

Стадии конвейера

СТАДИЯ	ЧТО ДЕЛАЕТ	ЗАДЕРЖКА
1. Захват	Микрофон -> отсчёты 48 kHz (getUserMedia)	~10-20 мс
2. High-pass filter	Убрать низкий гул ниже речи	вкл.
3. AEC3	Акустич. эхоподавление (по эталону)	вкл.
4. Шумоподавление	Ослабить устойчивый фоновый шум	вкл.
5. AGC2	Привести каждый голос к ровному уровню	вкл.
6. Кодир. Opus	Сжать фреймы 20 мс (RFC 6716)	~20 мс
7. Упаковка RTP	Заголовок (seq/ts/SSRC) + шифр SRTP	~1 мс
8. Сеть	Задержка, перестановка, потери, jitter	~10-150 мс
9. NetEQ	Адапт. буфер джиттера + сокрытие потерь	~20-100 мс
10. Декод. Opus	Фрейм -> сырые отсчёты	вкл.
11. Вывод	Отсчёты -> динамик / наушники	~10-30 мс

Очистка захвата идёт в **ФИКСИРОВАННОМ** порядке: *High-pass filter -> AEC3 -> Шумоподавление -> AGC2*.

Шесть операций NetEQ

Normal	пакет есть, буфер в норме -> чистый звук
Acceleration	буфер переполнен -> играть чуть быстрее
Preemptive exp.	буфер пуст -> играть чуть медленнее
Expand	пакет опоздал/потерян -> выдумать звук (PLC)
Merge	реальный пакет после PLC -> сшить вместе
Comfort noise	говорящий молчит (DTX) -> мягкий шум

Запомнить

- ☐ Цель — задержка ото рта до уха ниже ~200 мс (ITU-T G.114); метьте в ~70-120 мс.
- ☐ Opus FEC встраивает низкобитрейтную копию прошлого фрейма, чтобы пережить потери.
- ☐ Opus DTX срезает трафик молчащего на ~85-90% дескрипторами тишины.
- ☐ Сеть и буфер джиттера — самые большие и наименее контролируемые члены.
- ☐ Наушники побеждают эхо; настраивайте AEC3 на день, когда их не наденут.