

Hybrid ABR — крутилки и ловушки

Четыре крутилки, три алгоритма, четыре режима отказа — рабочий справочник по гибридному ABR.

1. Четыре крутилки

λ_s (перекл.)	Штраф на kbps изменения качества. Дефолт 1.0 (MPC). Production: 0.5 – 3.0. Выше = плавнее, ниже средний битрейт.
λ_r (ребуф.)	Штраф на секунду остановки. Дефолт 4.3 (MPC). Production: 5 – 10. Всегда $\gg \lambda_s$ — ребуф. худший QoE-эвент.
Горизонт N	Сегментов вперёд. Дефолт 5 (~20 с при сегментах 4 с). Меньше N для low-latency; больше — только при очень точном предикторе.
Предиктор	Прогноз пропускной способности. База: гармоника, K=20 (Festive). Апгрейды: HMM CS2P, потоково-осознанный Kairos.

2. Дефолты по сценариям

Сценарий	λ_s	λ_r	N	Предиктор
Premium VoD, оптика	1.0	5.0	5	гармоника, K=20
Mobile-first OTT	1.5	8.0	4	HMM CS2P или гармоника
Live, classic latency	2.0	10.0	3	гармоника, K=10

3. Где гибрид побеждает

- Premium VoD на residential — rebuffer ratio под 0.4% на premium-сервисах.
- Предсказуемые сети (оптика, fixed wireless) — кластеризация и HMM CS2P процветают.
- Апп с контролем переключений — λ_s режет видимые смены в 2-5x при том же битрейте.
- Per-title / per-shot лесенки — чистая поверхность полезности для оптимизатора.

4. Именованные алгоритмы

Festive (2012)	Гармонический оценщик, счётчик стабильности, рандомизация запросов. Справедливость между плеерами. Jiang, Sekar, Zhang, CoNEXT. QoE = качество — λ_s ·перекл. — λ_r ·ребуф. на горизонте N. FastMPC vs RobustMPC. Yin, Jindal, Sekar, Sinopoli, SIGCOMM.
MPC (2015)	Кластеризация сессий + HMM-предиктор. Ошибка прогноза ниже на 40-50%. В паре с MPC даёт +14% QoE. Sun et al., SIGCOMM.
CS2P (2016)	MPC с потоково-осознанным предиктором, моделирующим связку буфер-throughput. Текущий state of the art.
Kairos (2025)	

5. Четыре режима отказа

Плохой предиктор	5G, публичный Wi-Fi, спутник ломают точечный прогноз. Фикс: RobustMPC, CS2P или Kairos.
Стоимость компьютера	M^N кандидатов на сегмент болезненны на слабых устройствах. Фикс: предвычисленная lookup-таблица.
Ад настройки	Три веса, горизонт, параметры предиктора. Фикс: ставить дефолты, A/B at scale, тюнинг потом.
Low-latency	Буфер под 3 с не оставляет горизонта. Фикс: перейти на L2A или LoL+ для LL-HLS / LL-DASH.

6. Чего избегать

- Тюнить λ_s / λ_r без замера rebuffer + переключений + среднего битрейта вместе.
- Доверять точечному прогнозу пропускной способности без fallback на хвостах ошибок.
- Брать горизонт N > 5 — длинные горизонты усиливают ошибку прогноза.
- Отключать счётчик стабильности Festive ради «отзывчивости».
- Бенчмарковать на стабильной проводной трассе — выигрыш гибрида проявляется на дисперсии.