



ABR на пальцах

Ольга Попова,
Разработчик интерфейсов,
Яндекс.Дзен



Обо мне

- › 2 года занимаюсь разработкой web-плеера Яндекса

КиноПоиск

Яндекс ✨ Дзен

- › Окончила НИЯУ МИФИ



Дисклеймер

В данном докладе может присутствовать web-специфичная информация об особенностях работы браузеров и их API.

Однако концепции, изложенные в нём, являются общими для всех платформ.



Содержание

01 Какую проблему мы решаем?

02 О чем мы говорим, когда говорим о качестве?

03 Что такое ABR?

04 Стратегия 1: выбор качества по пропускной способности сети

05 Стратегия 2: выбор качества по степени наполненности буфера

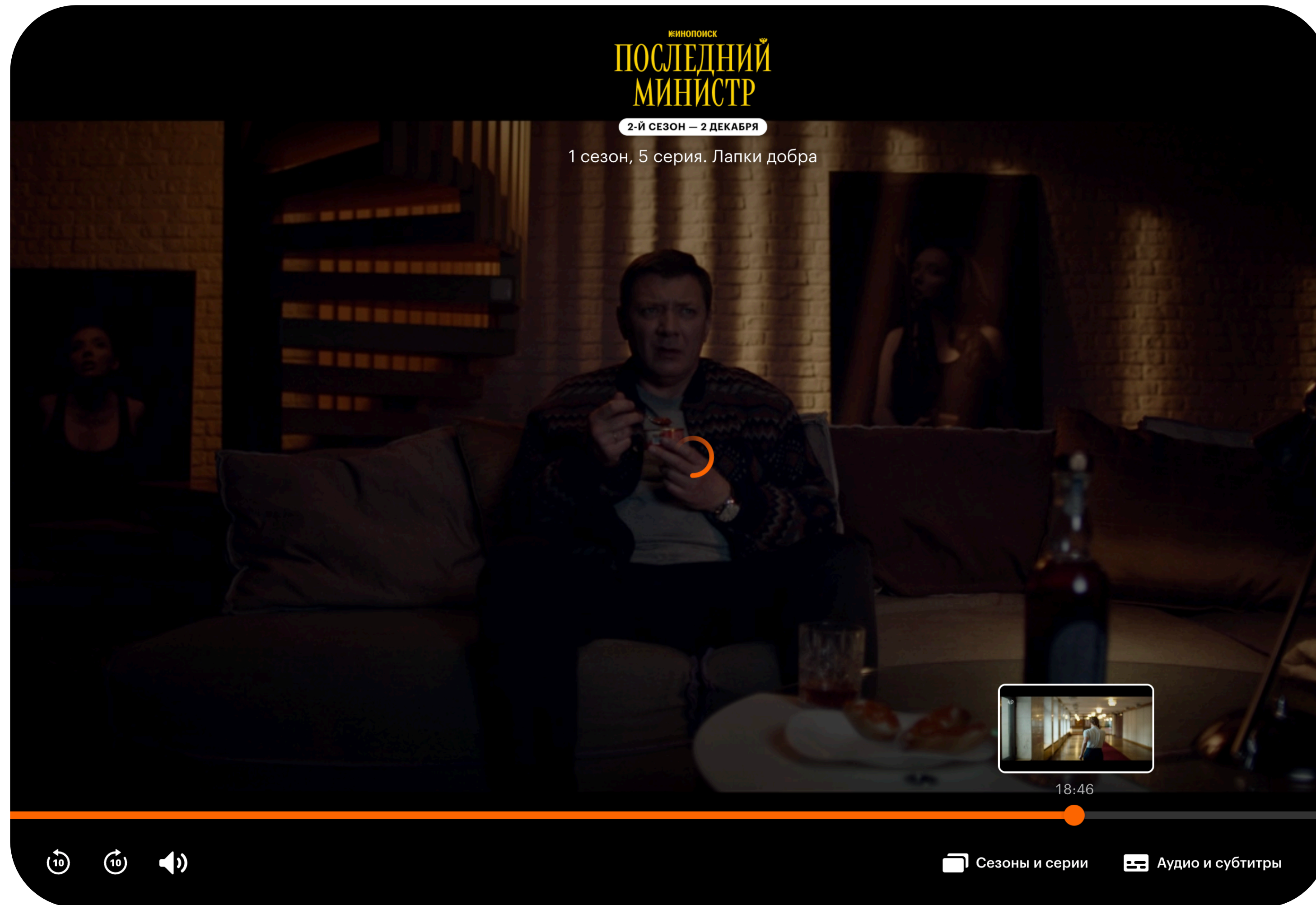
06 Гибридная стратегия

07 Дополнительные эвристики

01

**Какую проблему мы
решаем?**

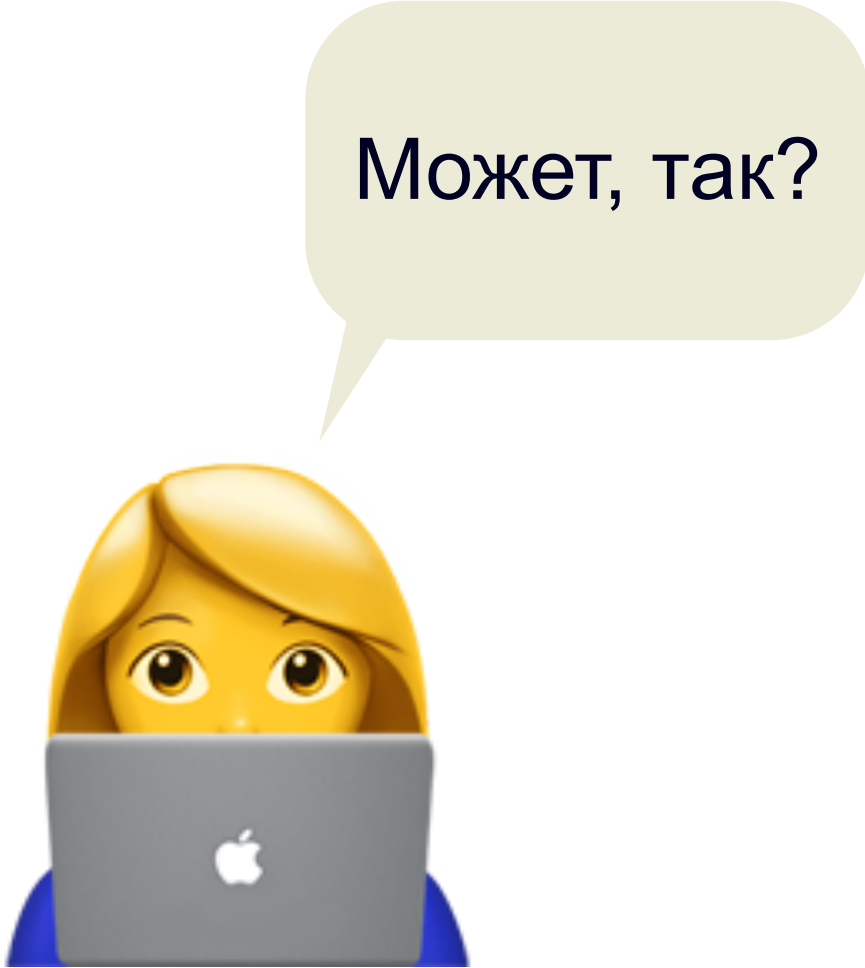
Какую проблему мы решаем?



Возможное решение



Возможное решение



Но так намного лучше



Дилемма



Качество



Минимум событий
буферизации



02

**О чем мы говорим, когда
говорим о качестве?**

QoE - Quality of experience

Quality of experience - некоторая метрика удовольствия или раздражения клиента от сервиса.

(Wikipedia)

QoE - Quality of experience

Quality of experience - некоторая метрика удовольствия или раздражения клиента от сервиса.

(Wikipedia)



QoE - Quality of experience

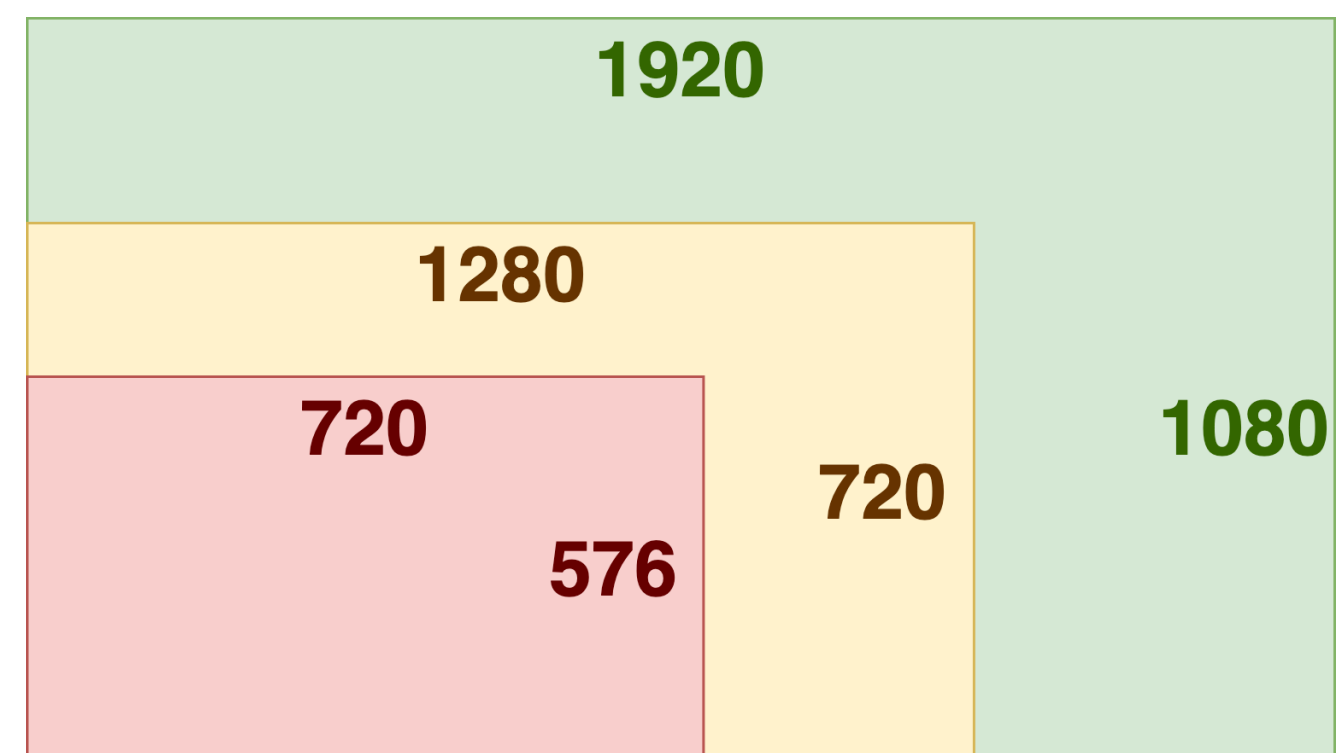
Quality of experience - некоторая метрика удовольствия или раздражения клиента от сервиса.

(Wikipedia)



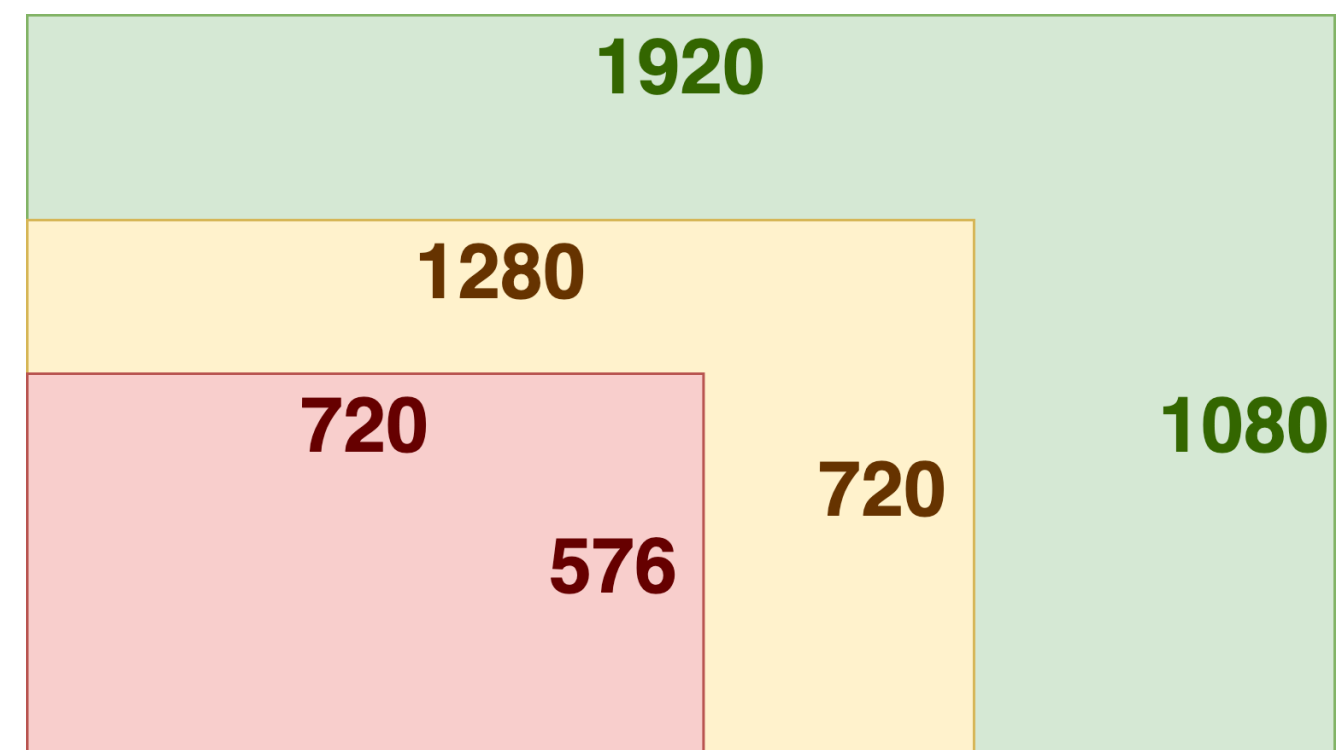
О чем мы говорим, когда говорим о качестве?

Площадь кадров



О чем мы говорим, когда говорим о качестве?

Площадь кадров

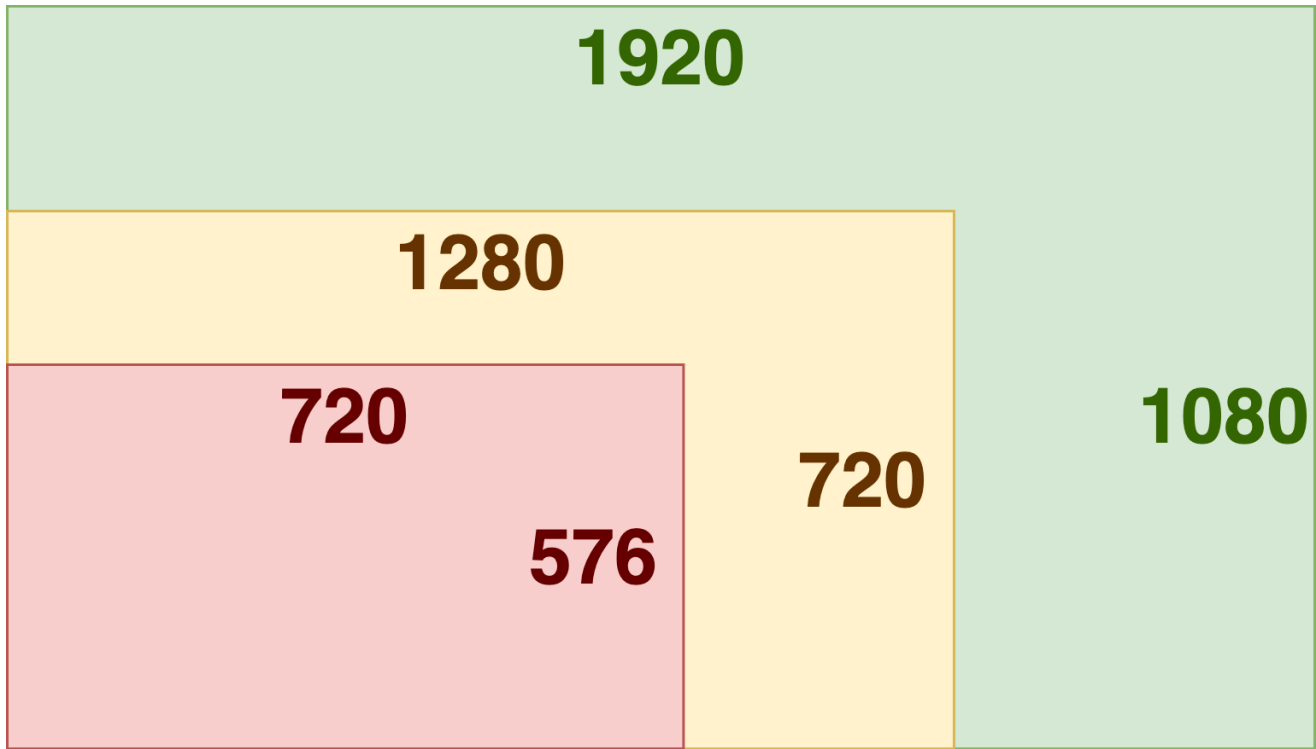


Качество кодирования

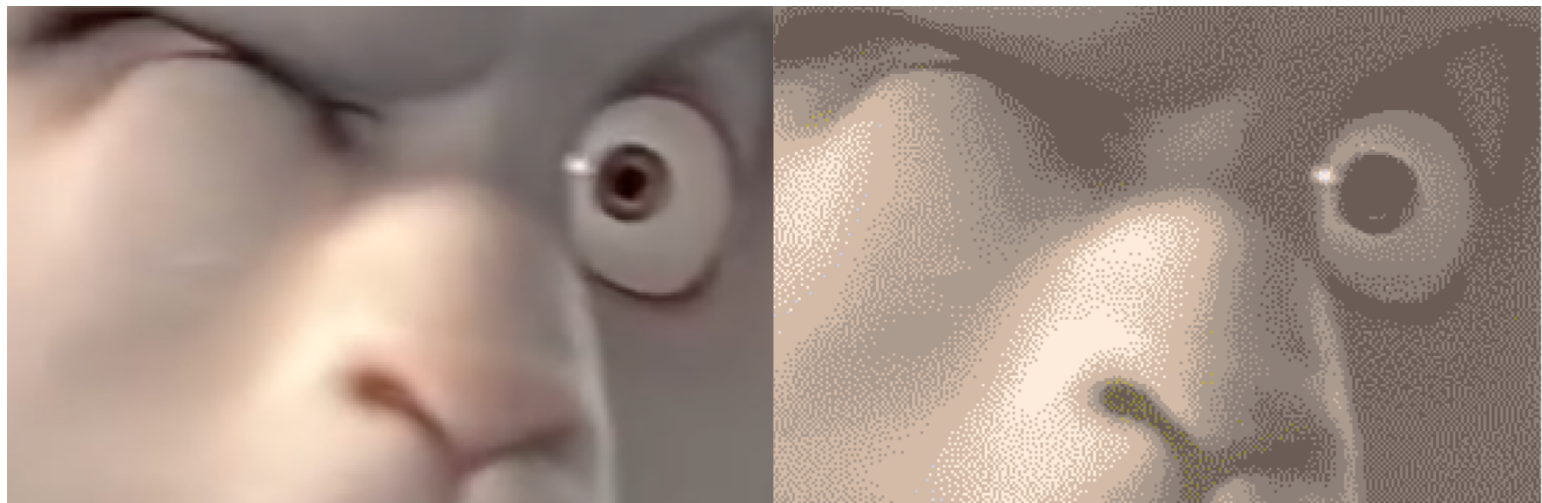


О чем мы говорим, когда говорим о качестве?

Площадь кадров



Качество кодирования



Частота кадров



**Что может помешать
показать лучшее
качество?**

Что может помешать показать лучшее качество?

Широкий спектр устройств

- > TV
- > Настольные компьютеры
- > Планшеты
- > Телефоны
- > ...

Что может помешать показать лучшее качество?

Широкий спектр устройств

- > TV
- > Настольные компьютеры
- > Планшеты
- > Телефоны
- > ...

Различные подключения к Интернету

- > Сотовые технологии
- > Wi-Fi
- > Кабельное подключение
- > ...

03

Adaptive bitrate (ABR)

Adaptive bitrate (ABR)

Видео



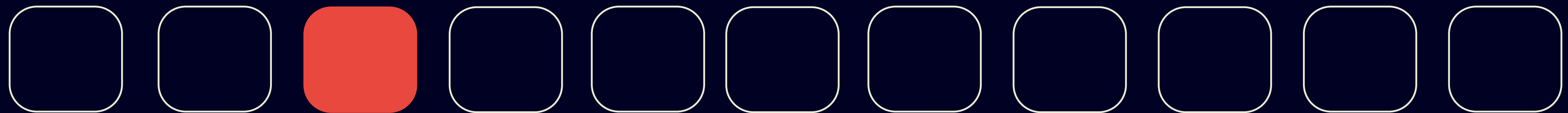
Adaptive bitrate (ABR)

Видео



Сегмент

Adaptive bitrate (ABR)



Сегмент
Чанк

Adaptive bitrate (ABR)

Оригинальная
видео-дорожка



Эта же видео-дорожка,
закодированная с разной
высотой кадра



Adaptive bitrate (ABR)





Что мы уже знаем?



01

Какую проблему мы решаем?

05

Стратегия 2: выбор качества по степени наполненности буфера



02

О чем мы говорим, когда говорим о качестве?

06

Гибридная стратегия



03

Что такое ABR?

07

Дополнительные эвристики

04

Стратегия 1: выбор качества по пропускной способности сети

04

Стратегия 1:

**менять качество в зависимости
от сети пользователя**

**Как померить сеть у
пользователя?**

Network Information API

```
> navigator.connection
```

```
< {  
  downlink: 0.4  
  effectiveType: "2g"  
  onchange: null  
  rtt: 2200  
}
```

```
navigator.connection.addEventListener('change', ...);
```

Network Information API

Network Information API - UNOFF

Usage

% of ?

Global

41.23% + 32.51% = 73.73%

The Network Information API enables web applications to access information about the network connection in use by the device. Accessed via `navigator.connection`

Current aligned

Usage relative

Date relative

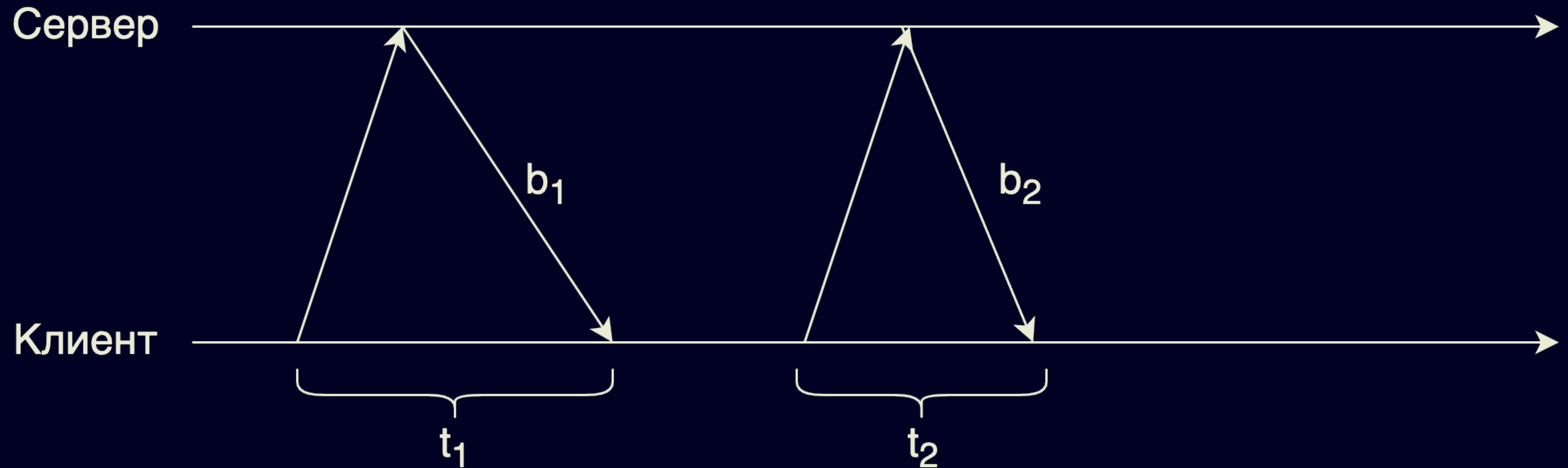
Filtered

All



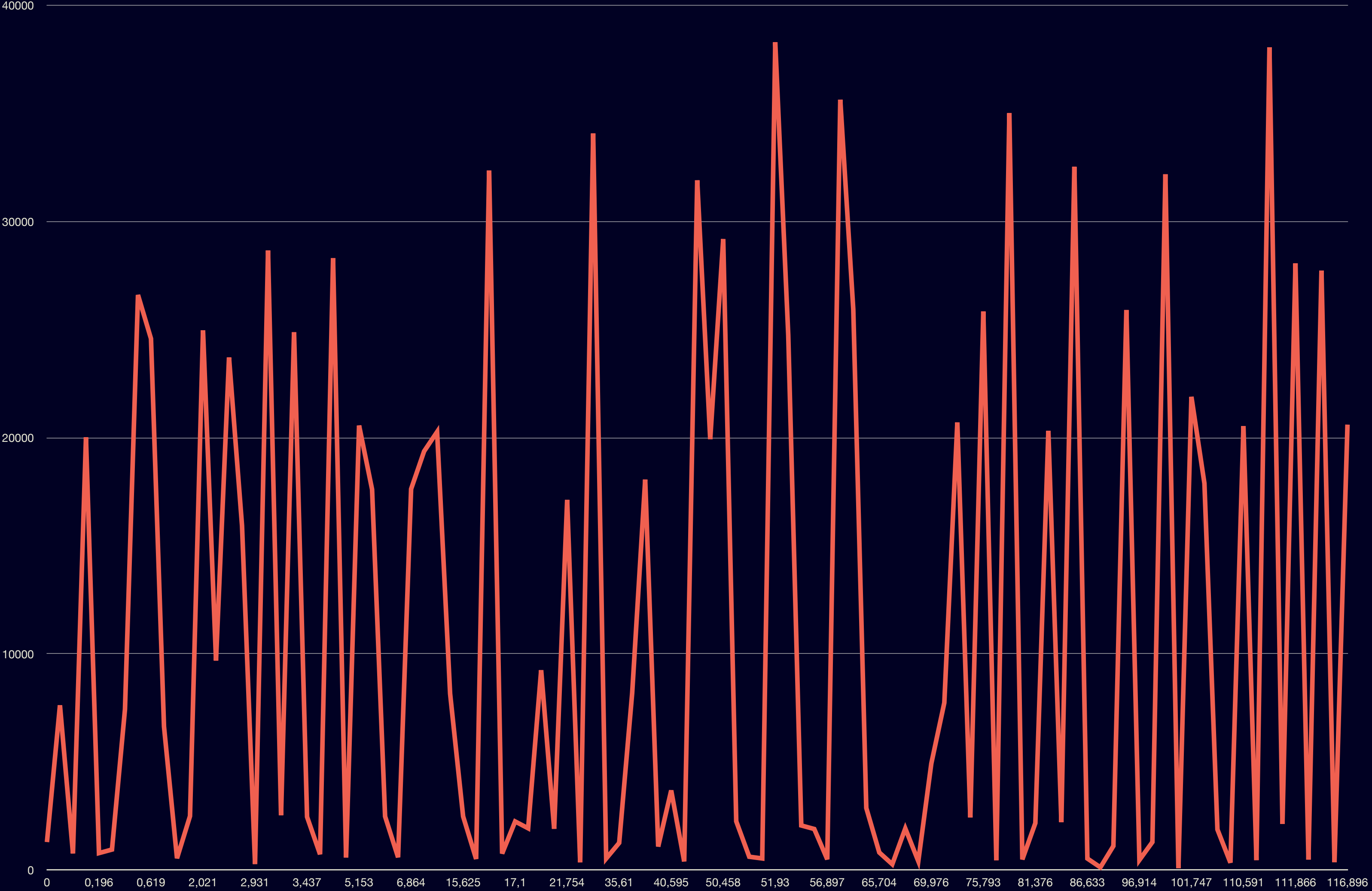
IE	Edge *	Firefox	Chrome	Safari	Opera	Safari on iOS *	Opera Mini *	Android Browser *	Opera Mobile *	Chrome for Android
								2.1		
	12-18		4-60		10-47			¹ 2.2-4.3		
6-10	⁴ 79-93	2-92	⁴ 61-93	3.1-14.1	⁴ 48-79	3.2-14.8		4.4-4.4.4	12-12.1	
11	⁴ 94	93	⁴ 94	15	⁴ 80	15	all	94	64	94
		94-95	⁴ 95-97	TP						

Скачать кусочек информации



$$c_1 = \frac{b_1}{t_1}$$

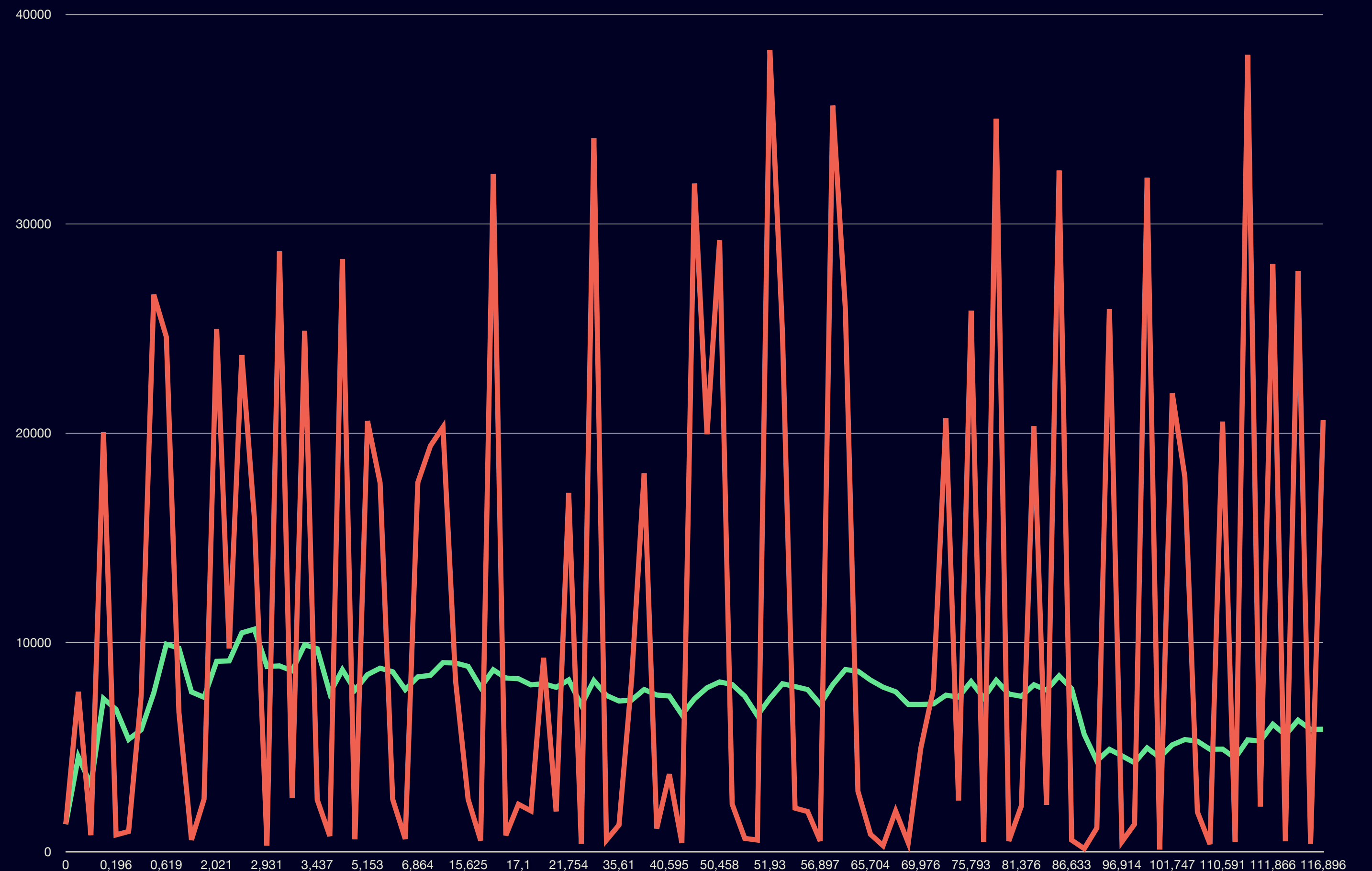
Пример 1ой сессии



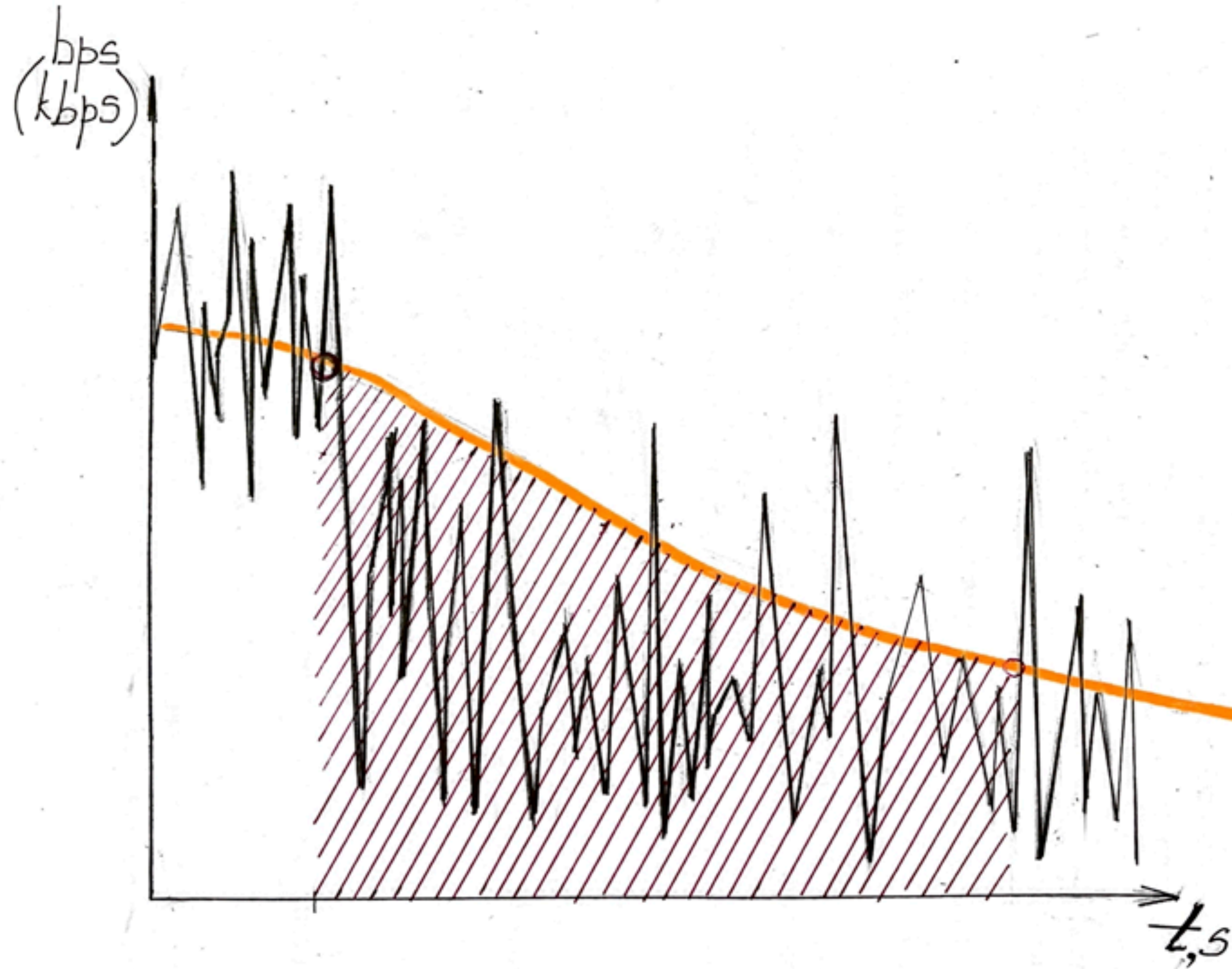
EWMA

Экспоненциальная взвешенная скользящая средняя (Exponentially Weighted Moving Average - EWMA)

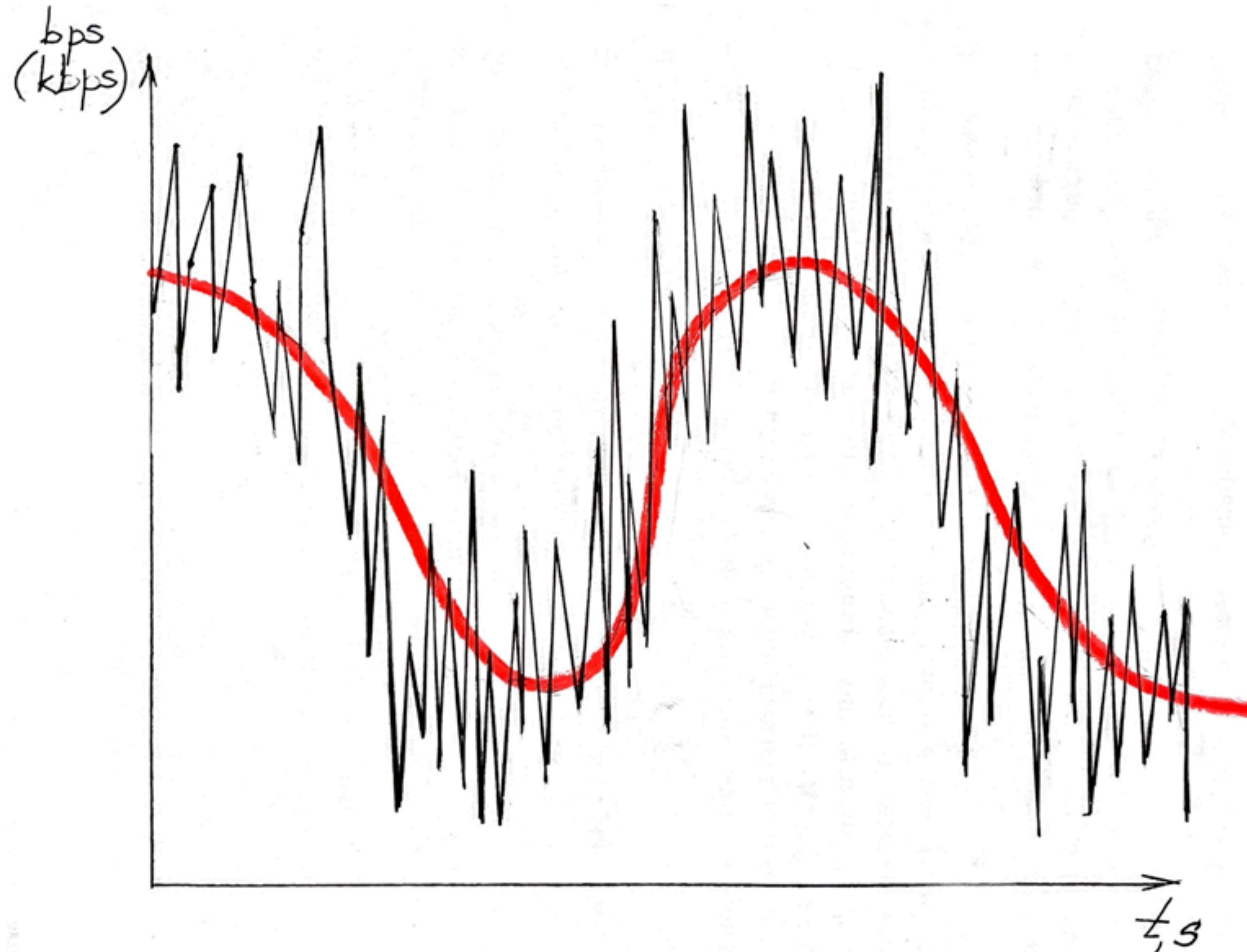
$$EMA_t = \alpha p_t + (1 - \alpha)EMA_{t-1}$$



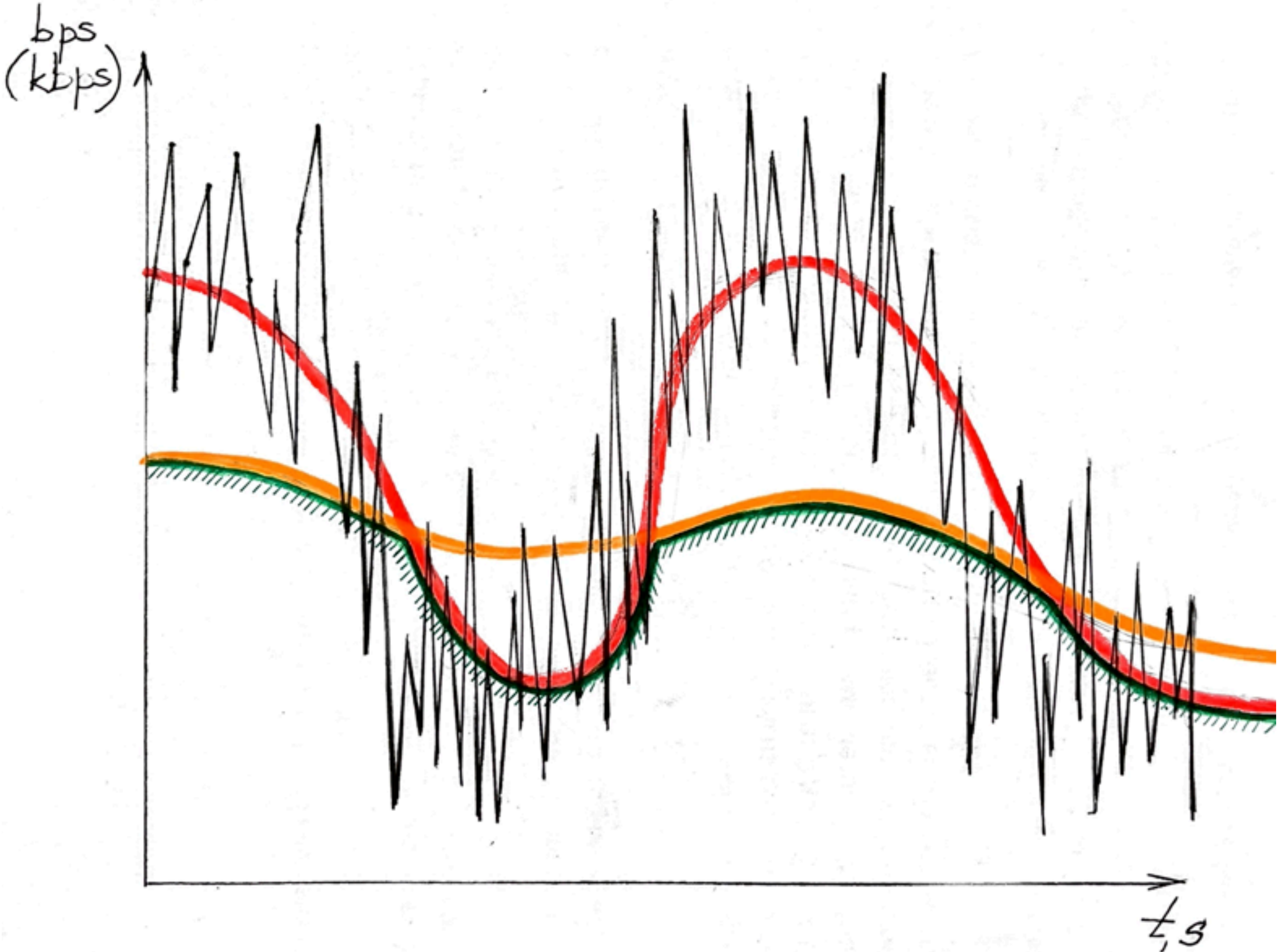
Ситуация 1: резкое падение скорости сети



Ситуация 2: периодические колебания сети



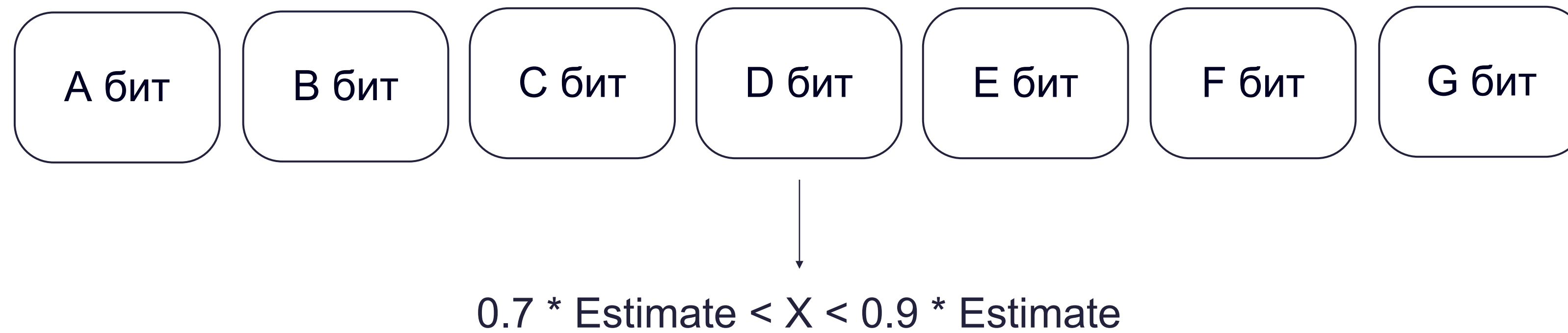
Решение: 2 скользящие средние



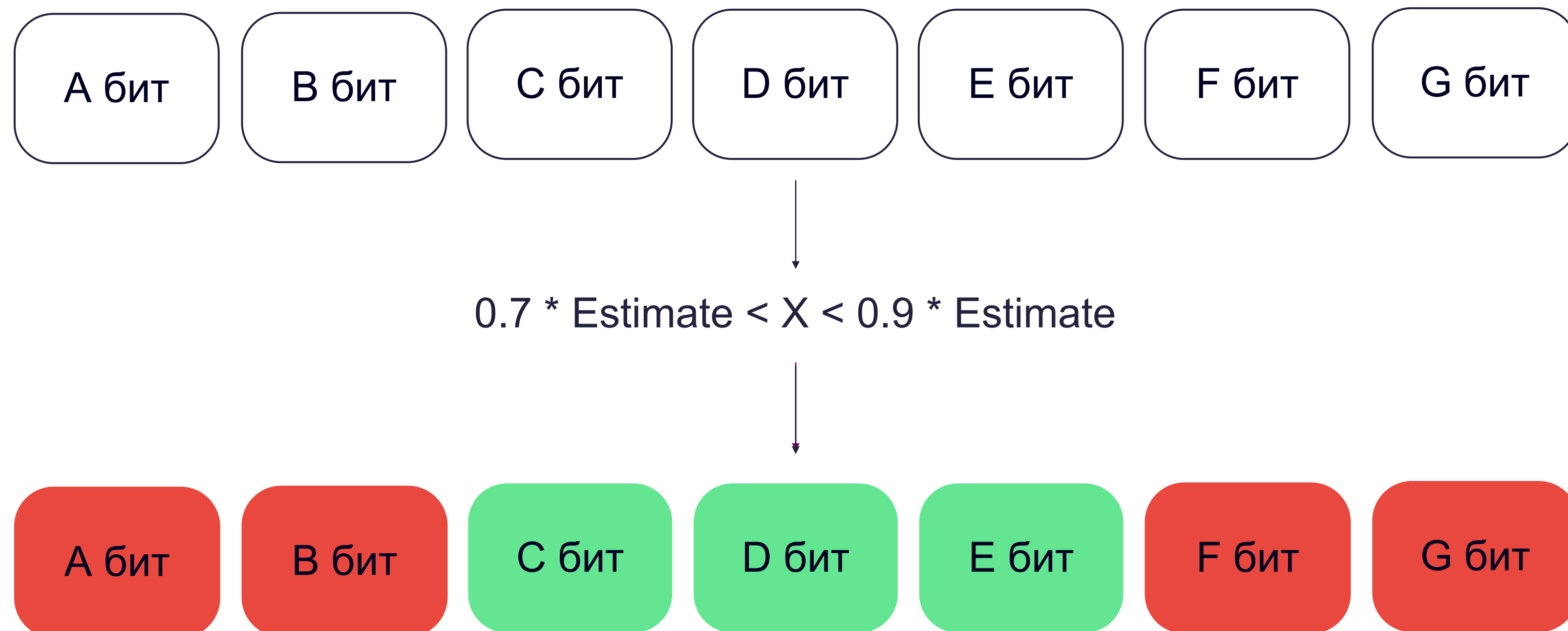
От оценки пропускной способности сети к выбору качества



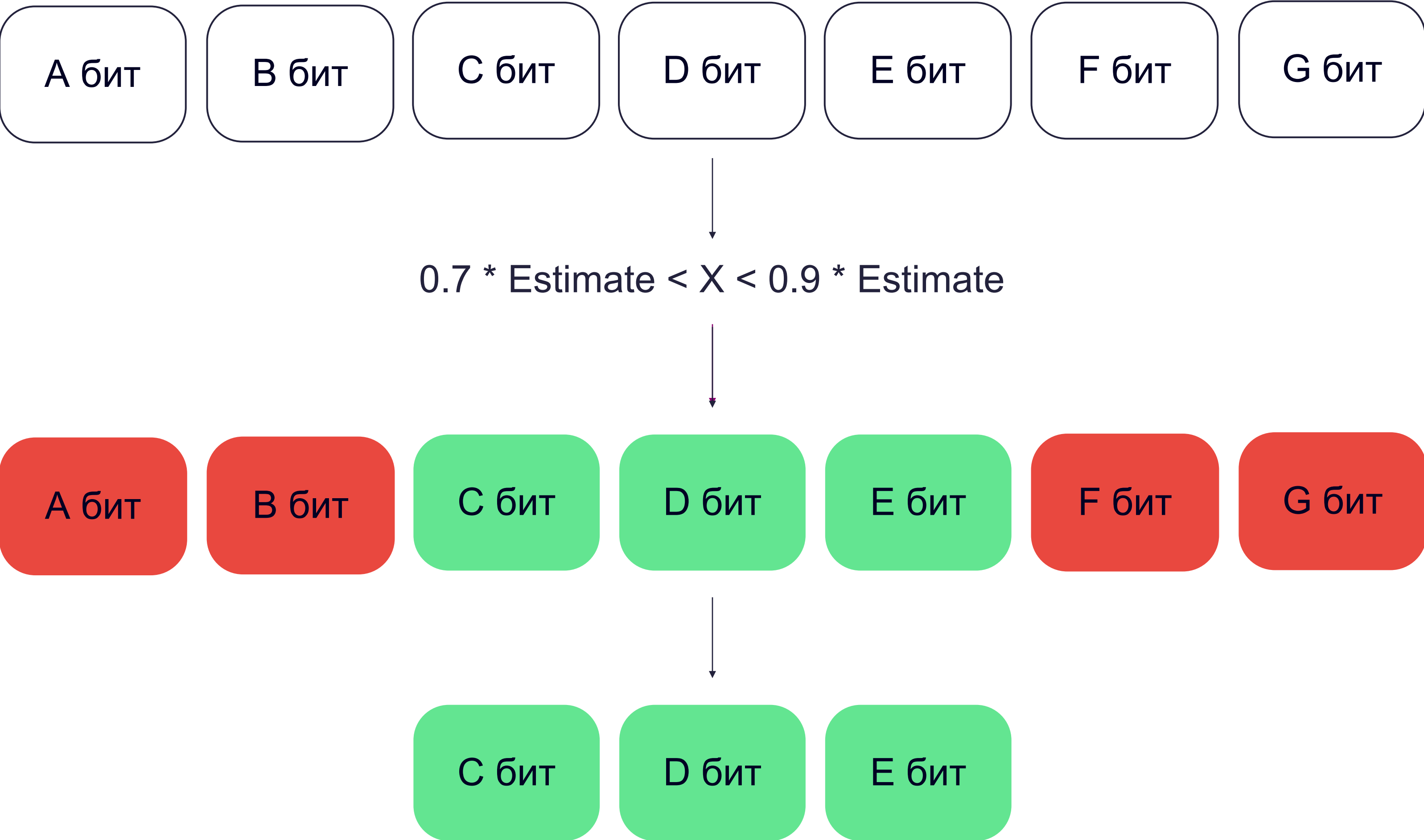
От оценки пропускной способности сети к выбору качества



От оценки пропускной способности сети к выбору качества



От оценки пропускной способности сети к выбору качества



Преимущества и недостатки bandwidth-based подхода

👍 простота

👍 реакция на изменение сети практически в моменте

Преимущества и недостатки bandwidth-based подхода

👍 простота

👍 реакция на изменение сети практически в моменте

👎 ограничения, когда несколько клиентов конкурируют за доступную пропускную способность

👎 отсутствие надежных методов оценки пропускной способности, что приводит к частому опустошению буфера



Что мы уже знаем?



01

Какую проблему мы решаем?

05

Стратегия 2: выбор качества по степени наполненности буфера



02

О чем мы говорим, когда говорим о качестве?

06

Гибридная стратегия



03

Что такое ABR?

07

Дополнительные эвристики



04

Стратегия 1: выбор качества по пропускной способности сети

05

Стратегия 2:

**менять качество в зависимости
степени наполнения буфера**

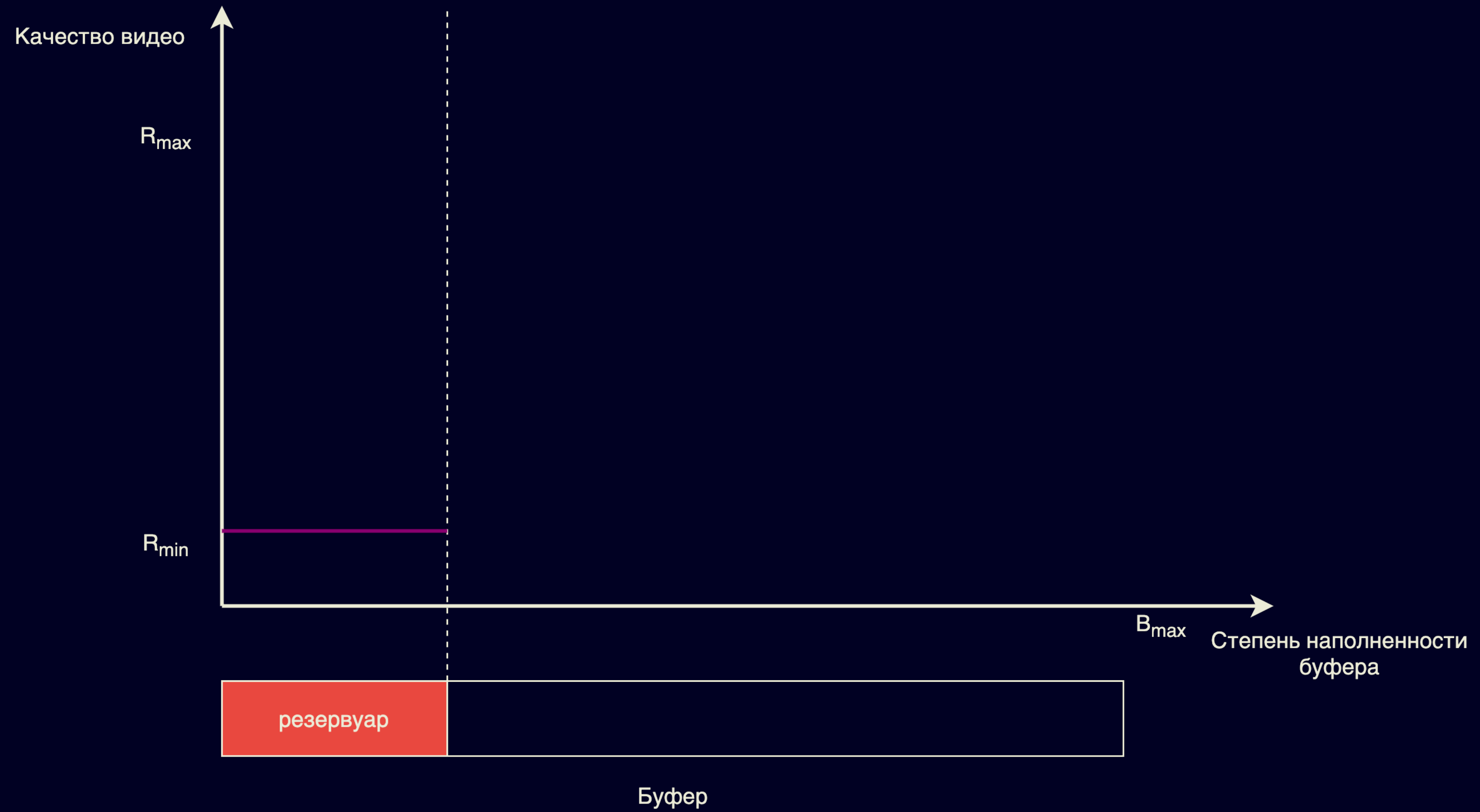
BBA0

Te-Yuan Huang, Ramesh Johari, Nick McKeown, Matthew Trunnell, and Mark Watson. A buffer-based approach to rate adaptation: Evidence from a large video streaming service. *ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev.* 44, 4 (2015)

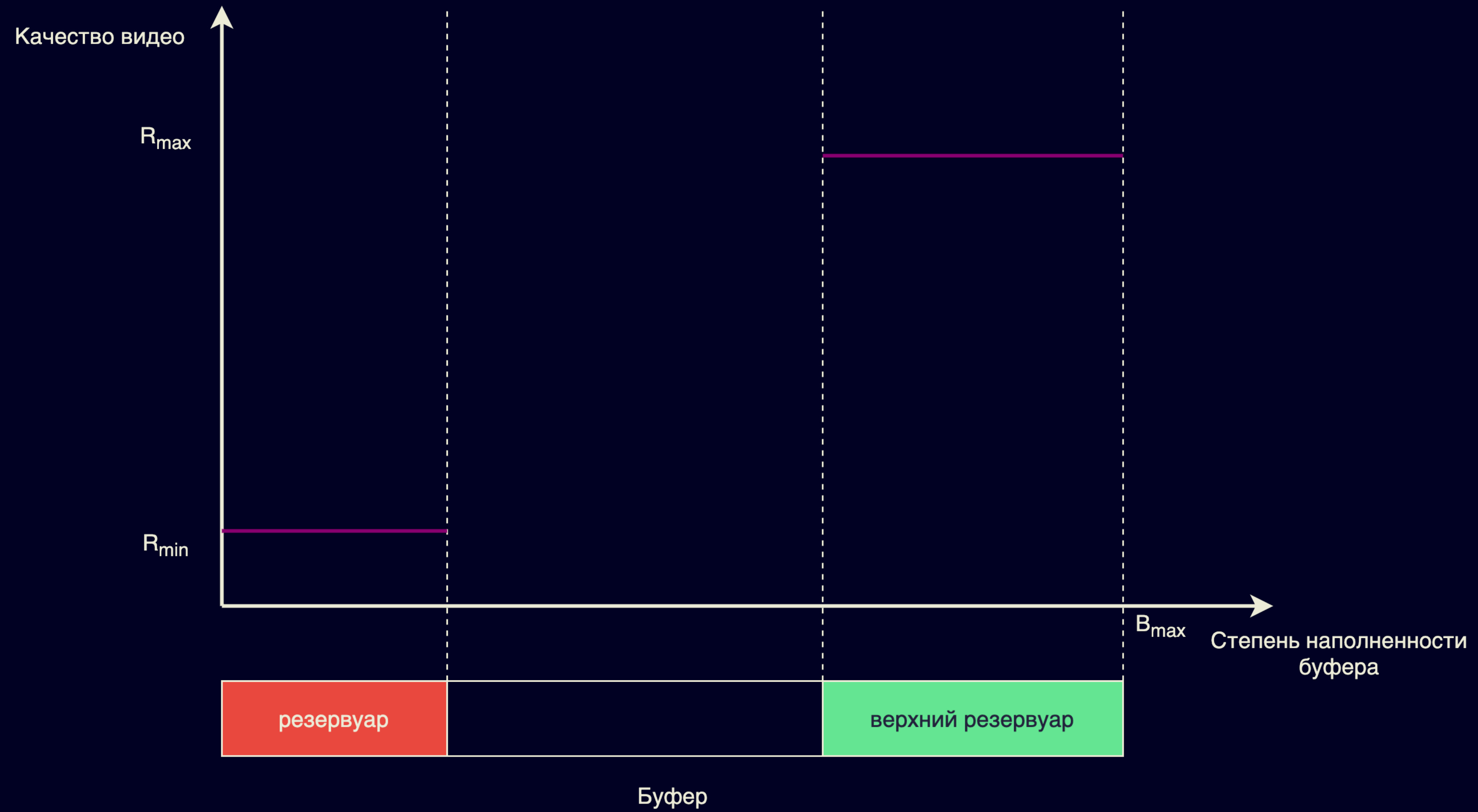
VBAO



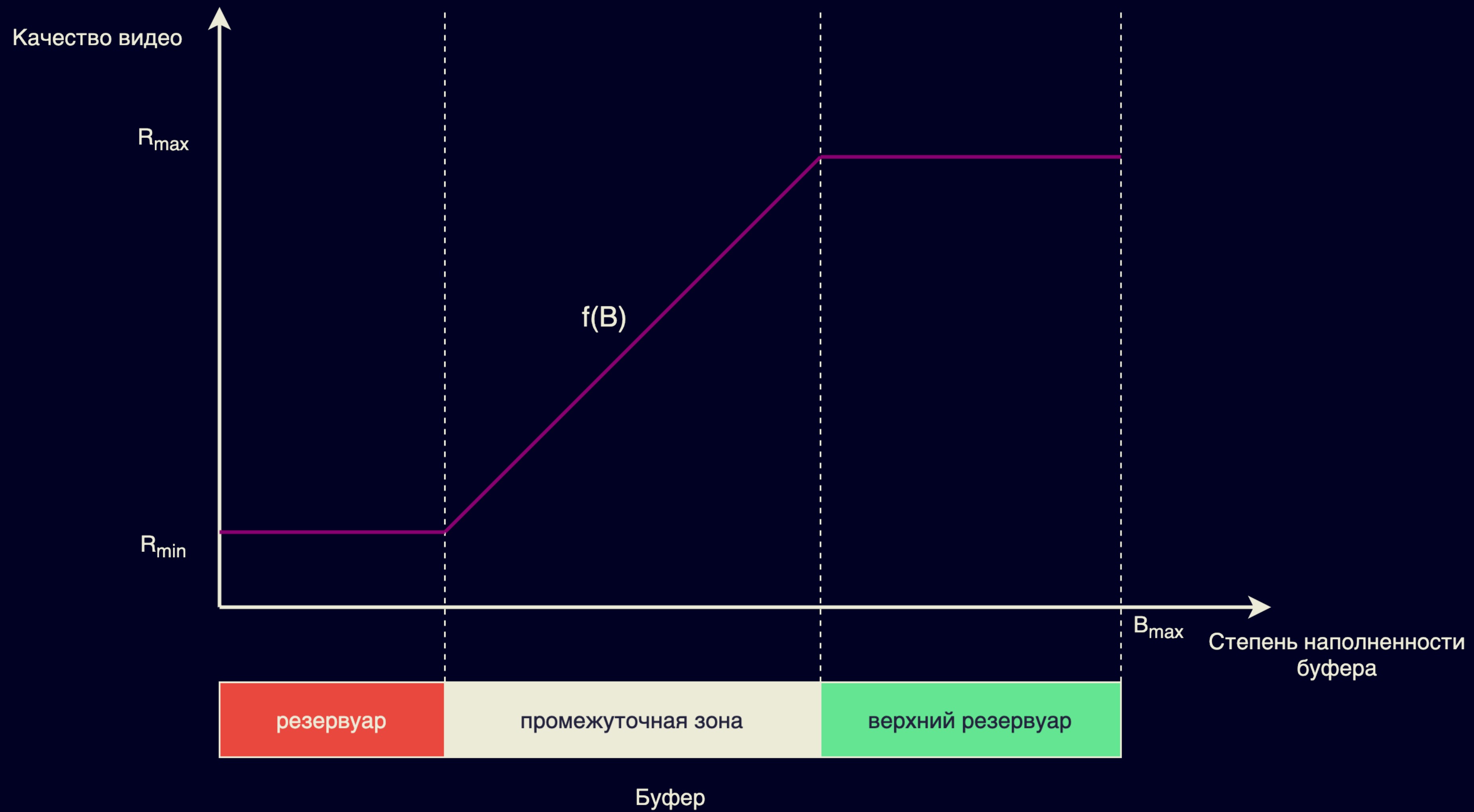
ВВА0



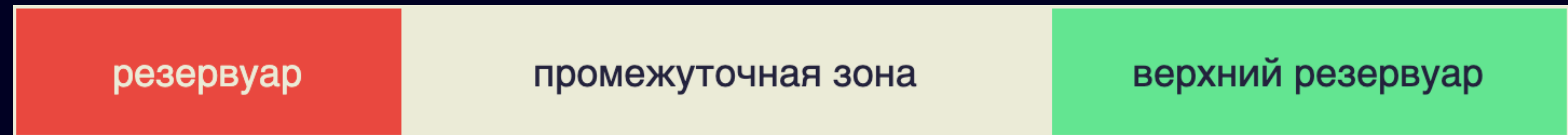
ВВА0



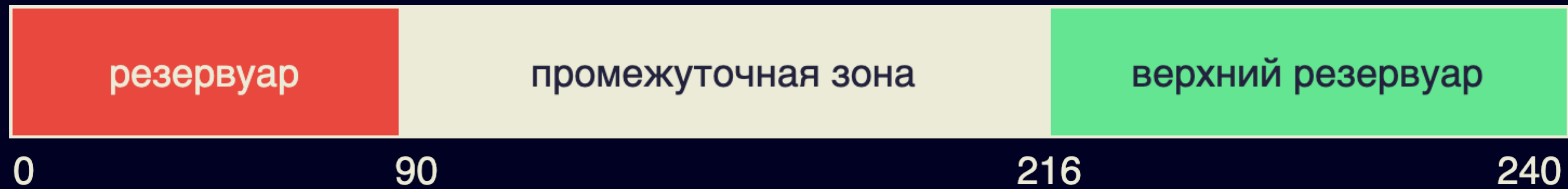
VBAO



Немного про буфер



Немного про буфер



Ограничения MSE

Данные на 2017ый год:

	Chrome	Chromecast*	Firefox	Safari	Edge
Video	150MB	30MB	100MB	290MB	Unknown
Audio	12MB	2MB	15MB	14MB	Unknown

<https://developers.google.com/web/updates/2017/10/quotaexceedederror>

И еще чуть-чуть про буфер



Библиотеки, реализовавшие виртуальный буфер

`dash.js`

`hls.js`

`shaka-player`

`video.js`

Виртуальный буфер

Библиотеки, реализовавшие виртуальный буфер

	dash.js	hls.js	shaka-player	video.js
Виртуальный буфер	✗	✗	✗	✗



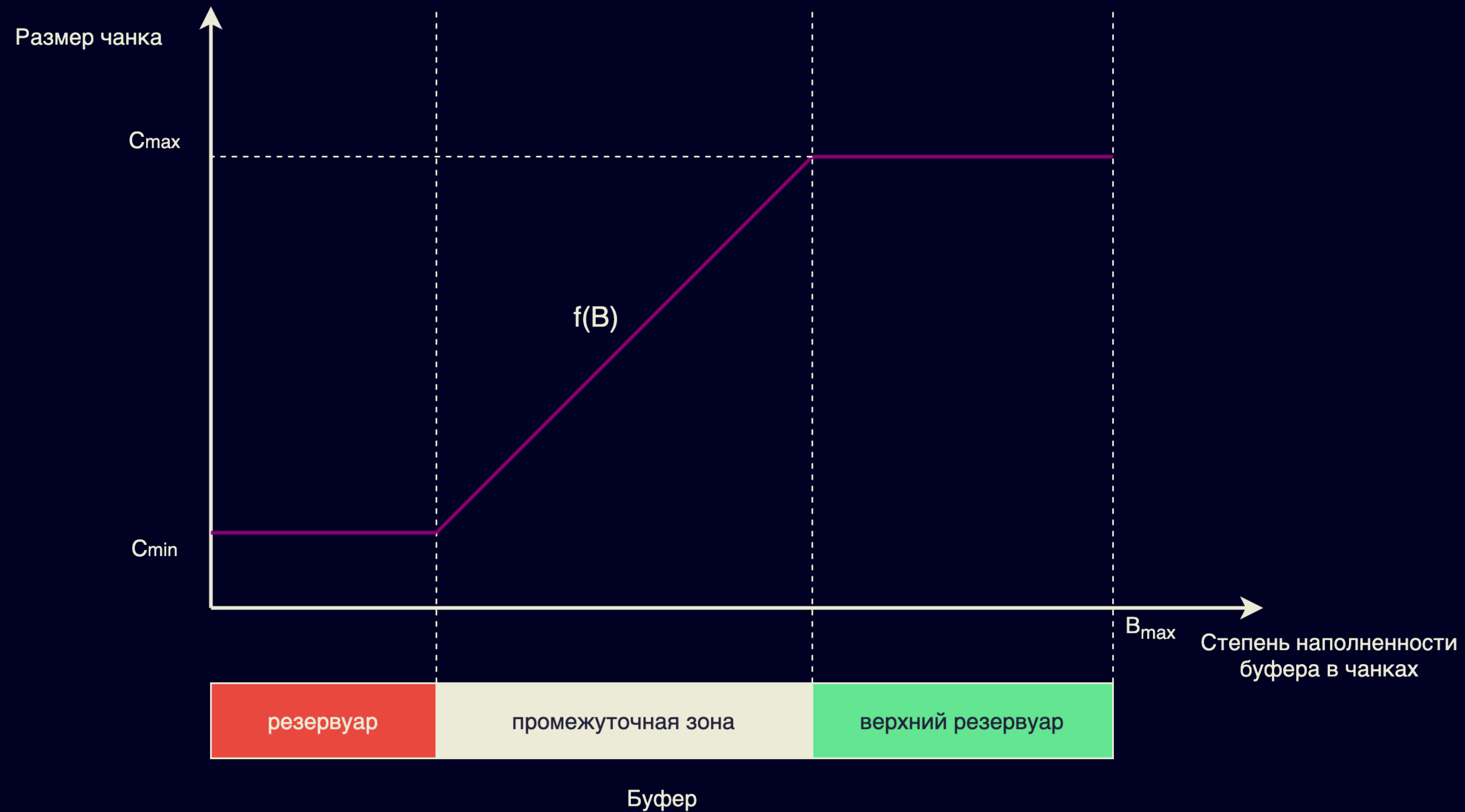
BBA1

Te-Yuan Huang, Ramesh Johari, Nick McKeown, Matthew Trunnell, and Mark Watson. A buffer-based approach to rate adaptation: Evidence from a large video streaming service. *ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev.* 44, 4 (2015)

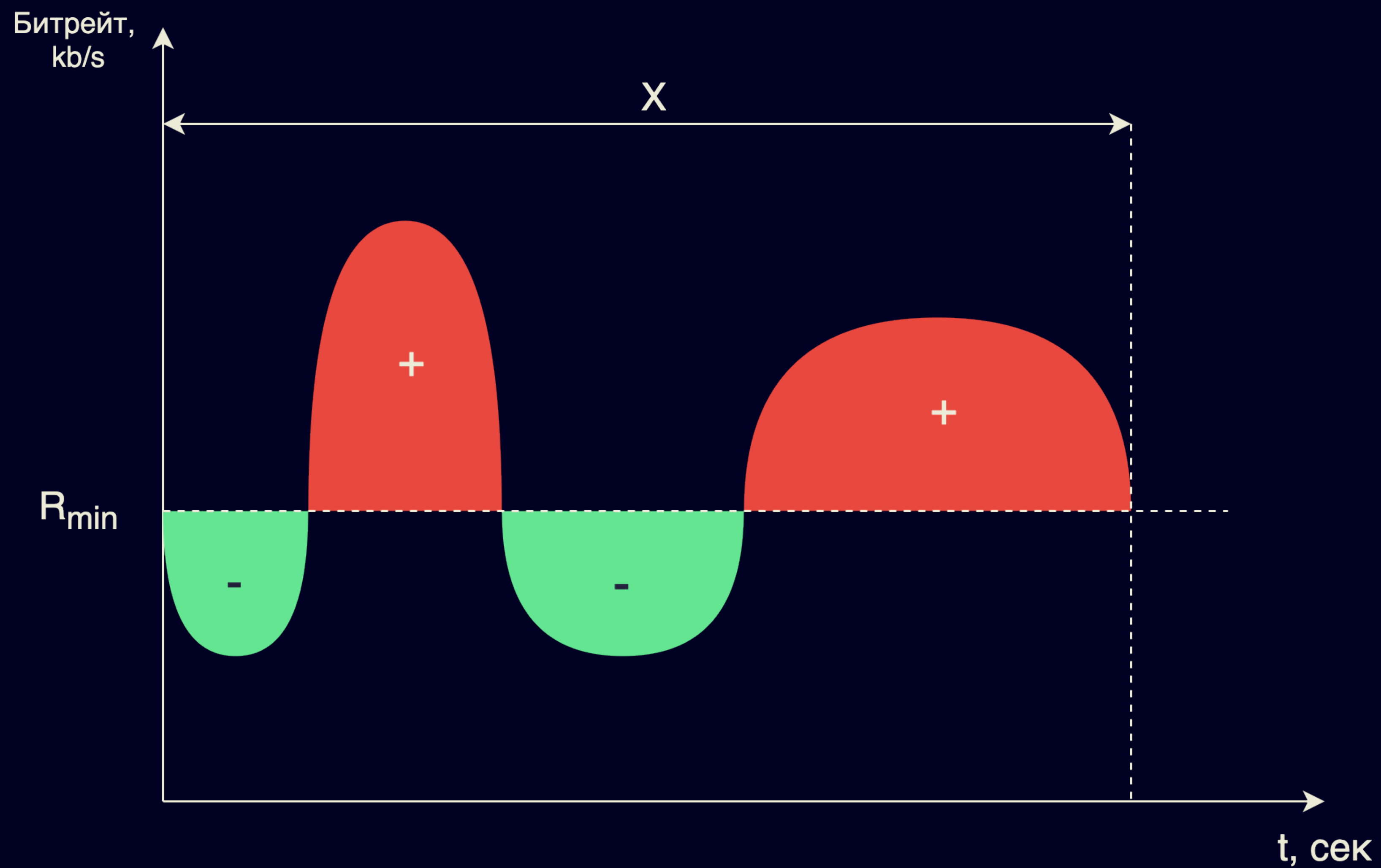
BB1 - ВВА0 с учётом VBR

VBR (Variable Bitrate) - режим кодирования потоковых данных с переменным битрейтом.

(Wikipedia)



Динамический резервуар



BOLA

K. Spiteri, R. Urgaonkar and R. K. Sitaraman. BOLA: Near-Optimal Bitrate Adaptation for Online Videos. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 28, no. 4, pp. 1698-1711(2020).

BOLA

$$\rho(t_k, \mathbf{a}(t_k)) = \begin{cases} 0 & \text{if } \sum_{m=1}^M a_m(t_k) = 0, \\ \frac{\sum_{m=1}^M a_m(t_k) (V v_m + V \gamma p - Q(t_k))}{\sum_{m=1}^M a_m(t_k) S_m} & \text{otherwise.} \end{cases}$$

Maximize: $\rho(t_k, \mathbf{a}(t_k))$

Subject to: $\sum_{m=1}^M a_m(t_k) \leq 1, a_m(t_k) \in \{0, 1\}$

$$a_m(t_k) = \begin{cases} 1 & \text{if the player downloads a segment} \\ & \text{of bitrate index } m \text{ in slot } k, \text{ and} \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

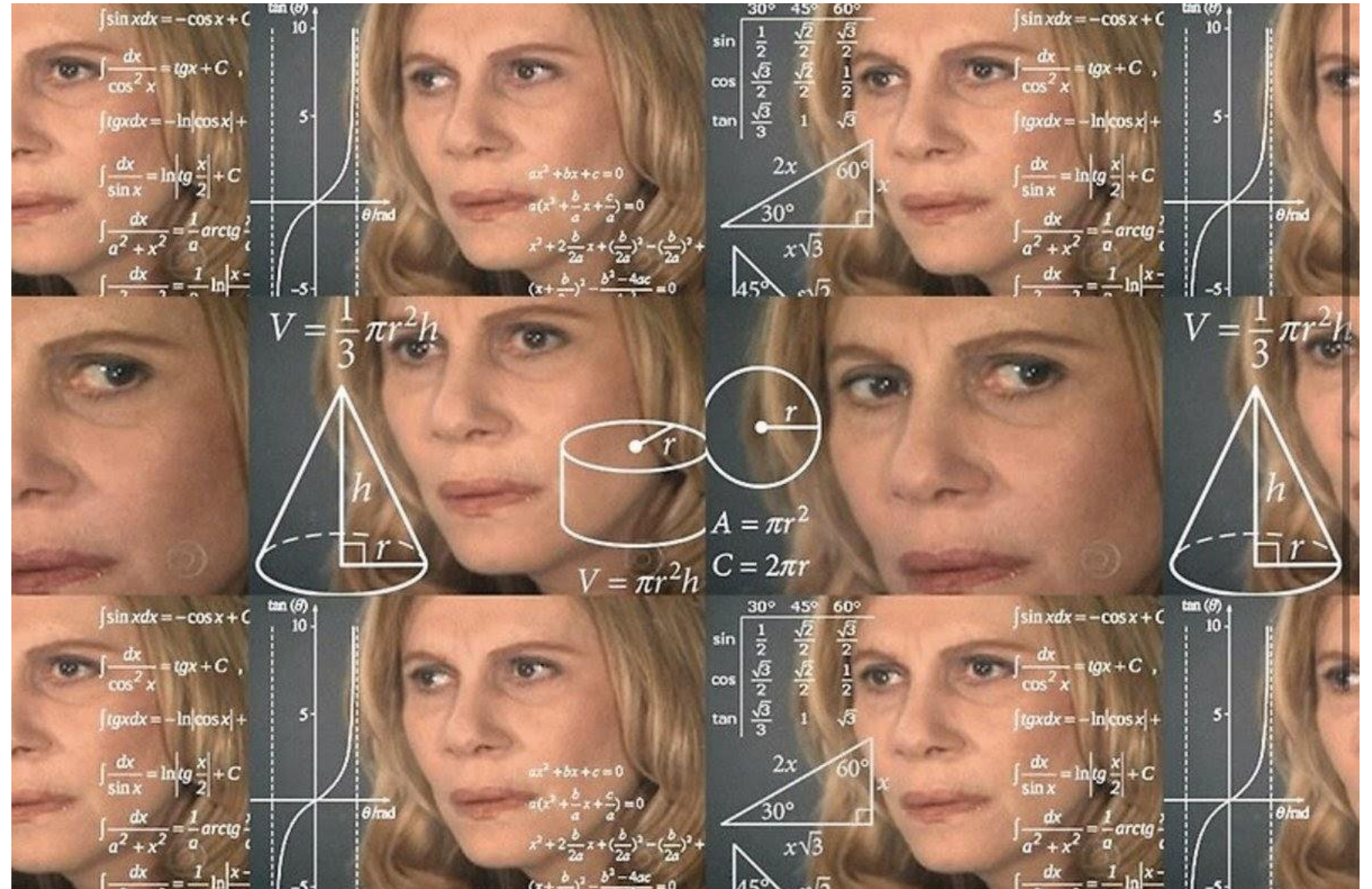
BOLA

$$\rho(t_k, \mathbf{a}(t_k)) = \begin{cases} 0 & \text{if } \sum_{m=1}^M a_m(t_k) = 0, \\ \frac{\sum_{m=1}^M a_m(t_k)(Vv_m + V\gamma p - Q(t_k))}{\sum_{m=1}^M a_m(t_k)S_m} & \text{otherwise.} \end{cases}$$

Maximize: $\rho(t_k, \mathbf{a}(t_k))$

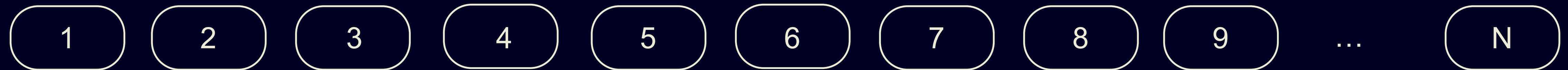
Subject to: $\sum_{m=1}^M a_m(t_k) \leq 1, a_m(t_k) \in \{0, 1\}$

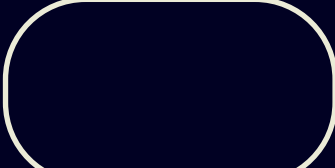
$a_m(t_k) = \begin{cases} 1 & \text{if the player downloads a segment} \\ & \text{of bitrate index } m \text{ in slot } k, \text{ and} \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$



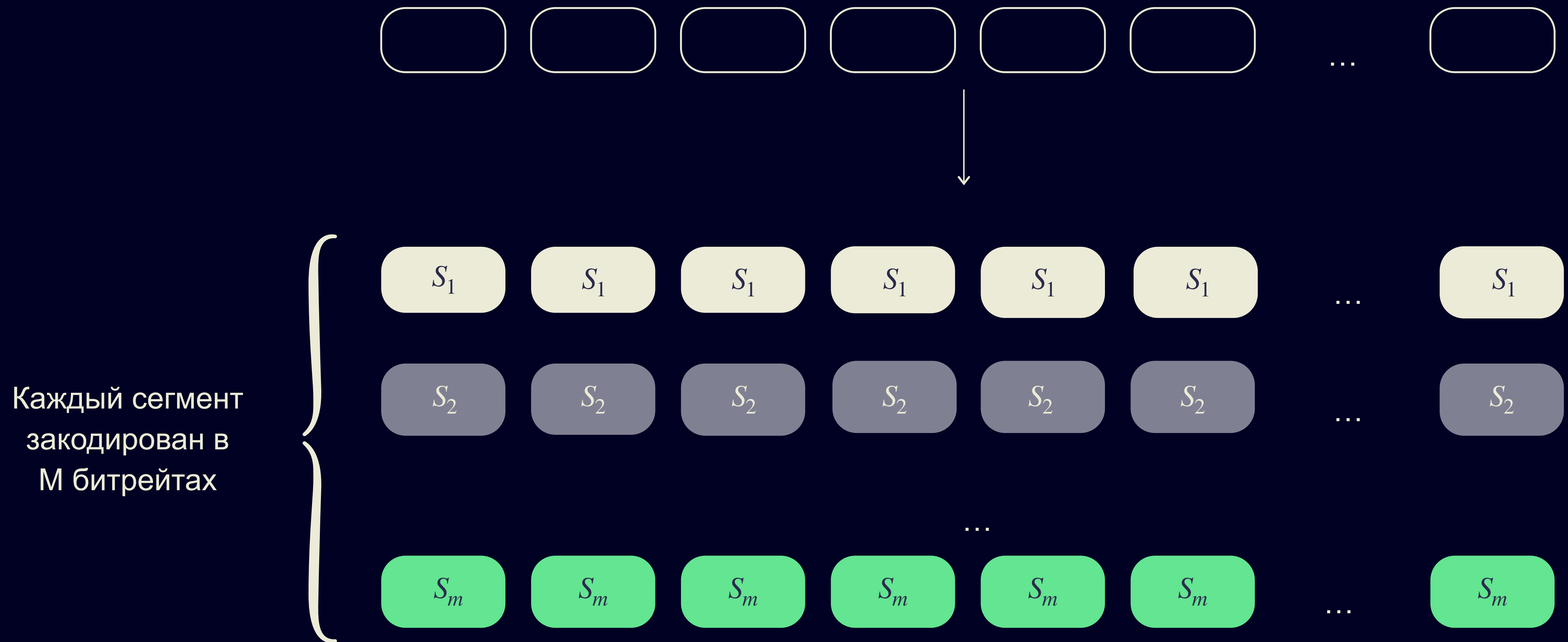
Модель видео

Видео

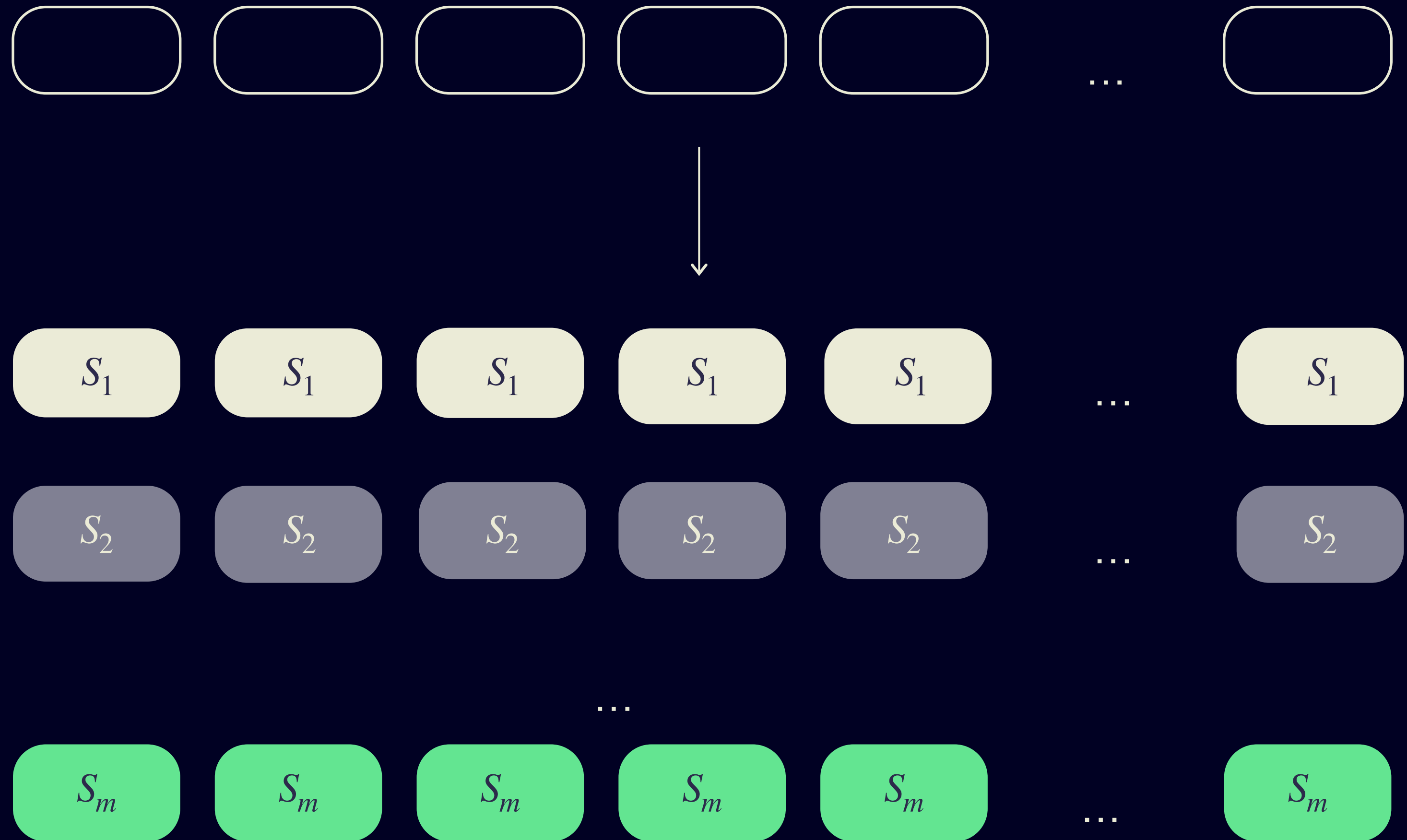


 = p секунд

Модель видео



Модель видео



Каждому качеству
соответствует некоторая
метрика полезности

BOLA

$$\frac{Vv_m + V\gamma p - Q(t)}{S_m}$$

$$V > 0$$

параметр управления, чтобы разрешить компромисс между размером буфера и максимизацией полезности

$$\gamma > 0$$

параметр для определения приоритета полезности по сравнению с плавностью воспроизведения

$$Q(t)$$

уровень буфера в начале слота t

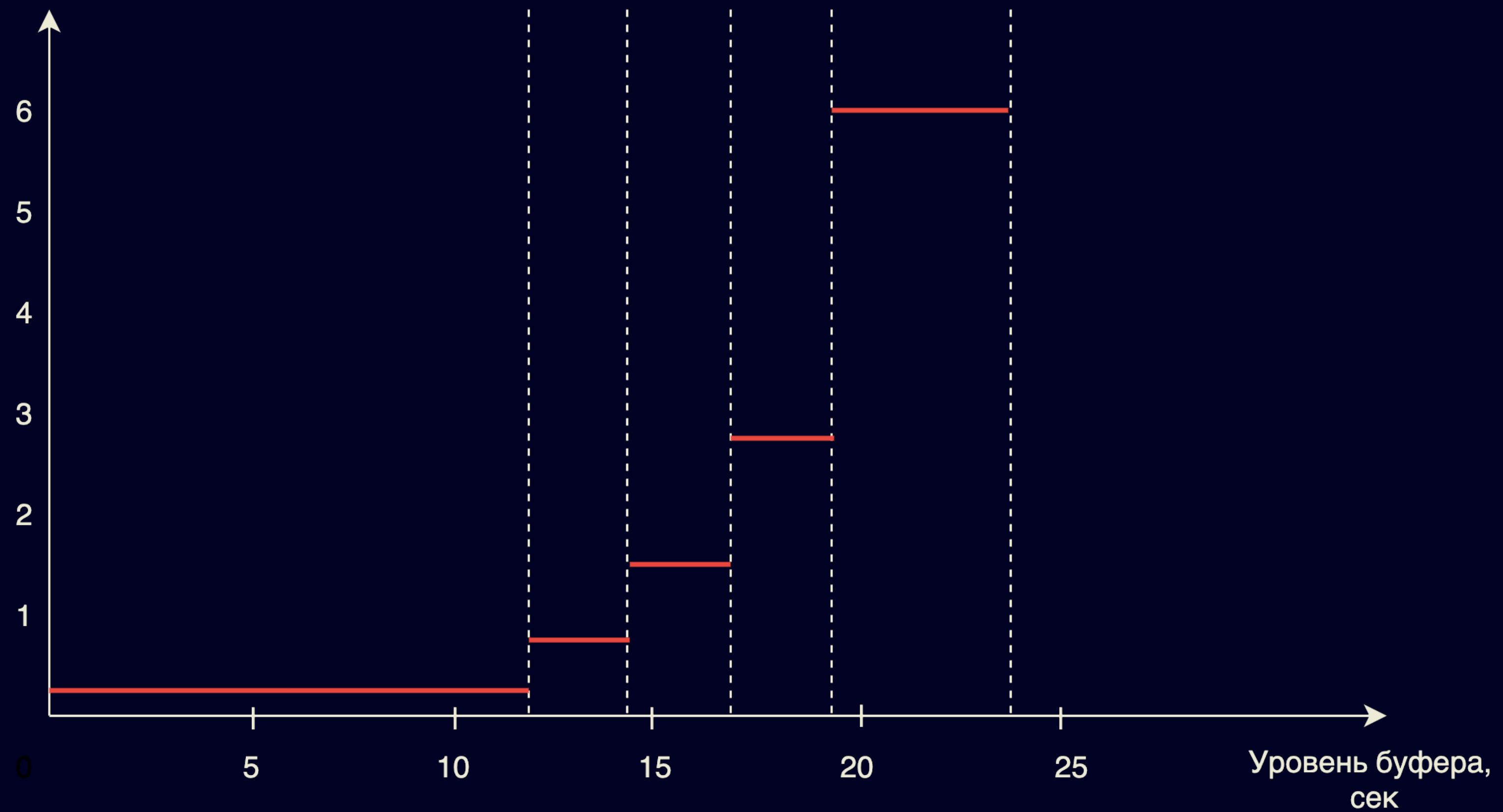
Часть реализации алгоритма BOLA

```
function getQualityFromBufferLevel(bolaState, bufferLevel) {  
  const bitrateCount = bolaState.bitrates.length;  
  let quality = NaN;  
  let score = NaN;  
  for (let i = 0; i < bitrateCount; ++i) {  
    let s = (bolaState.Vp * (bolaState.utilities[i] +  
      bolaState.gp) - bufferLevel) / bolaState.bitrates[i];  
    if (isNaN(score) || s >= score) {  
      score = s;  
      quality = i;  
    }  
  }  
  
  return quality;  
}
```

$$\frac{Vv_m + V\gamma p - Q(t)}{S_m}$$

Зависимость качества от уровня буфера в VOLA

Качество, Мбит



Преимущества и недостатки **buffer-based** подхода

- 👍 позволяет избежать накладных расходов на сложное предсказание пропускной способности сети
- 👍 стабилен при колебаниях пропускной способности сети

Преимущества и недостатки buffer-based подхода

👍 позволяет избежать накладных расходов на сложное предсказание пропускной способности сети

👍 стабилен при колебаниях пропускной способности сети

👎 схемы адаптации на основании буфера страдают от среднего низкого качества

👎 плохо реагирует на пользовательские действия: старт и перемотку



Что мы уже знаем?

👍 01

Какую проблему мы решаем?

👍 05

Стратегия 2: выбор качества по степени наполненности буфера

👍 02

О чем мы говорим, когда говорим о качестве?

06

Гибридная стратегия

👍 03

Что такое ABR?

07

Дополнительные эвристики

👍 04

Стратегия 1: выбор качества по пропускной способности сети

06

Стратегия 3: Совместить предыдущие стратегии

И снова про buffer-based approach

Буфер



Буфер наполняется ⇒
условия улучшаются

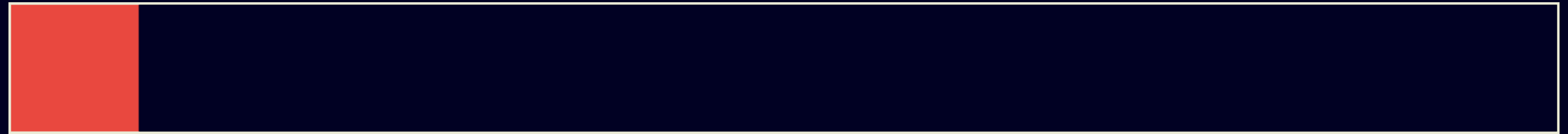


Буфер осушается ⇒
условия ухудшаются



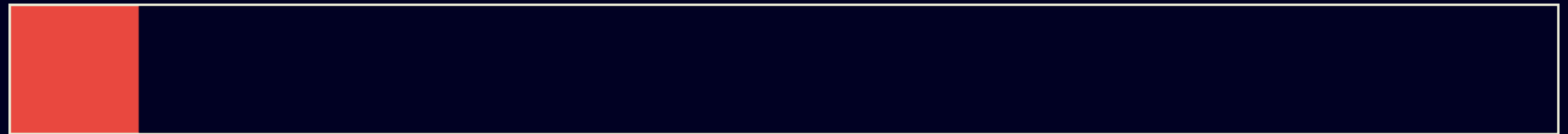
Ситуация: старт или перемотка

С точки зрения алгоритма:
всё очень плохо



Ситуация: старт или перемотка

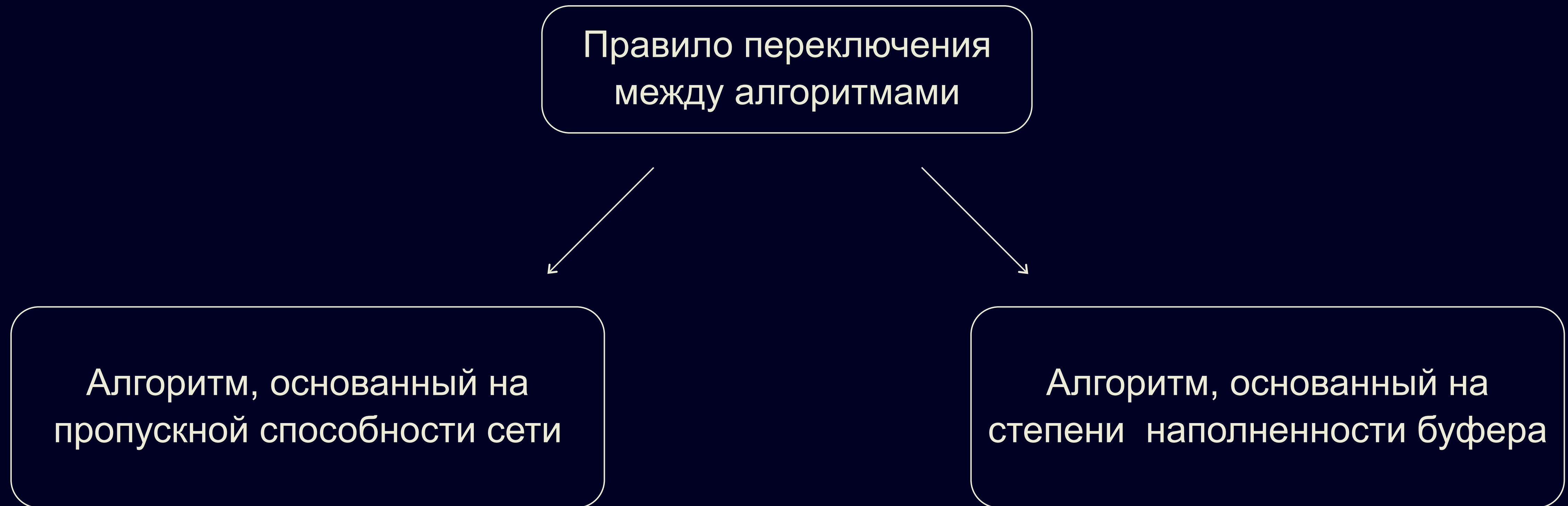
С точки зрения алгоритма:
всё очень плохо



На самом деле:
отсутствие информации



Суть объединения стратегий



Суть объединения стратегий

Правило переключения
между алгоритмами

```
graph TD; A[Правило переключения между алгоритмами] --> B[Алгоритм, основанный на пропускной способности сети]; A --> C[Алгоритм, основанный на степени наполненности буфера];
```

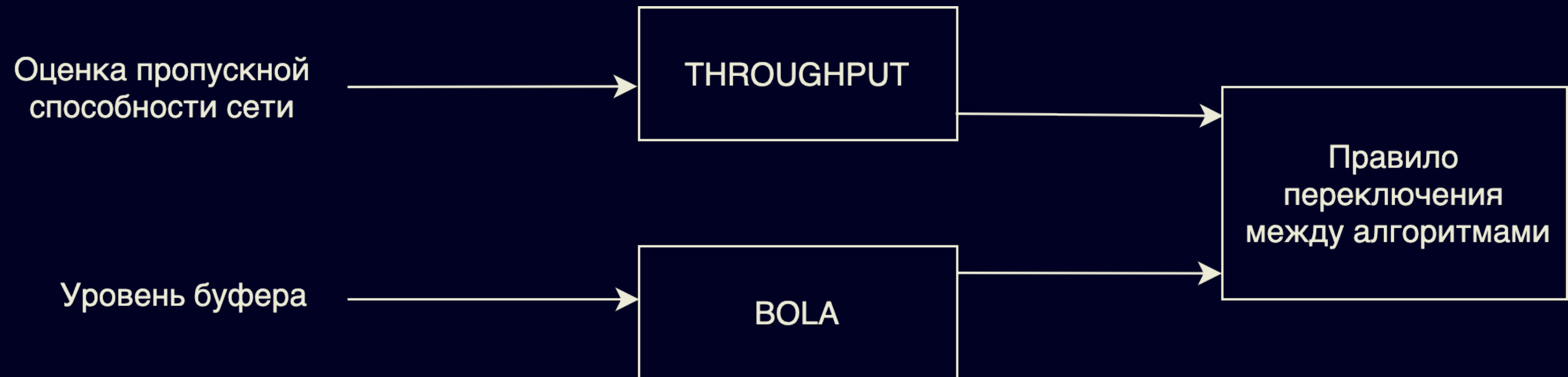
Алгоритм, основанный на
пропускной способности сети

Алгоритм, основанный на
степени наполненности буфера

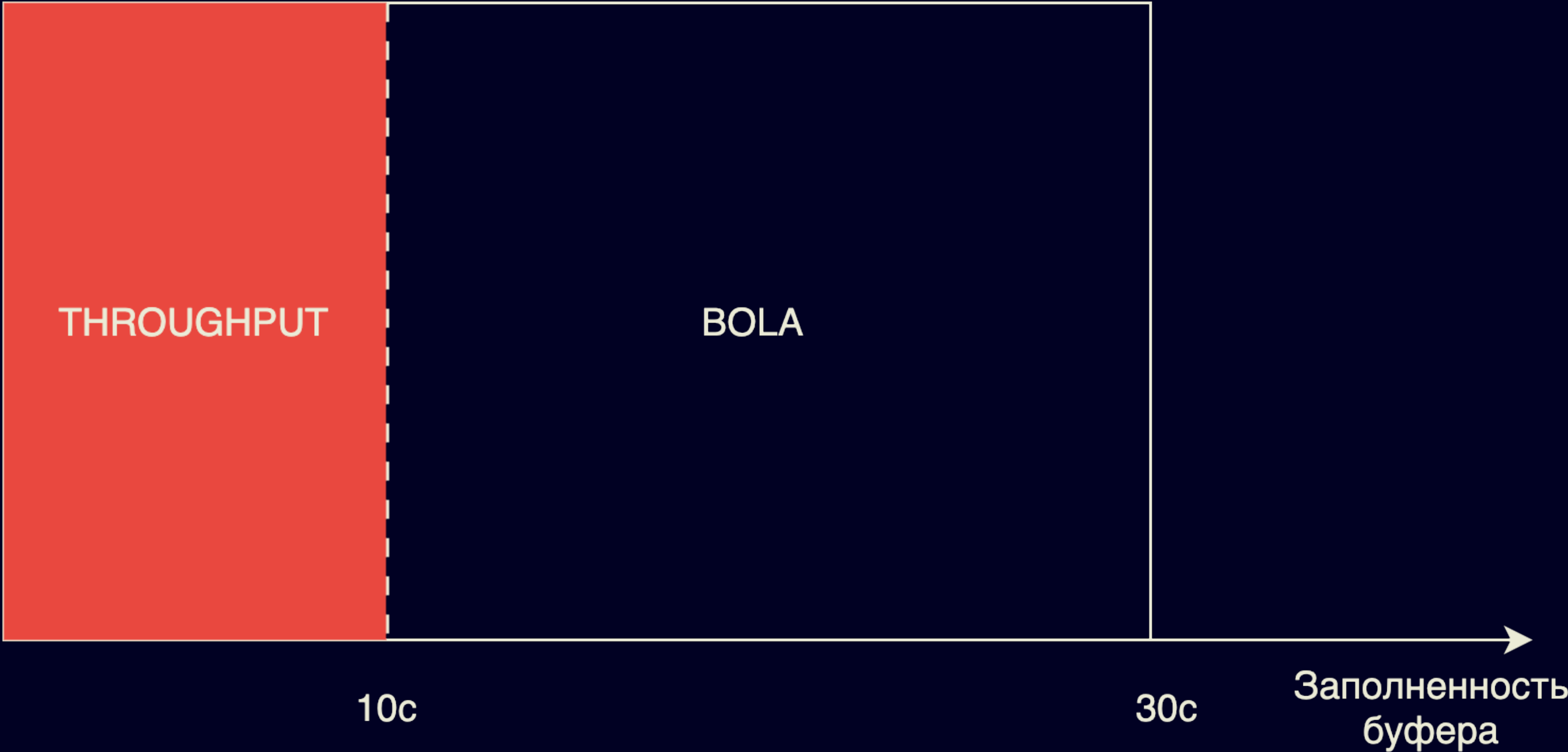
DYNAMIC

Kevin Spiteri, Ramesh Sitaraman, Daniel Sparacio. From Theory to Practice: Improving Bitrate Adaptation in the DASH Reference Player. In Proceedings of the 8th ACM Multimedia Systems Conference (MMSys'18). Amsterdam, The Netherlands, June 2018

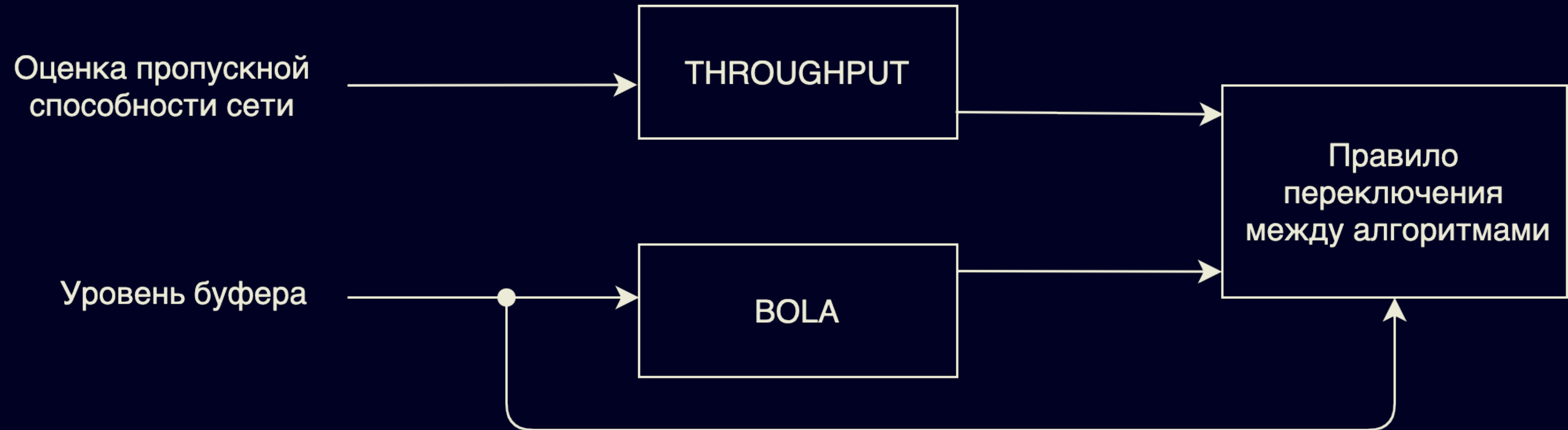
DYNAMIC



Правило переключения DYNAMIC



DYNAMIC



BBA2

Te-Yuan Huang, Ramesh Johari, Nick McKeown, Matthew Trunnell, and Mark Watson. A buffer-based approach to rate adaptation: Evidence from a large video streaming service. *ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev.* 44, 4 (2015)

ВВА2

2 фазы воспроизведения:

> Фаза запуска



> Стабильная фаза



Фаза запуска VBA2

Правило фазы запуска:

Следующее качество выбирается, если чанк скачивается в X раз быстрее, чем проигрывается

X линейно уменьшается от 1го чанка в буфере и до последнего чанка в промежуточной зоне



Правило переключения ВВА2

Правило фазы запуска работает до тех пор пока

- › буфер не начнёт уменьшаться
- › алгоритм ВВА1 не предложит качество лучше



Что мы уже знаем?

👍 01

Какую проблему мы решаем?

👍 05

Стратегия 2: выбор качества по степени наполненности буфера

👍 02

О чем мы говорим, когда говорим о качестве?

👍 06

Гибридная стратегия

👍 03

Что такое ABR?

07

Дополнительные эвристики

👍 04

Стратегия 1: выбор качества по пропускной способности сети

Что еще можно учесть?

Media Capabilities API

```
const mediaConfig = {  
  type : "media-source",  
  video : {  
    contentType : "video/webm; codecs=vp8", // контейнер и кодек  
    width: 640,  
    height: 480,  
    bitrate : 10000,  
    framerate: 29.97 // fps  
  },  
};
```

```
navigator  
  .mediaCapabilities  
  .decodingInfo(mediaConfig)
```

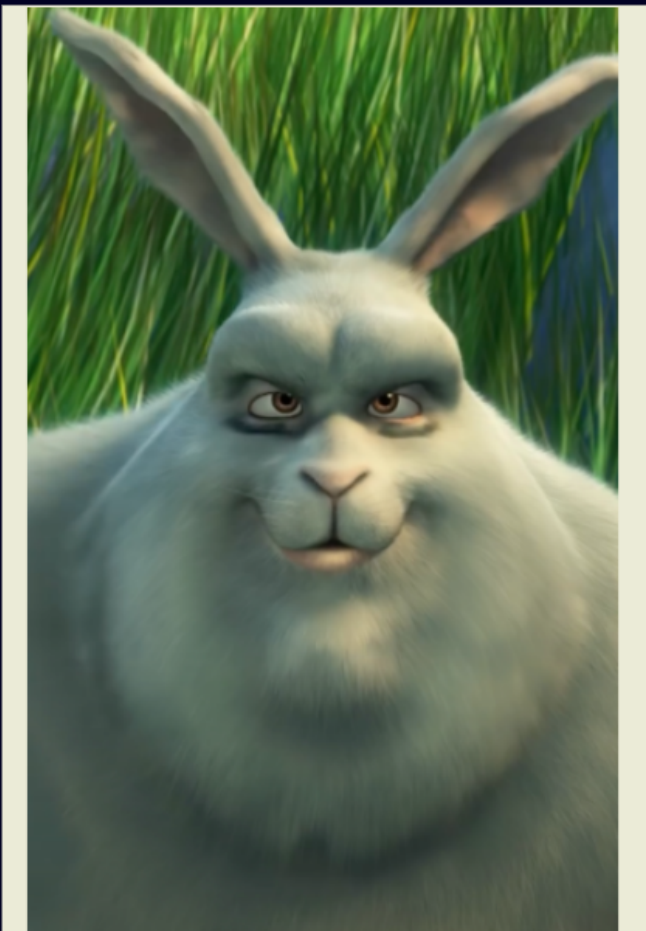
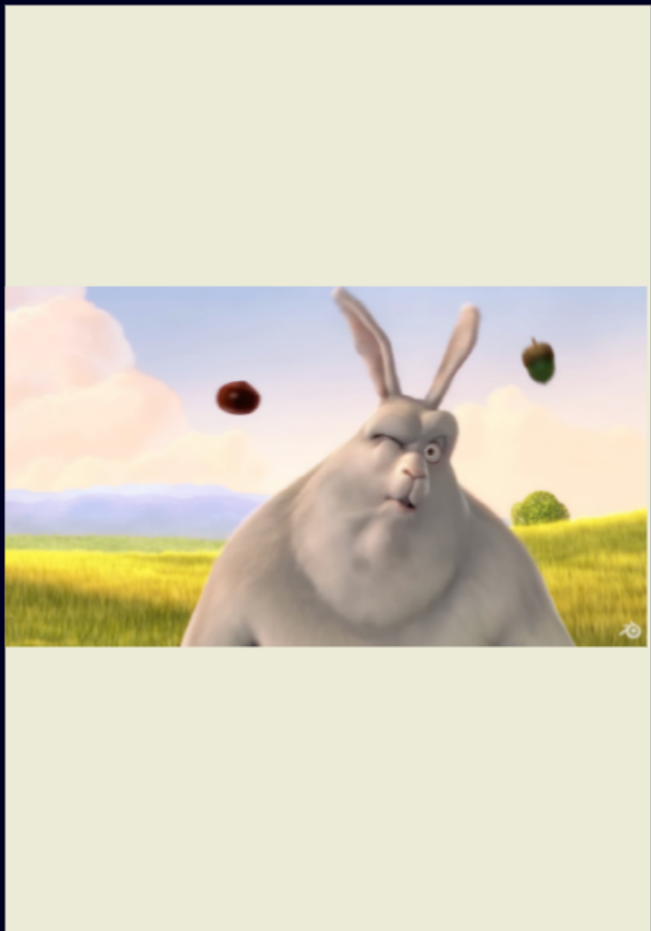


Каппинг

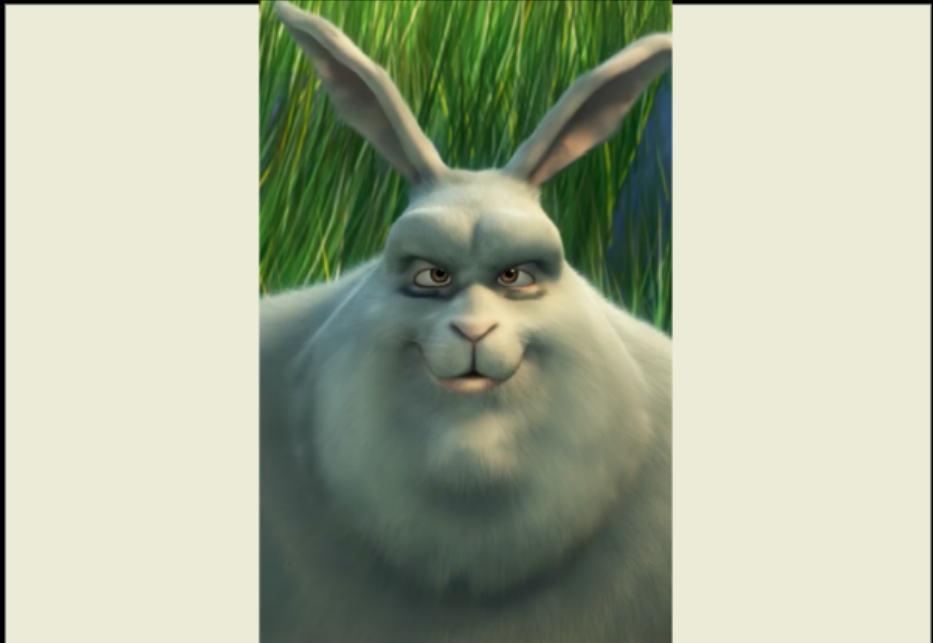
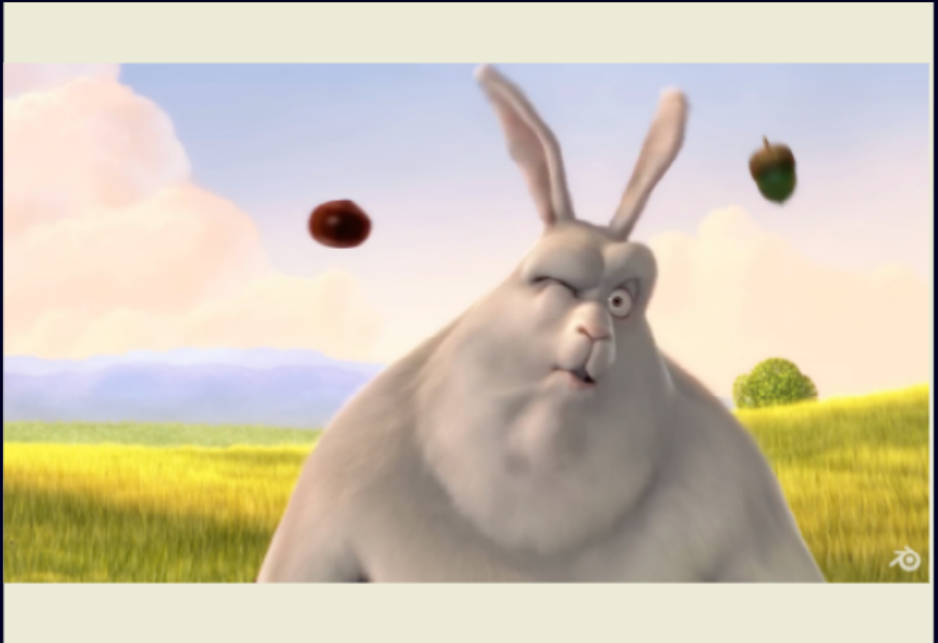


Каппинг

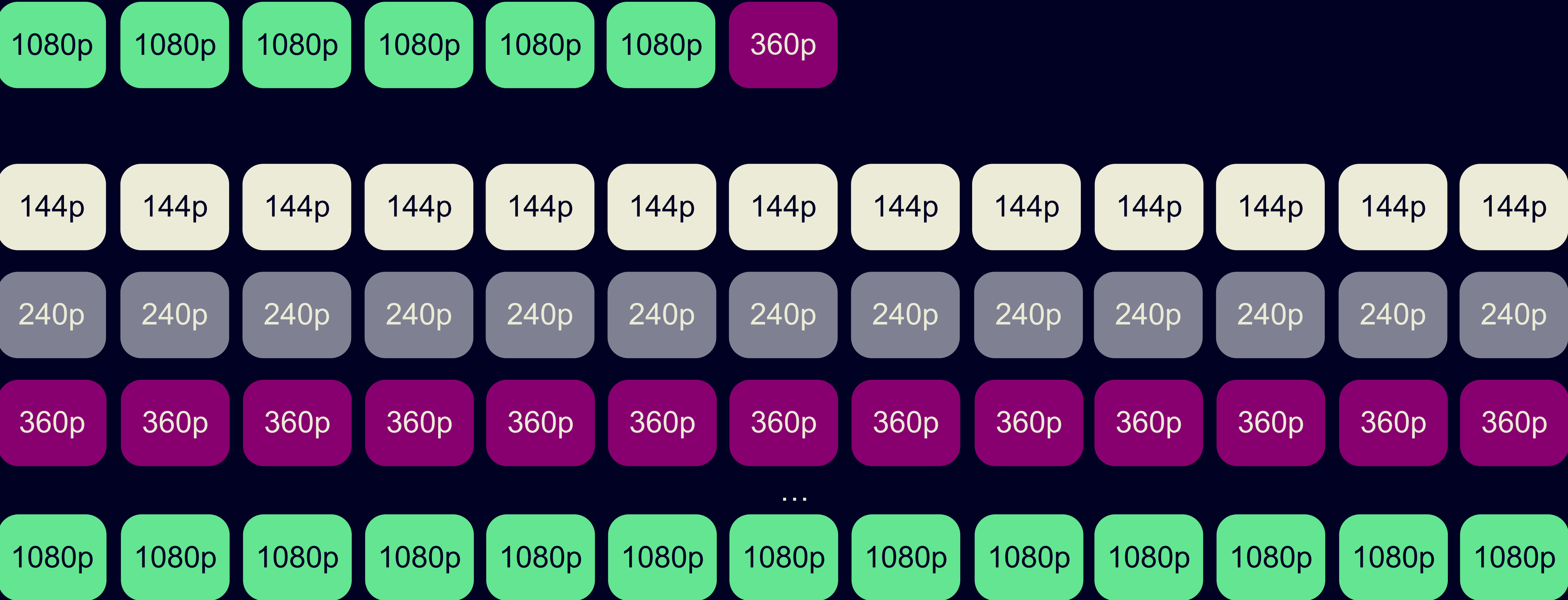
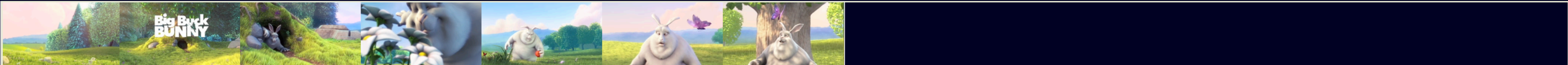
Ориентация контейнера



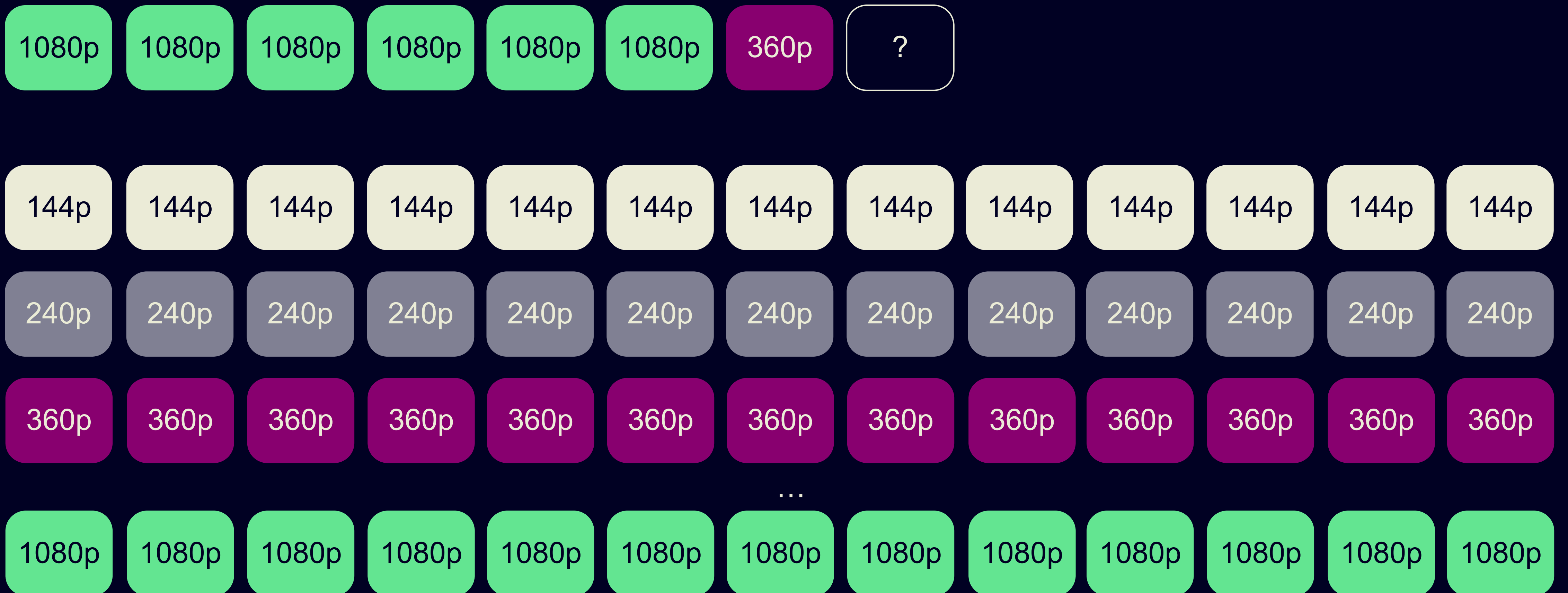
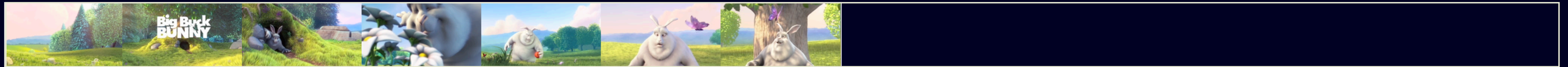
Ориентация видео



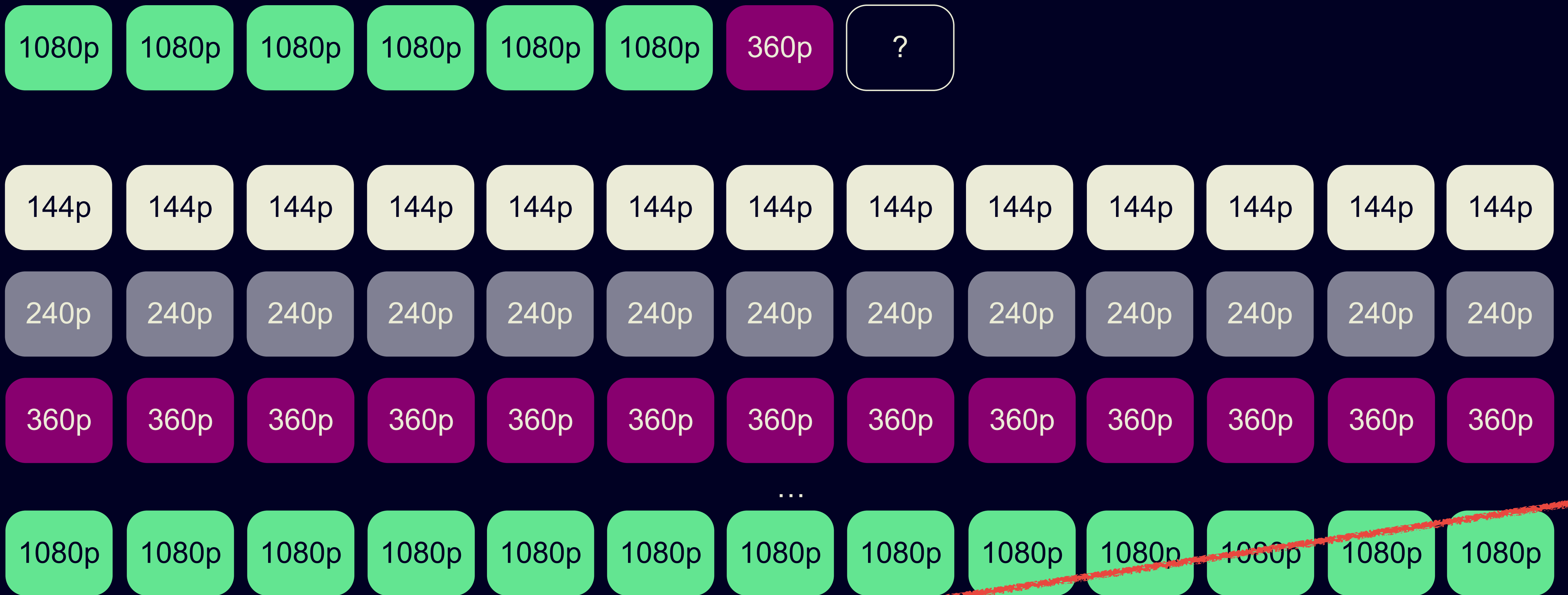
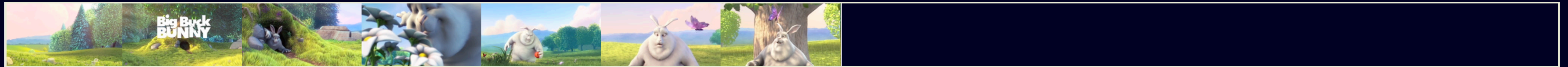
История переключений



История переключений



История переключений



А что в open-source библиотеках?

dash.js

hls.js

shaka-player

video.js

Правило истории
переключений

✓
SwitchHistoryRule

✗

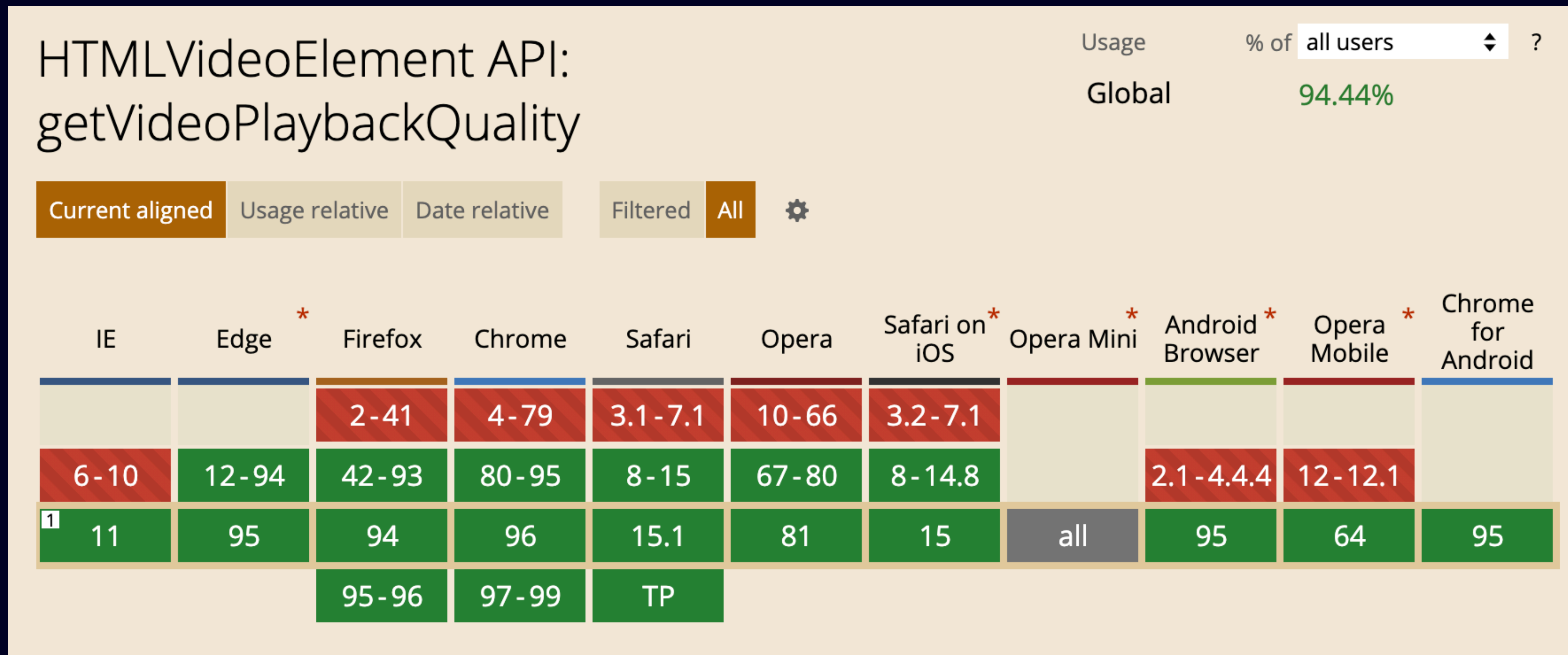
✗

✗

Количество пропущенных кадров

```
> videoElem.getVideoPlaybackQuality();  
< {  
  creationTime: 46011.700000001788,  
  totalVideoFrames: 2695, // общее количество созданных и  
удалённых кадров с момента создания видео-тега  
  droppedVideoFrames: 0, // количество пропущенных кадров  
  corruptedVideoFrames: 0 // количество испорченных кадров  
}
```


Количество пропущенных кадров



А что в open-source библиотеках?

dash.js

hls.js

shaka-player

video.js

Правило
пропущенных
кадров



DroppedFramesRule



FPSController



Заключение

	dash.js	hls.js	shaka-player	video.js
Bandwidth-based	✓	✓	✓	✓
Buffer-based	✓ (BOLA, BBA)	✗	✗	✗
Hybrid	✓ (DYNAMIC)	✗	✗	✗

Возможность использовать свой ABR-менеджер

dash.js

hls.js

shaka-player

video.js



?

Мы нанимаем!



Фронтенд

- Разработчик в веб-плеер
- Стажер в веб-плеер

Android

- Разработчик в android-плеер

Спасибо

Ольга Попова,
Разработчик интерфейсов,
Яндекс.Дзен

 bettapo@yandex-team.ru

 [@bettapo](https://t.me/bettapo)

Yfd

