имеют смысл только тогда, когда стандарт зафиксирует, что именно нужно строить.

Архитектура, которая побеждает сейчас: кодек на жёсткой логике плюс NPU

РИС. 08 **Разделение, которое пошло в серию: жёсткая логика для битового потока, нейросетевой блок для пикселей**

Медиа-SoC 2026 года. Блок кодека декодирует все стандарты за доли наноджоуля на пиксель; NPU делает то, что хорошо удаётся нейросетям и что не ограничивают стандарты. Главная статья затрат — трафик DRAM.



Источник: Архитектурный взгляд автора на основе раскрытой информации о продуктах Tencent (Canghai V2), Chips&Media, Allegro DVT и Samsung (2026).

Микросхемы, которые продаются в 2026 году, сочетают мультистандартный кодек на жёсткой логике с нейросетевым блоком рядом. Блок кодека обрабатывает AV1, AV2, VVC, HEVC и AVC за доли наноджоуля на пиксель. Нейросетевой блок делает то, что хорошо удаётся нейросетям и что не ограничивают стандарты: шумоподавление и ISP при съёмке, суперразрешение, интерполяцию кадров и улучшение при выводе на дисплей. Оба используют общее сжатие буфера кадров и общее расписание обращений к DRAM, потому что главная статья затрат — трафик памяти.

Рынок подтверждает это разделение. У собственной ASIC видеокодека Canghai (沧海) от Tencent, которую компания разрабатывает с 2019 года, развёрнуто более 100 000 чипов первого поколения в Tencent Cloud и в собственных сервисах компании — прямых трансляциях, видео по запросу и облачном гейминге. Второе поколение, о котором в мае 2026 года сообщили, что чип успешно запущен и выходит в массовое производство, чтобы заработать в сервисах во втором полугодии, поддерживает H.265 и H.266 в единой архитектуре: сжатие у него лучше, чем у предшественника, более чем на 10 % и 30 %, пропускная способность примерно вдвое выше, а на кристалле есть улучшение изображения, например суперразрешение. Chips&Media продаёт IP кодеков и ориентированный на видео NPU WAVE-N бок о бок. Allegro DVT продаёт декодеры AV2 и добавила свой первый IP нейросетевой обработки видео. ТВ-процессоры Samsung сочетают стандартные декодеры с сотнями нейросетей для апскейлинга.

Что бы я сделал — по ролям

Команды SoC и ТВ-чипов. Сохраняйте декодеры на жёсткой логике для каждого стандарта, который нужно воспроизводить, включая AV2 уже сейчас и VVC там, где этого требует вещание. Рассчитывайте NPU на постобработку в разрешении и с частотой кадров дисплея и проектируйте путь от декодера через NPU к дисплею так, чтобы улучшение не добавляло лишнего круга через DRAM. Поддерживайте SEI нейросетевых постфильтров. Предусмотрите детерминированные целочисленные режимы в NPU. Рассматривайте H.267 как начало проектирования в 2029 году или позже и оставьте немного программируемости для его нейросетевых инструментов.

Поставщики IP-блоков. Продавайте декодеры AV2 и VVC уже сейчас, а вместе с ними — то, что нужно нейросетевой обработке вокруг них: ускорители постфильтров, сжатие буфера кадров и инструменты проверки соответствия.

Видеоплатформы. Нейросетевая предобработка на стороне кодера окупается первой, потому что запускается один раз на тайтл и ничего не требует от устройств. Используйте суперразрешение на клиенте там, где позволяют устройства. Оставьте сквозные нейросетевые кодеки для замкнутых систем, которые вы контролируете.

ГЛАВА 09

СТАНДАРТЫ И ПАТЕНТЫ

09 Стандарты и патенты: где нейросетевые инструменты становятся предметом лицензирования

Конвейер стандартов

Стандарт	Орган	Нейросетевое содержание	Статус, ноябрь 2026 года
H.267 (рабочее название; после VVC)	JVET (ITU-T и ISO/IEC)	Открыто. Кандидаты — и классические инструменты (ECM), и нейросетевые (внутрицикловые фильтры, внутрикадровое предсказание, суперразрешение)	Запрос предложений — июль 2026 года; оценка ответов — январь 2027 года; первая тестовая модель — второе полугодие 2027 года; версия 1 — конец 2029 года
VVC и HEVC с VSEI	JVET	Нейросетевой постфильтр можно описать в метаданных SEI; применять его декодер не обязан	Действует; сообщения расширены в редакциях октября 2025 года
AV2	AOMedia	Классические инструменты, без роялти	Версия 1.0.0 — 28 мая 2026 года; IP декодеров лицензируются с июня 2026 года; веб-стриминг на YouTube запланирован на начало 2027 года
JPEG AI	JPEG (ISO/IEC и ITU-T)	Сквозной обучаемый кодек изображений для человеческого и машинного зрения	Часть 1 опубликована в 2025 году; обсуждается вторая версия; поддержки по умолчанию в продуктах не найдено
IEEE 1857.11	IEEE	Кодирование изображений на основе нейросетей, рассчитанное на NPU	Опубликован в декабре 2024 года
Video Coding for Machines	MPEG	Кодирование для машинного анализа, а не для просмотра	Проект международного стандарта — начало 2026 года; окончательное принятие запланировано на конец 2026 года
ML-расширения Opus	IETF	Необязательные глубокая избыточность, улучшение на стороне декодера, расширение полосы	В libopus 1.5 и 1.6; глубокая избыточность проходит стандартизацию

Выделяются две вещи. Во-первых, нейросетевое содержание входит в стандарты с краёв, а не с ядра: как необязательные постфильтры, необязательное улучшение и кодирование изображений — всё это оставляет основной путь декодирования неизменным. Во-вторых, единственный стандарт, который мог бы поставить нейросетевые инструменты на путь декодирования каждого экрана, H.267, отделяют от первой версии три года.

Кто занимает позиции в патентах

Инструменты стандартов становятся лицензируемыми патентами, поэтому процесс H.267 — это ещё и патентная гонка, и нейросетевые инструменты — её часть. Обзор GreyB 2025 года по 3916 патентам на технологии после VVC ставит на первое место ByteDance с 645 патентными семействами и 251 вкладом в JVET и отмечает партнёрства университетов и индустрии, такие как Xiaomi и университет Xidian, у которых более 20 семейств. MLex в марте 2026 года сообщил, что Tencent, Alibaba и ByteDance становятся активными участниками патентных пулов видеокодеков. В мае 2026 года Sauvegarder Investment Management купила у Alibaba 126 патентных активов в области видеокодеков, охватывающих AV1, AV2 и Video Coding for Machines. Покупка Deep Render компанией InterDigital в октябре 2025 года добавила в её портфель патенты Deep Render на кодирование видео с помощью ИИ.

Сколько приходится на устройство, хорошо видно в тарифах пулов. Ставки Access Advance для VVC (на 1 июля 2026 года, для лицензиатов, которые соблюдают условия и используют её товарный знак) — $0,50 за мобильный телефон, планшет или ноутбук на рынках Региона 1, таких как США, ЕС и Япония, и $0,25 в Регионе 2; за 4K-телевизоры — от $1,00 до $1,50 в зависимости от цены в Регионе 1; годовой лимит на одно предприятие — $75 млн. Участники AOMedia не взимают роялти за AV1 и AV2. Что бы ни вошло в H.267, его инструменты будут тарифицироваться так же, поэтому компании с патентами на нейросетевое кодирование уже сейчас вносят вклад в JVET анализ.

ГЛАВА 10

10 КТО ЗАРАБАТЫВАЕТ
Кто зарабатывает и где есть место для компании

Деньги в 2026 году

РИС. 09 **Кто зарабатывает на нейросетевом кодировании в 2026 году**

Деньги идут вслед за стандартами и платформами. Я не нашёл ни одной самостоятельной компании, которая зарабатывала бы на жизнь лицензированием сквозного нейросетевого видеокодека.

ЗАРАБАТЫВАЮТ СЕЙЧАС

Платформы

Оставляют экономию себе

Нейросетевой даунскейлер Netflix; суперразрешение YouTube и Meta; Microsoft открыла код MLVC под лицензией MIT

ЗАРАБАТЫВАЮТ СЕЙЧАС

Производители устройств и чипов

Продают отличия от конкурентов

ISP камер; ТВ-процессоры апскейлинга; собственные чипы кодеков Canghai от Tencent

ЗАРАБАТЫВАЮТ СЕЙЧАС

Поставщики IP-блоков

Лицензируют каждый новый стандарт

Заказчики декодера AV2 у Chips&Media, Allegro DVT и VeriSilicon — в течение трёх недель после выхода спецификации

ЗАРАБАТЫВАЮТ СЕЙЧАС

Производители GPU

Привязывают к своей платформе

DLSS 4 в 250+ играх и приложениях; SDK нейросетевых текстур в бета-версии

С КАЖДОГО УСТРОЙСТВА

Патентообладатели и пулы

Получают отчисления с устройства

VVC: $0,50 за телефон, $1,00–1,50 за 4K-телевизор; инструменты H.267 — после 2029 года

ВЫХОД ЧЕРЕЗ ПРОДАЖУ

Стартапы нейросетевых кодеков

Куплены

WaveOne → Apple (2023); iSIZE → Sony (2023); Deep Render → InterDigital (2025)

Источник: Сведения компаний и патентных пулов, на которые ссылается отчёт; положение на 12 ноября 2026 года. Ставки пула: Access Advance, VVC, Регион 1, для лицензиатов, соблюдающих условия и использующих товарный знак, на 1 июля 2026 года.

Платформы оставляют экономию себе. Netflix, YouTube, Meta, Microsoft и Tencent создают нейросетевую обработку своими силами и получают выгоду в виде меньшего трафика, меньшего объёма хранения и лучшего качества на бит. Когда это помогает распространению, они отдают код: Microsoft выпустила MLVC под лицензией MIT.

Производители устройств и чипов продают отличия от конкурентов. ISP камер и ТВ-процессоры изображения — это места, где нейросети касаются каждого пользователя, и их продают как функции: Cognitive ISP от Qualcomm, процессоры апскейлинга Samsung.

Поставщики IP-блоков продают декодеры для каждого нового стандарта, а также NPU. В течение трёх недель после выхода спецификации AV2 Chips&Media, Allegro DVT и VeriSilicon объявили о заказчиках декодеров AV2. Те же поставщики теперь продают блоки нейросетевой обработки рядом с кодеками.

Производители GPU строят платформы. DLSS и нейросетевое сжатие текстур делают тензорные блоки NVIDIA частью того, как создаются игры.

Патентообладатели собирают плату с каждого устройства — через пулы для VVC и HEVC, а после 2029 года и для H.267.

Стартапы нейросетевых кодеков были куплены. WaveOne досталась Apple в 2023 году, iSIZE — Sony Interactive Entertainment в 2023 году, а Deep Render — InterDigital в 2025 году, во всех случаях на нераскрытых условиях. Каждый раз команду и патенты покупала платформа или лицензиар. Я не нашёл в 2026 году ни одной самостоятельной компании, которая зарабатывала бы на жизнь лицензированием сквозного нейросетевого видеокодека.

Где есть место для компании

Направление	Кто покупает	Почему сейчас	Главный риск
Нейросетевая предобработка на стороне кодера (даунскейлинг, шумоподавление, настройка под каждый тайтл)	Стриминговые платформы, платформы пользовательского видео, вещатели	Не нужно менять устройства; доказано в Netflix	Крупные платформы делают это сами
IP и настройка улучшения на стороне дисплея (суперразрешение, интерполяция кадров, качество изображения)	Производители чипов для ТВ, приставок и телефонов	NPU уже есть в устройствах; заметное отличие от конкурентов	Коммодитизация; производители чипов делают это сами
Нейросетевые кодеки для замкнутых систем (конференции, удалённое управление, частные каналы связи)	Поставщики корпоративных коммуникаций, промышленных решений и телеприсутствия	MLVC доказывает осуществимость, и его код открыт	Нужно контролировать оба конца; фрагментация NPU
Микросхемы или IP: кодек плюс NPU (AV2, VVC и постобработка)	Производители SoC	Начинается цикл AV2	Сильные действующие игроки
Инструменты оценки, проверки соответствия и детерминированного инференса	Все, кто выпускает нейросетевые инструменты	Побитовая точность — жёсткое требование	Малый рынок, если не в пакете
Вклад в стандартизацию H.267	Лицензиары, крупные платформы	Ответы оцениваются в январе 2027 года	Долго, дорого, без гарантий

Для большинства компаний выручка в 2027 году доступна в первых двух строках. Третья — самая интересная для сфокусированной продуктовой компании. Последняя требует терпения и стратегии лицензирования.

ГЛАВА 11

ЗАЯВЛЕНИЯ И ФАКТЫ

11 Заявления, которые вы услышите, и что говорят факты

Заявление	Что говорят факты
«Нейросетевые кодеки уже обходят VVC»	В лаборатории — да. DCVC-RT экономит 21 % относительно эталонного кодера VVC при 1080p в условиях статьи; JPEG AI экономит 12,5–27,9 % относительно VVC intra. Декодер стоит около 175 тыс. MAC на пиксель, то есть энергии NPU, против долей наноджоуля на жёсткой логике.
«ИИ-кодеки заменят H.26x и AV1 через несколько лет»	Не в воспроизведении. Первый стандарт, способный нести нейросетевые инструменты, нацелен на конец 2029 года, чипы последуют около 2031 года, а массовое применение — в середине 2030-х оценка. Кодек, который приходит сейчас, AV2, — классический.
«MLVC сокращает полосу на 88 %»	Относительно H.264 при 360p, на собственном тестовом наборе Microsoft. Относительно аппаратного HEVC — 75,5 % при 360p и 65,4 % при 540p, в звонках, где Microsoft контролирует оба конца.
«Нейросетевые текстуры экономят 85–96 % видеопамяти»	В демонстрационных сценах. Вышедшая игра получила выигрыш около 30 % в эффективном сжатии и использовала нейросетевые текстуры только на отдельных ассетах из-за затрат во время выполнения.
«JPEG AI — стандарт ISO, значит, камеры и браузеры его примут»	Я не нашёл поддержки по умолчанию в продуктах. Формат, который веб принял в 2026 году, — JPEG XL в Chrome 155 — классический.
«Нейросетевое декодирование слишком дорого для телефонов»	Отчасти верно. MLVC декодирует 540p30 в пределах половины NPU; для 4K60 модели класса DCVC-RT понадобилось бы около 175 TOPS устойчивой производительности оценка.
«Спутниковые и дроновые каналы — большой рынок для нейросетевого видео»	Технически лучшее соответствие, но рынок небольшой и всё сильнее ограничен экспортным контролем по обе стороны Тихого океана.
«Крупные платформы будут лицензировать нейросетевой кодек у стартапа»	Они создали свой (Netflix, Microsoft, Tencent) или купили стартап (Apple, Sony, InterDigital).

Простой тест отсекает большую часть презентаций: спросите об опорном кодеке, метрике, разрешении и стоимости декодирования. Заявление, в котором нет всех четырёх, — результат исследования, а не продукт.

ГЛАВА 12

12 ОРИЕНТИРЫ За чем следить в 2027–2030 годах

Когда	Ориентир	Почему это важно
Январь 2027	JVET оценивает ответы по H.267 в Брисбене	Сколько лучших ответов опираются на нейросетевые инструменты и какой ценой на пиксель
Начало 2027	Первые потоки AV2 на YouTube в вебе; декодеры AV2 в анонсированных SoC	Следующий классический цикл задаёт бюджеты устройств примерно до 2030 года
Второе полугодие 2027	Первая тестовая модель H.267	Войдут ли нейросетевые инструменты в основную архитектуру или останутся только в исследованиях
2027	MLVC за пределами одноранговых звонков Teams; другие поставщики берут открытый код	Первая проверка открытого нейросетевого кодека за пределами компании-владельца
2027–2028	Первый продукт, который записывает или читает JPEG AI по умолчанию	Первый нейросетевой формат, используемый за пределами одной компании
2027–2028	DirectX Linear Algebra в серийных драйверах; нейросетевые текстуры в большем числе игр и на мобильных устройствах	Нейросетевое декодирование в графике на GPU разных производителей
Постоянно	Бюджеты NPU в телефонах и ПК	При устойчивой производительности около 100 TOPS декодер класса DCVC-RT для 1080p30 занимал бы около пятой части NPU вместо половины анализ
Конец 2029	Версия 1 H.267	Начало цикла разработки микросхем для нейросетевых инструментов в массовом воспроизведении

ГЛАВА 13

13 ОТКРЫТЫЕ ВОПРОСЫ

Открытые вопросы

В этом отчёте есть несколько вопросов, на которые пока нет публичного ответа, и именно они кажутся мне самыми интересными технически.

Точность в масштабе. Насколько близко нейросетевой декодер может подойти к побитово точной, чисто целочисленной арифметике на NPU разных производителей, прежде чем потеряет большую часть своего преимущества в сжатии? Компромисс MLVC в шесть пунктов — одна точка данных; стандарту нужен общий ответ.

Сначала память, потом MAC. Во что обходится нейросетевая постобработка в трафике DRAM на пиксель, когда она работает на лету между аппаратным декодером и дисплеем, и насколько маленьким можно сделать её рабочий набор?

Цена нейросетевого инструмента в H.267. При скольких MAC и наноджоулях на пиксель нейросетевой внутрицикловой фильтр перестаёт окупать сэкономленные им биты в декодере 4K60?

Замкнутые системы помимо звонков. Какие ещё замкнутые системы — от облачного хранения фото и игрового стриминга до роботов и частных каналов доставки исходного видео — смогут перейти на сквозные нейросетевые кодеки до появления H.267?

Декодеры, которые генерируют. Когда декодер генерирует детали, а не восстанавливает их, как это уже делают видео-VAE, как следует измерять и задавать достоверность?

Эти направления мы можем исследовать вместе в ближайшие годы — через технический обмен и техническое сотрудничество: i@tanshuai.com.

Ограничения этого отчёта

Это кабинетное исследование по публичным документам, доступным до 12 ноября 2026 года. Для этой версии я не проводил первичных интервью и независимых измерений. Несколько ключевых чисел — утверждения поставщиков или авторов на их собственных тестовых наборах, например экономия битрейта у MLVC и коэффициенты нейросетевого сжатия текстур; они помечены соответствующим образом. Мои оценки вычислений для DCVC-RT складывают опубликованные авторами показатели по модулям и не учитывают потери от неполной загрузки, поэтому реальная нагрузка на NPU будет выше. Сравнение энергопотребления опирается на несколько опубликованных проектов на разных техпроцессах; производственные показатели декодеров VVC и AV2 закрыты. Сроки стандартов — собственные целевые сроки комитетов. Даты H.267 после 2029 года — мои оценки по истории AV1 и VVC.

Об авторе

Тан Шуай — технологический эксперт и основатель компаний; более двадцати лет он работает в области микросхем, аппаратного и системного программного обеспечения, у него 20 выданных патентов. За его плечами много лет НИОКР и руководства в fabless-разработке микросхем, включая полностью заказное проектирование трактов данных ASIC и проекты мультимедийных чипов для камер, например ускорителей видеокодеков, — это и есть оптика этого отчёта: энергия на пиксель, трафик памяти и то, что стандарт позволяет декодеру зафиксировать в кремнии. Его работа проходила в Кремниевой долине, Нью-Йорке, Чикаго, на Тайване, в районе Большого залива (Шэньчжэнь и Гонконг), во Вьетнаме и Малайзии. Сегодня он исследователь и разработчик в области ИИ.

Для технического обсуждения: i@tanshuai.com · tanshuai.com

Примечания и оговорка

Этот отчёт — независимое кабинетное исследование на основе публичных документов, доступных до 12 ноября 2026 года. Он предоставляется только для информации и не является инвестиционной, юридической или инженерной рекомендацией. Продукты, сроки стандартов, ставки патентных пулов и экспортные правила меняются; проверяйте всё, на что вы опираетесь, по первоисточнику. Показатели, помеченные данные компании, оценка или анализ, следует воспринимать именно так. Названия компаний и продуктов принадлежат их владельцам и используются только для идентификации; ни одна компания не проверяла и не спонсировала этот отчёт.

© 2026 Тан Шуай. Этот отчёт можно распространять без изменений с указанием авторства.

Источники

Все ссылки открывались с 3 по 12 ноября 2026 года. Источники сгруппированы по главам.

Трафик, устройства и охват

- Ericsson, *Mobility Report*, июнь 2026 года (видео — около 75 % мобильного трафика на конец 2025 года): https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/reports/june-2026 ; краткое изложение: https://telecomlead.com/5g/ericsson-mobility-report-2026-global-mobile-data-traffic-to-reach-515-eb-by-2031-as-india-leads-smartphone-data-consumption-126290
- IDC, мировые поставки смартфонов, 4-й квартал и весь 2025 год (1,26 млрд), 13 января 2026 года: https://www.idc.com/resource-center/press-releases/q425mobilephonetop5/
- TrendForce, прогноз поставок телевизоров на 2025 год (195,71 млн): https://iconnect007.com/article/146406/early-shipments-by-tv-brands-push-global-1h25-volume-up-2-but-raise-concerns-for-secondhalf-peak-season/146403/ein ; Omdia, прогноз по телевизорам на 2025 год (208,7 млн): https://iconnect007.com/article/145954/omdia-forecasts-flat-tv-shipments-in-2025-but-mini-led-poised-for-explosive-growth-at-829/145951/ein

Воспроизведение и стриминг

- Netflix Technology Blog, «AV1 — Now Powering 30% of Netflix Streaming», декабрь 2025 года: https://netflixtechblog.com/av1-now-powering-30-of-netflix-streaming-02f592242d80
- Netflix Technology Blog, «For your eyes only: improving Netflix video quality with neural networks», ноябрь 2022 года: https://netflixtechblog.com/for-your-eyes-only-improving-netflix-video-quality-with-neural-networks-5b8d032da09c
- AOMedia, AV2 Bitstream and Decoding Process Specification v1.0.0, 28 мая 2026 года: https://av2.aomedia.org/v1.0.0/index.html ; «AV2: What the Final Specification Means for Implementers»: https://aomedia.org/blog%20posts/AV2-What-the-Final-Specification-Means-for-Implementers/
- TV Technology, «YouTube to Commence AV2 Streaming in 2027» (доля AV1 в каталоге YouTube): https://www.tvtechnology.com/platform/streaming/youtube-to-commence-av2-streaming-in-2027
- Google Research, «The in-loop filtering pipeline in AV2», 2026: https://research.google/pubs/the-in-loop-filtering-pipeline-in-av2/
- Fraunhofer IIS, «The Future of Broadcast in Brazil» (коммерческая эксплуатация DTV+, июнь 2026 года): https://mpegh.com/brazil/ ; CartaCapital о приёмниках в телевизорах: https://www.cartacapital.com.br/?p=628337 ; Olhar Digital о VVC в TV 3.0: https://olhardigital.com.br/2026/05/01/pro/em-breve-a-tv-aberta-vai-mudar-no-brasil/
- 9to5Google, «YouTube adds AI-upscaled 'Super Resolution' for low-quality videos», 29 октября 2025 года: https://9to5google.com/2025/10/29/youtube-adds-ai-upscaled-super-resolution-for-low-quality-videos/
- Meta, «How Meta Deployed Super Resolution at Scale to Transform Video Quality», @Scale, 16 октября 2025 года: https://atscaleconference.com/how-meta-deployed-super-resolution-at-scale-to-transform-video-quality/
- Samsung, 8K TV highlights (NQ8 AI Gen3, 768 нейросетей): https://www.samsung.com/us/tvs/8k-tv/highlights/

Фотография и изображения

- Qualcomm, «Meet the Snapdragon 8 Gen 2 Super Cameras» (Cognitive ISP): https://www.qualcomm.com/news/onq/2023/07/meet-the-snapdragon-8-gen-2-super-cameras
- Chips&Media и Visionary.ai, полноценный ISP на основе ИИ, 5 января 2026 года: https://www.edge-ai-vision.com/2026/01/chipsmedia-and-visionary-ai-unveil-the-worlds-first-ai-based-full-image-signal-processor-redefining-the-future-of-image-quality/ ; интервью PetaPixel: https://petapixel.com/2026/01/18/a-look-at-the-worlds-first-full-ai-based-image-signal-processor
- Комитет JPEG, пресс-релиз 103-го заседания (выигрыш JPEG AI, сложность, реализации на смартфонах): https://jpeg.org/items/20240507_press.html
- G. J. Sullivan, введение в ISO/IEC JTC 1/SC 29, апрель 2026 года (статус JPEG AI; показатели ECM и NNVC): https://www.mpeg.org/introduction-to-iso-iec-jtc-1-sc-29-coding-of-audio-picture-multimedia-and-hypermedia-information-the-world-of-jpeg-and-mpeg/
- Рабочая группа IEEE 1857.11 (кодирование изображений на основе нейросетей): https://sagroups.ieee.org/fvc
- Chrome 155 и JPEG XL, 6 октября 2026 года: https://xenospectrum.com/en/chrome-155-jpeg-xl-rust/

Звонки и конференции

- Microsoft, «Satin: Microsoft's latest AI-powered audio codec for real-time communications», 17 февраля 2021 года: https://techcommunity.microsoft.com/t5/microsoft-teams-blog/satin-microsoft-s-latest-ai-powered-audio-codec-for-real-time/ba-p/2141382
- Microsoft, «Announcing the Open-Source Release of ML Video Codec (MLVC)», 24 июля 2026 года: https://techcommunity.microsoft.com/blog/linuxandopensourceblog/announcing-the-open-source-release-of-ml-video-codec-mlvc/4539875 ; код: https://github.com/microsoft/mlvc
- Streaming Learning Center, «Microsoft MLVC: Interoperability, Power Realities, and the Neural Compression Patent Landscape»: https://streaminglearningcenter.com/articles/microsoft_mlvc.html ; анализ iReplay: https://ireplay.tv/blog/mlvc-microsoft-neural-video-codec-open-source-streaming/

- Примечания к выпуску Opus 1.5: https://opus-codec.org/demo/opus-1.5 ; Opus 1.6: https://opus-codec.org/demo/opus-1.6
- Meta Engineering, «MLow: Meta's low bitrate audio codec», 13 июня 2024 года: https://engineering.fb.com/2024/06/13/web/mlow-metas-low-bitrate-audio-codec/
- Microsoft, Copilot+ PCs (NPU от 40 TOPS): https://www.microsoft.com/en-us/windows/copilot-plus-pcs ; Apple, анонс M4 (Neural Engine на 38 TOPS): https://www.apple.com/newsroom/2024/05/apple-introduces-m4-chip/

Генеративный ИИ

- Kyutai, карточка модели Mimi (12,5 Гц, 1,1 кбит/с): https://huggingface.co/kyutai/mimi
- Lightricks, «LTX-Video: Realtime Video Latent Diffusion» (видео-VAE 1:192): https://arxiv.org/abs/2501.00103
- Пресс-релиз 153-го заседания MPEG (Video Coding for Machines на стадии DIS): https://www.mpeg.org/wp-content/uploads/2026/03/press_release_153.pdf

Игры и графика

- NVIDIA, распространение DLSS 4: запуск и Computex 2025 (75 и 125+): https://www.nvidia.com/en-us/geforce/news/125-dlss-4-multi-frame-gen-games-more-announced-computex-2025/ ; Gamescom 2025 (175+): https://www.nvidia.com/en-us/geforce/news/gamescom-2025-dlss-4-full-ray-tracing-game-announcements/ ; CES 2026 (250+, DLSS 4.5): https://www.nvidia.com/en-us/geforce/news/dlss-4-rtx-path-tracing-game-announcements-ces-2026/
- Ubisoft La Forge, «Shipping Neural Texture Compression in Assassin's Creed Mirage», февраль 2026 года: https://www.ubisoft.com/en-us/studio/laforge/news/415slmB3ZGzv8d2LhO9QT/shipping-neural-texture-compression-in-assassins-creed-mirage
- TweakTown о демонстрации нейросетевых текстур NVIDIA на GTC 2026 (с 6,5 ГБ до 970 МБ): https://www.tweaktown.com/news/110886/nvidias-neural-texture-compression-cuts-vram-usage-from-6-5gb-down-to-970mb/index.html
- Блог Microsoft DirectX, релиз Shader Model 6.9, 26 февраля 2026 года: https://devblogs.microsoft.com/directx/shader-model-6-9-retail-and-more/ ; о cooperative vector: https://devblogs.microsoft.com/directx/shader-model-6-9-and-the-future-of-cooperative-vector/ ; планы на GDC 2026: https://windowsreport.com/microsoft-showcases-neural-rendering-and-dxr-2-0-plans-for-directx-at-gdc-2026/

Специализированные каналы

- Global Trade Alert об Объявлении Китая № 49 за 2026 год: https://globaltradealert.org/intervention/161396-china-government-revises-export-controls-on-drone-related-items ; DroneXL: https://dronexl.co/2026/10/19/china-drone-export-controls-motors-props-november-18/ ; Army Recognition (пороговые значения для беспилотных наземных платформ): https://www.armyrecognition.com/news/army-news/2026/china-tightens-drone-export-controls-raising-supply-chain-risks-for-the-us-europe-and-ukraine
- DroneLife, FCC вносит дроны и компоненты иностранного производства в Covered List, 22 декабря 2025 года: https://dronelife.com/2025/12/22/fcc-adds-foreign-made-drones-and-components-to-covered-list-citing-national-security-risks/

Микросхемы

- M. Tikekar et al., «A 249-Mpixel/s HEVC Video-Decoder Chip for 4K Ultra-HD Applications», IEEE JSSC 2014: https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/93876 ; страница чипа на сайте MIT (78 мВт при 4K30): https://eecsg.mit.edu/chips/hevc-video-decoder-for-4k-ultra-hd-applications/
- S. Zhang et al., NVCA, DATE 2024: https://arxiv.org/abs/2312.10716
- Electronic Design, «Why Traditional VVC Will Outlive the Neural-Codec Hype on Silicon», 2026: https://www.electronicdesign.com/home/article/55414955/why-traditional-vvc-will-outlive-the-neural-codec-hype-on-silicon
- Z. Jia et al., «Towards Practical Real-Time Neural Video Compression» (DCVC-RT), CVPR 2025: https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2025/html/Jia_Towards_Practical_Real-Time_Neural_Video_Compression_CVPR_2025_paper.html ; дополнительные материалы (сложность по модулям): https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2025/supplemental/Jia_Towards_Practical_Real-Time_CVPR_2025_supplemental.pdf
- NNVC и библиотека целочисленного инференса SADL: https://arxiv.org/abs/2309.05846
- Tencent Canghai V2, 27 мая 2026 года (Shanghai Securities News через 10jqka): https://stock.10jqka.com.cn/20260527/c677016020.shtml ; обзор возможностей: https://www.besthub.dev/articles/tencent-s-canghai-v2-chip-enters-mass-production-what-the-new-capabilities-mean-for-video-encoding-bcfc18dbfa29
- Chips&Media, IP декодера AV2, 12 мая 2026 года: https://www.design-reuse.com/news/202530501-chips-media-completes-development-of-next-gen-av2-hw-decoder-ip/ ; лицензия на AV2, 17 июня 2026 года: https://www.edge-ai-vision.com/?p=58270
- Allegro DVT, IP декодера AV2, 16 июня 2026 года: https://www.edge-ai-vision.com/2026/06/allegro-dvts-pulsar-decoder-ip-adds-support-for-av2-video-codec/
- VeriSilicon, VC9800D с AV2, 10 июня 2026 года: https://www.businesswirechina.com/en/news/63176.html

Стандарты и патенты

- Пресс-релиз 155-го заседания MPEG (совместный запрос предложений по технологиям после VVC), 5 августа 2026 года: https://www.mpeg.org/wp-content/uploads/2026/08/ag3w254SN26474Press-Release-MPEG155.pdf
- Пресс-релиз 152-го заседания MPEG (результаты запроса свидетельств; редакции VVC и VSEI), 30 октября 2025 года: https://www.mpeg.org/wp-content/uploads/2025/11/Press-Release-MPEG152.pdf ; колонка о MPEG в ACM SIGMM: https://records.sigmm.org/2025/12/09/mpeg-column-152nd-mpeg-meeting/

- Streaming Media, «AI Helps InterDigital Reach Beyond VVC in Race to Develop Next-Gen Codec»: https://www.streamingmedia.com/Articles/News/Online-Video-News/AI-Helps-InterDigital-Reach-Beyond-VVC-in-Race-to-Develop-Next-Gen-Codec-171971.aspx
- GreyB, патентный ландшафт технологий после VVC (H.267): https://greyb.com/blog/exclusive-video-codec-landscape/ ; о лицензировании AV2 и продаже портфеля Alibaba: https://greyb.com/blog/av2-licensing/
- MLex, «Fragmented codec licensing exposes need for clearer rules for Chinese tech majors», 27 марта 2026 года: https://www.mlex.com/mlex/articles/2458402/fragmented-codec-licensing-exposes-need-for-clearer-rules-for-chinese-tech-majors
- Access Advance, ставки роялти MCBA и VVC Advance на 1 июля 2026 года: https://accessadvance.com/wp-content/uploads/2025/07/MCBA-Program-Overview-September-2026.pdf

Деньги и компании

- InterDigital покупает Deep Render, 30 октября 2025 года: https://www.advanced-television.com/2025/10/30/interdigital-acquires-deep-render
- TechCrunch, «Apple acquired a startup using AI to compress videos», 27 марта 2023 года: https://techcrunch.com/2023/03/27/apple-acquired-a-startup-using-ai-to-compress-videos
- Neowin, «Sony acquires AI video startup iSIZE», ноябрь 2023 года: https://www.neowin.net/news/sony-acquires-ai-video-startup-isize-to-enhance-playstation-streaming/

ОБУЧАЕМОЕ СЖАТИЕ · ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ × МИКРОСХЕМЫ

Нейросетевое кодирование в 2026 году

В продуктах оно работает вокруг кодека, а не вместо него

У каждого ключевого числа в этом отчёте указаны источник и дата. Если число выводит сам автор, оно помечено как «оценка»; если его сообщает только продавец — как «данные компании».

Тан Шуай

Технологический эксперт и основатель компаний · исследователь и разработчик в области ИИ

tanshuai.com · i@tanshuai.com

ОТКРЫТАЯ ВЕРСИЯ · Данные на 12 ноября 2026 года