Если ваш сайт тормозит:

1. **забудьте про память** *(до поры)*
2. **разгрузите процессор**
3. **прикиньтесь, что так и должно быть**

Никто не любит тормоза в интерфейсе 😈

Хороший сценарий

- неприятные впечатления от сайта:
  - неправильное прицеливание в играх
  - заметные задержки в анимации

Плохой сценарий

- ошибки при важных операциях
  - повторная отправка данных *(например, при оплате)*
  - неотправка данных
- уход пользователей
- потеря денег компанией
- увольнение

Что такое тормоза?

(по-английски lag — задержка) Непредсказуемые задержки в обратной связи в интерфейсе: рывки и замирания

Взаимодействие с пользователем дискретно

Дискретное взаимодействие

- анимация
- прокрутка
- взаимодействие с элементами страницы
  - нажатия на кнопки
  - ввод текста
  - перетаскивание

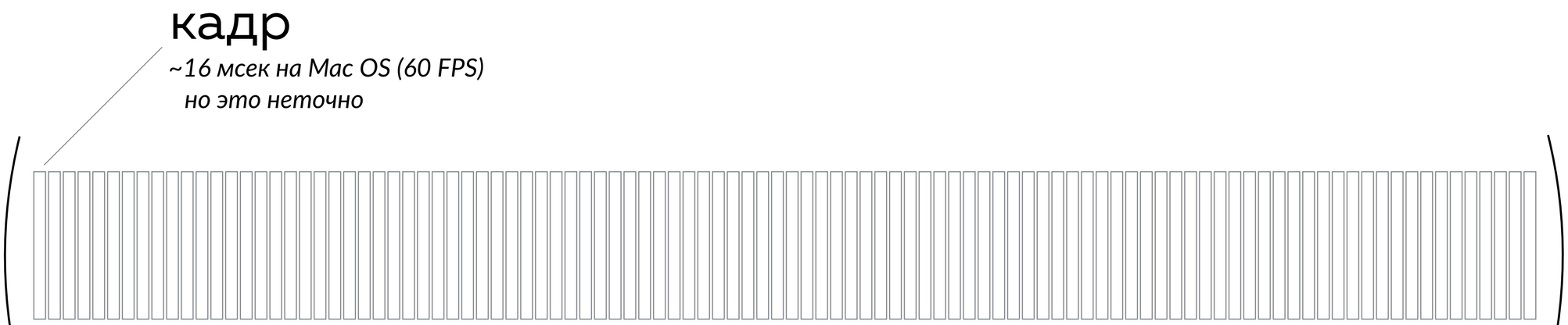
Event Loop

Event Loop

бесконечный цикл, который после выполнения всех инструкций продолжает работать и ждет поступления новых асинхронных команд

EventLoop синхронизируется со скроллом, перерисовкой DOM, всеми асинхронными операциями и т. д.

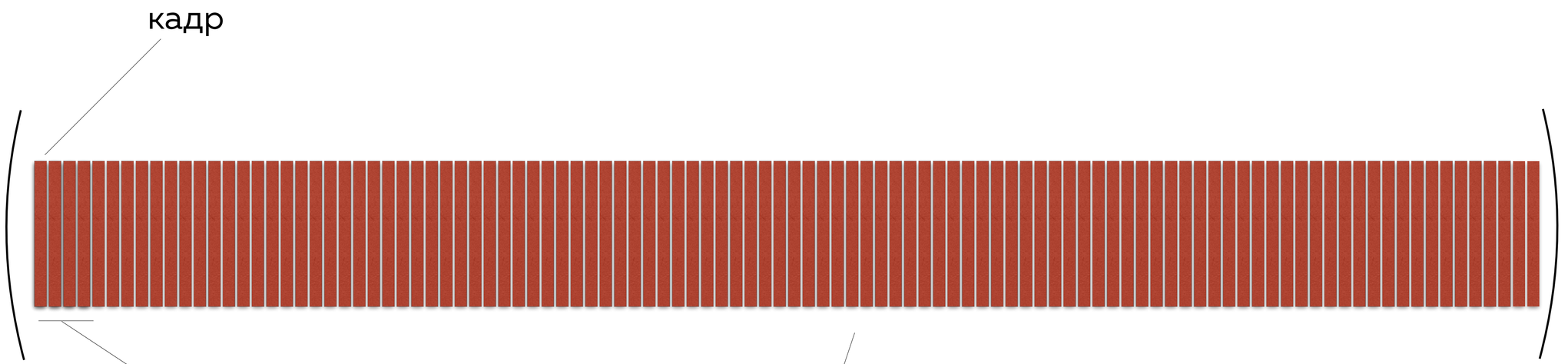
Чтобы запустить код в начале кадра нужно передать его как коллбэк в функцию `requestAnimationFrame`



Откуда берутся тормоза

вычисления процессора занимают больше одного кадра отрисовки и пользователь это замечает

Откуда берутся тормоза?



задержка (*лаг, lag*) зависание (*фриз, freeze*)

вычисления занимают больше одного кадра
и при взаимодействии видны рывки

вычисления на кадр укладываются, взаимодействие происходит мгновенно

Процессор

используется для мгновенных вычислений

Память

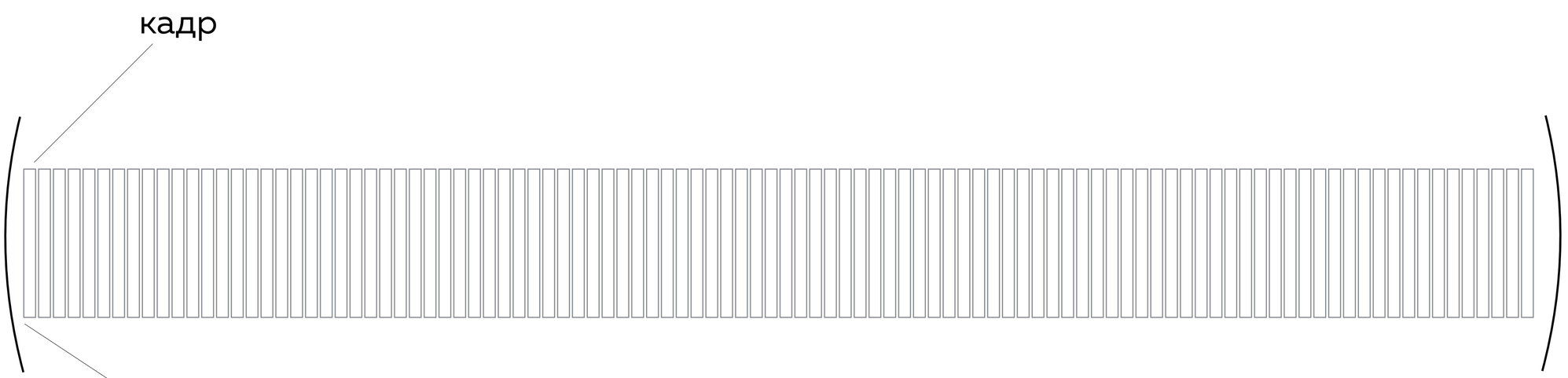
используется для хранения вычисленных значений

Память

Запомнить результат вычислений

- объект `Math` помнит популярные результаты вычислений *(Пи, E, логарифм 10, корень из 2)*
- таблицы синусов и косинусов, рассчитанные на этапе компиляции в старых играх
- заранее просчитанные анимации

Запомнить результат вычислений



Что хранится в памяти

- **все конструкции языка**
  переменные, значения, функции

- **данные программы**
  загруженная информация, созданные объекты

- **DOM-дерево**
  для каждого элемента на странице создается соответствующий JS-объект *(даже для переносов и комментариев)*

- ...

Почему тормозит память

в неожиданные моменты времени происходит сборка мусора или происходит утечка памяти, которая засоряет память лишними объектами

Почему тормозит память

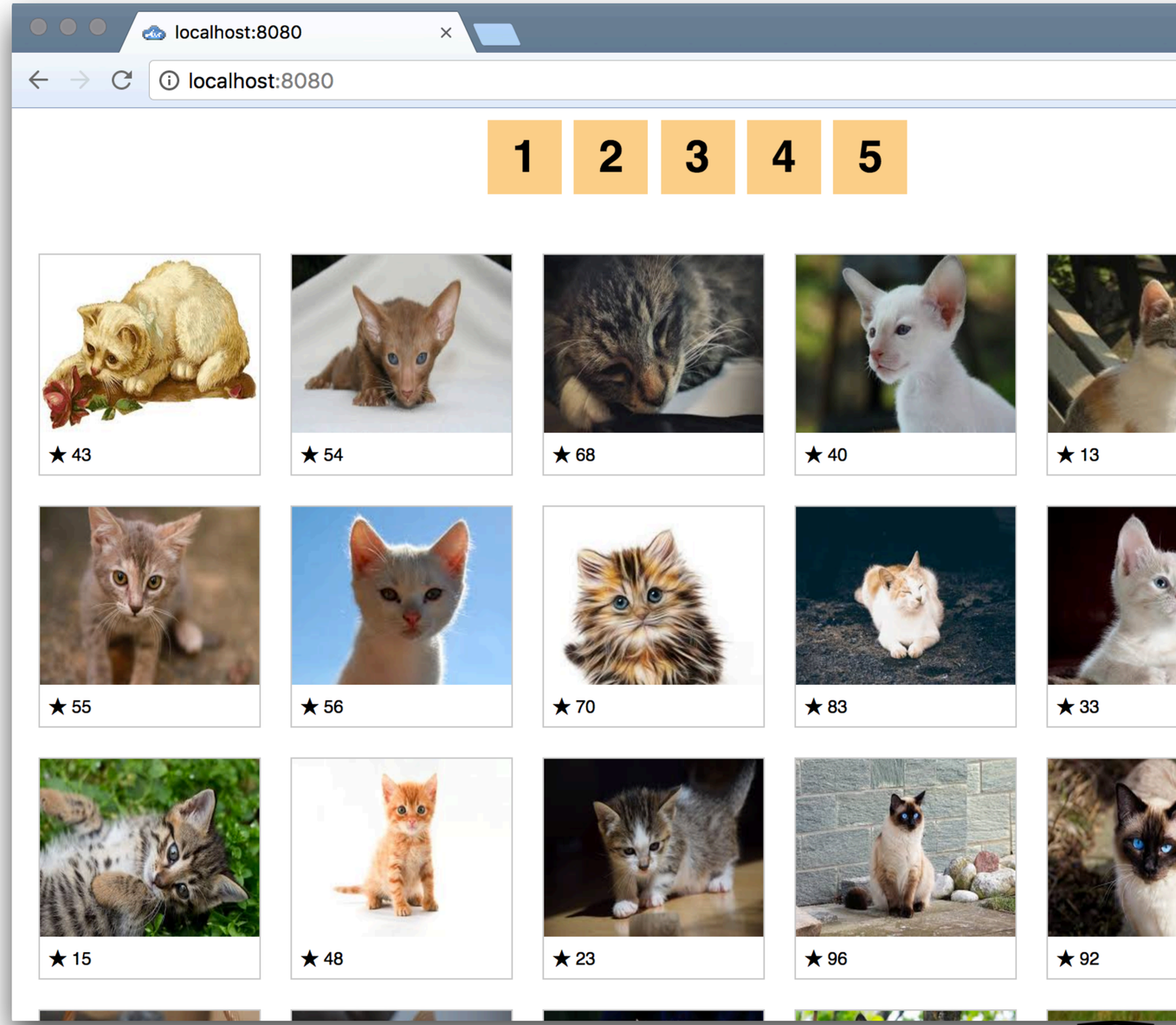
- сборка мусора
- утечки

Профилирование

- таймлайн:
  - частота кадров
  - загруженность процессора
  - скриншот
  - память
- детальная статистика

Тестовый DOM

- пять страниц по 5000 котиков
- страницы переключаются с помощью пагинатора



Тестовый DOM

- элементы создаются из шаблона
- заполняются случайными данными *(нет кеширования)*
- добавляются в один фрагмент *(DocumentFragment)*

```
for (const pageSize of pageSwitcher.next()
  fragment.appendChild(el);
while (--i);
}
  const el = templateElement.cloneNo
  el.querySelector(`.pic-thumb`).src
  el.querySelector(`.pic-like-counte
      Math.random() * 90) + 10;

  yield el;
}
```

Тестовый DOM

страницы переключаются
простой очисткой контейнера

```
container.innerHTML = '';
```

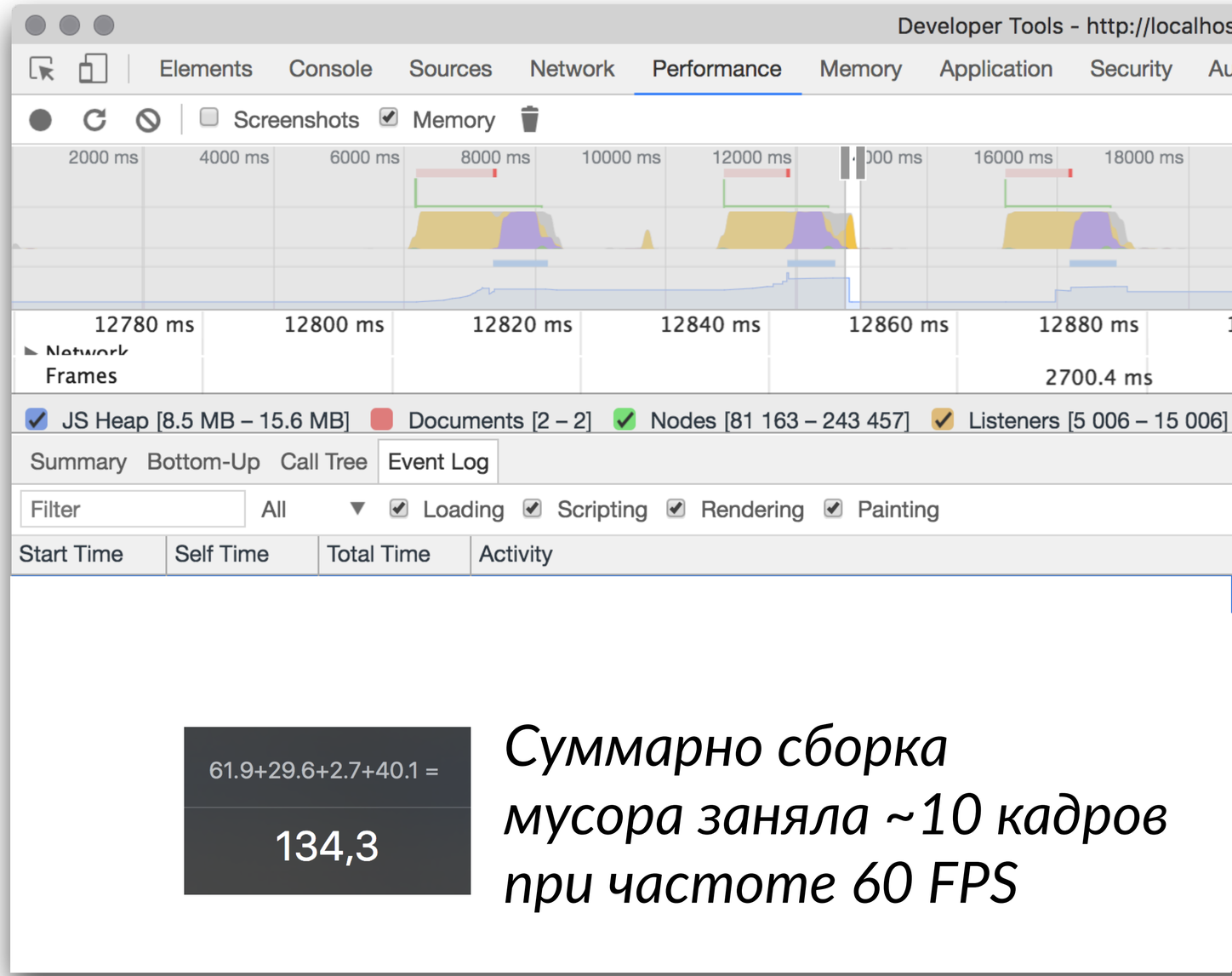
Сборка мусора

Сборка мусора —

(Garbage Collection, GC) процесс удаления неиспользуемых объектов из памяти. В JS начинается автоматически, когда движок понимает, что свободная память закончилась и нужно освободить место

Сборка мусора

- когда память, выделенная под вкладку заканчивается, включается механизм GC
- процесс сборки мусора автоматический: предсказать его начало невозможно
- в некоторых случаях GC может работать очень медленно



61.9+29.6+2.7+40.1 =

134,3

Суммарно сборка мусора заняла ~10 кадров при частоте 60 FPS

Утечка памяти

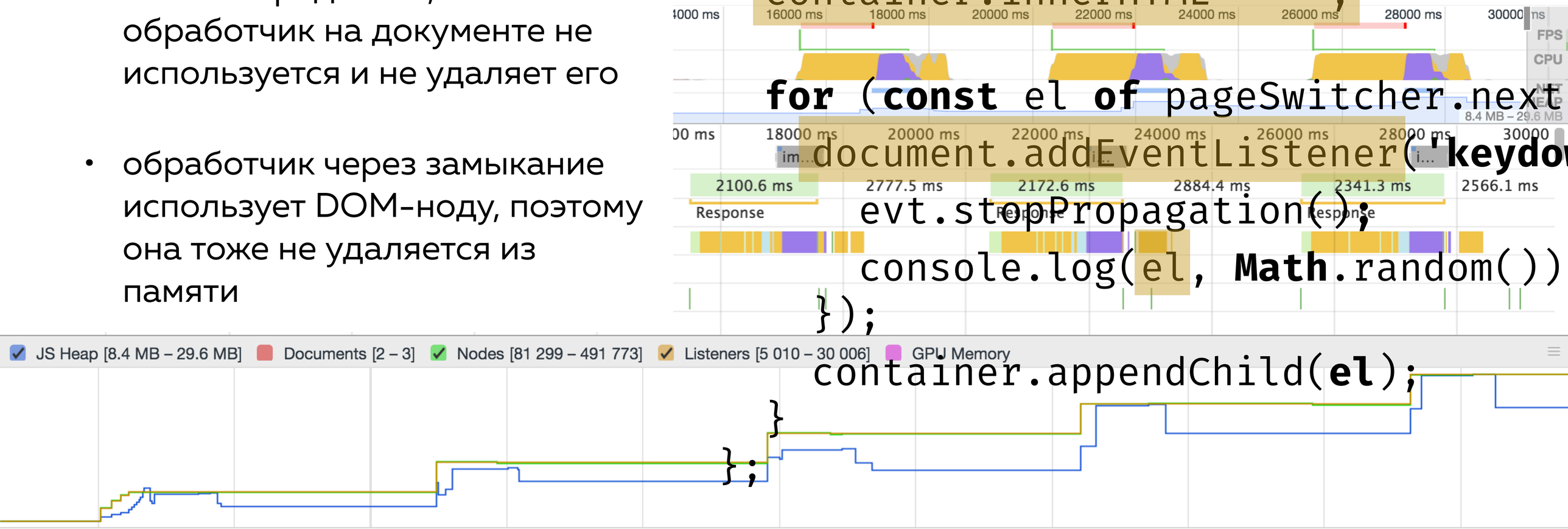
Утечка памяти —

ситуация, когда при сборке мусора, некоторые неиспользуемые объекты остаются в памяти, потому что сборщик мусора считает, что они могут использоваться

Утечка памяти

- после удаления ноды, GC не может определить, что обработчик на документе не используется и не удаляет его
- обработчик через замыкание использует DOM-ноду, поэтому она тоже не удаляется из памяти

```
const switchPage = (pageSwitcher, pa
    container.innerHTML = '';
    for (const el of pageSwitcher.next
        document.addEventListener('keydo
            evt.stopPropagation();
            console.log(el, Math.random())
        });
        container.appendChild(el);
    }
};
```



…it is a garbage garbage-collected language. ***It has performance uncertainty.*** ***Performance unpredictability is one way to put it****, where you may be giving something at 60 frames a second for a game and suddenly, you run out of real-time because of a garbage collection that has to happen to reclaim memory*

—Брендан Айк, создатель JS в одном из недавних подкастов

https://softwareengineeringdaily.com/2017/03/31/webassembly-with-brendan-eich/

Память ненадежна

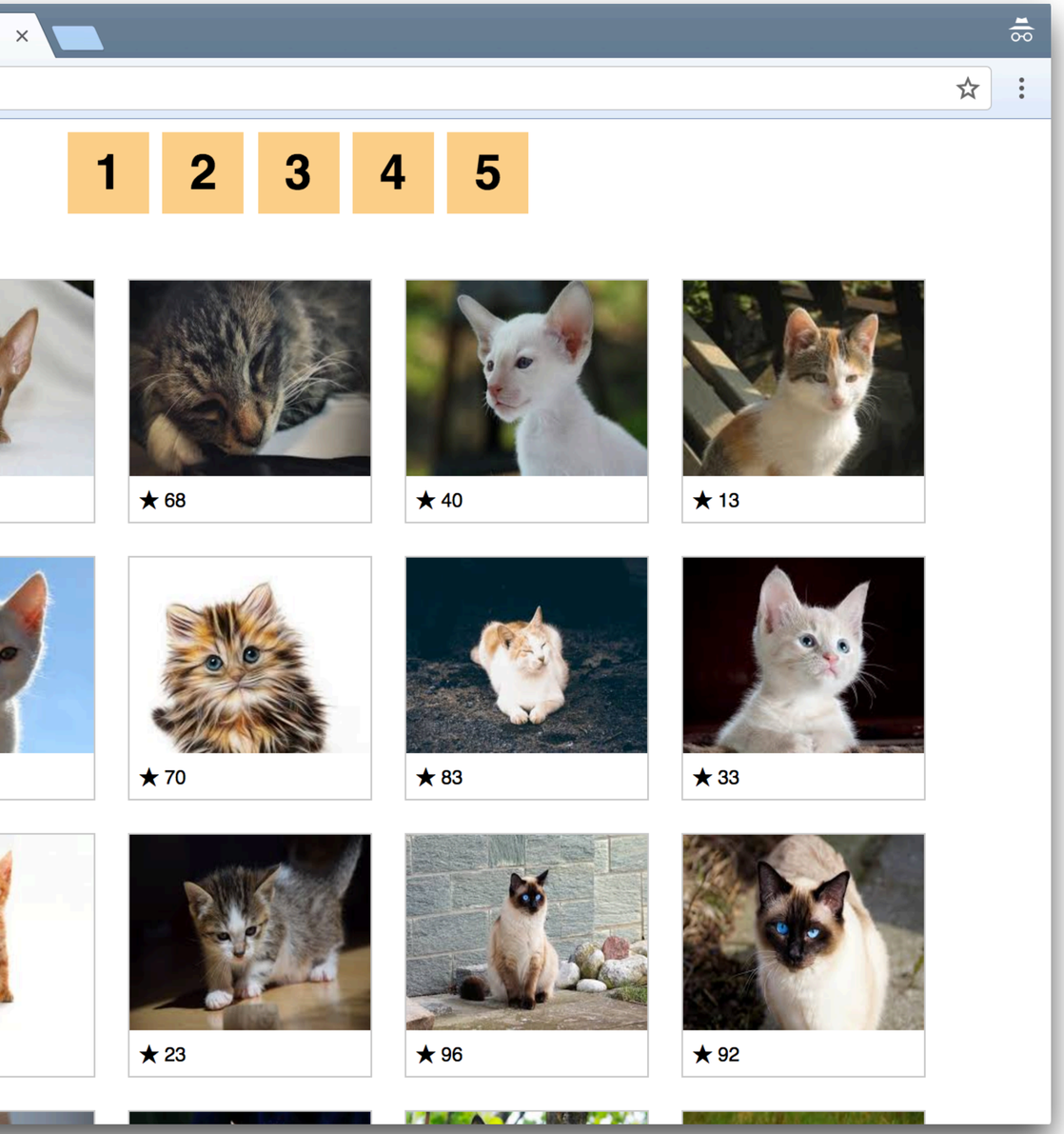
тормоза, связанные с памятью могут происходить и при записи в неё значений и при её автоматической очистке. Прогнозировать момент возникновения тормозов очень сложно

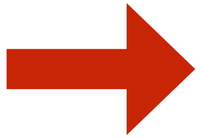
Процессор

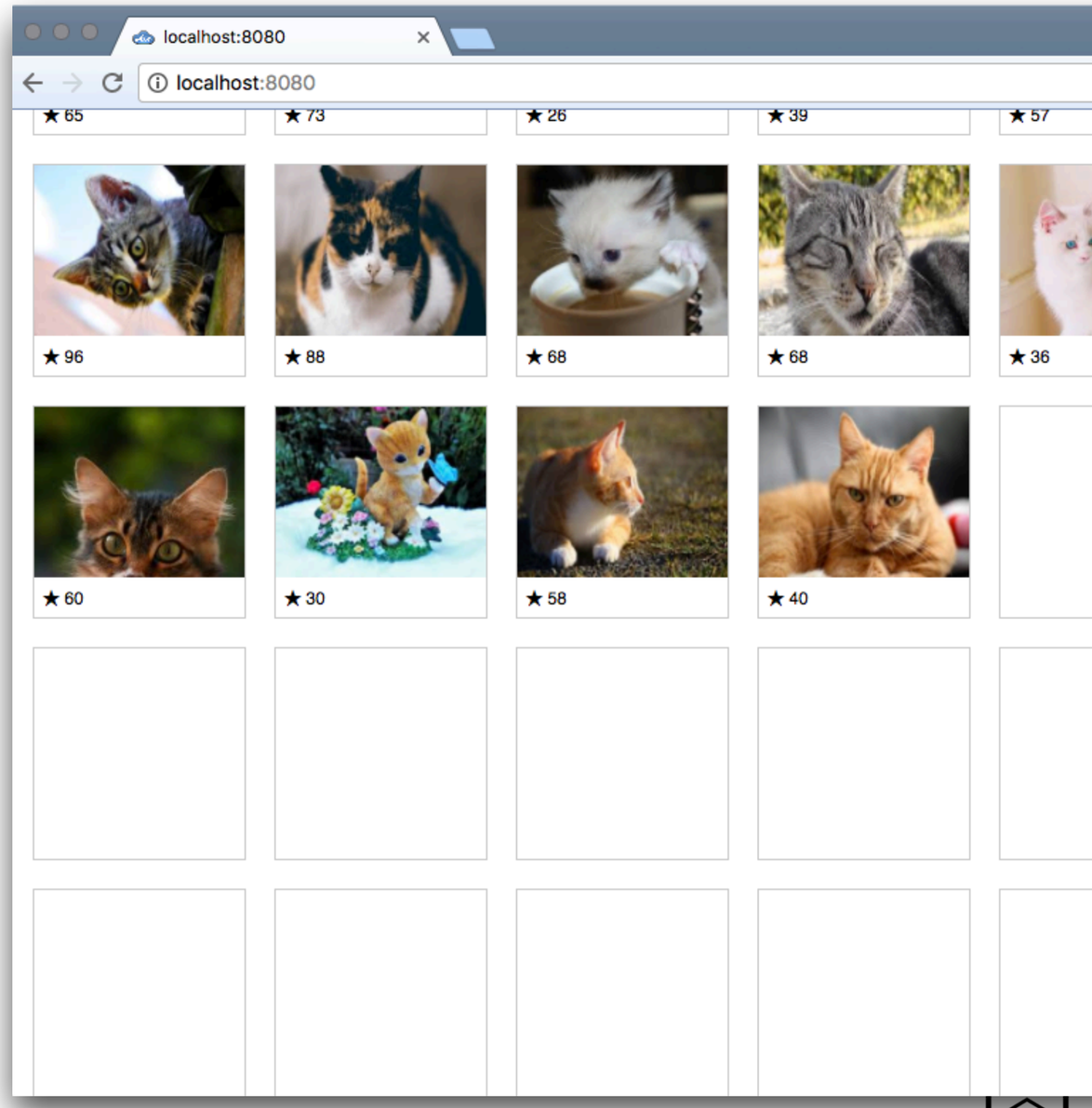
Как ускорить работу процессора

- уменьшить объем вычислений
- затротлить 
- воспользоваться другими инструментами расчёта

Уменьшение объема вычислений

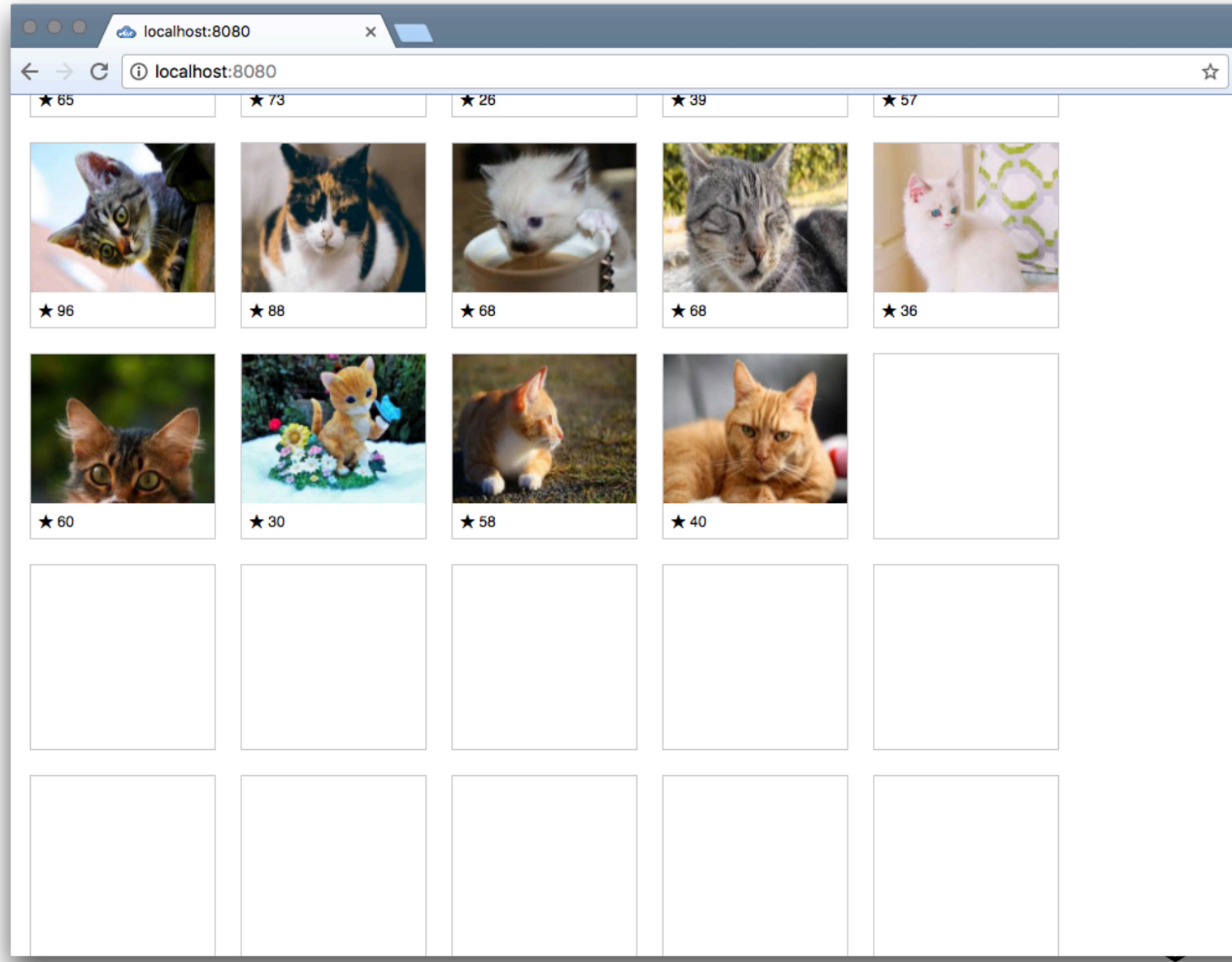

1 2 3 4 5
★ 68
★ 40
★ 13
★ 70
★ 83
★ 33
★ 23
★ 96
★ 92




localhost:8080
localhost:8080
★ 65
★ 73
★ 26
★ 39
★ 57
★ 96
★ 88
★ 68
★ 68
★ 36
★ 60
★ 30
★ 58
★ 40

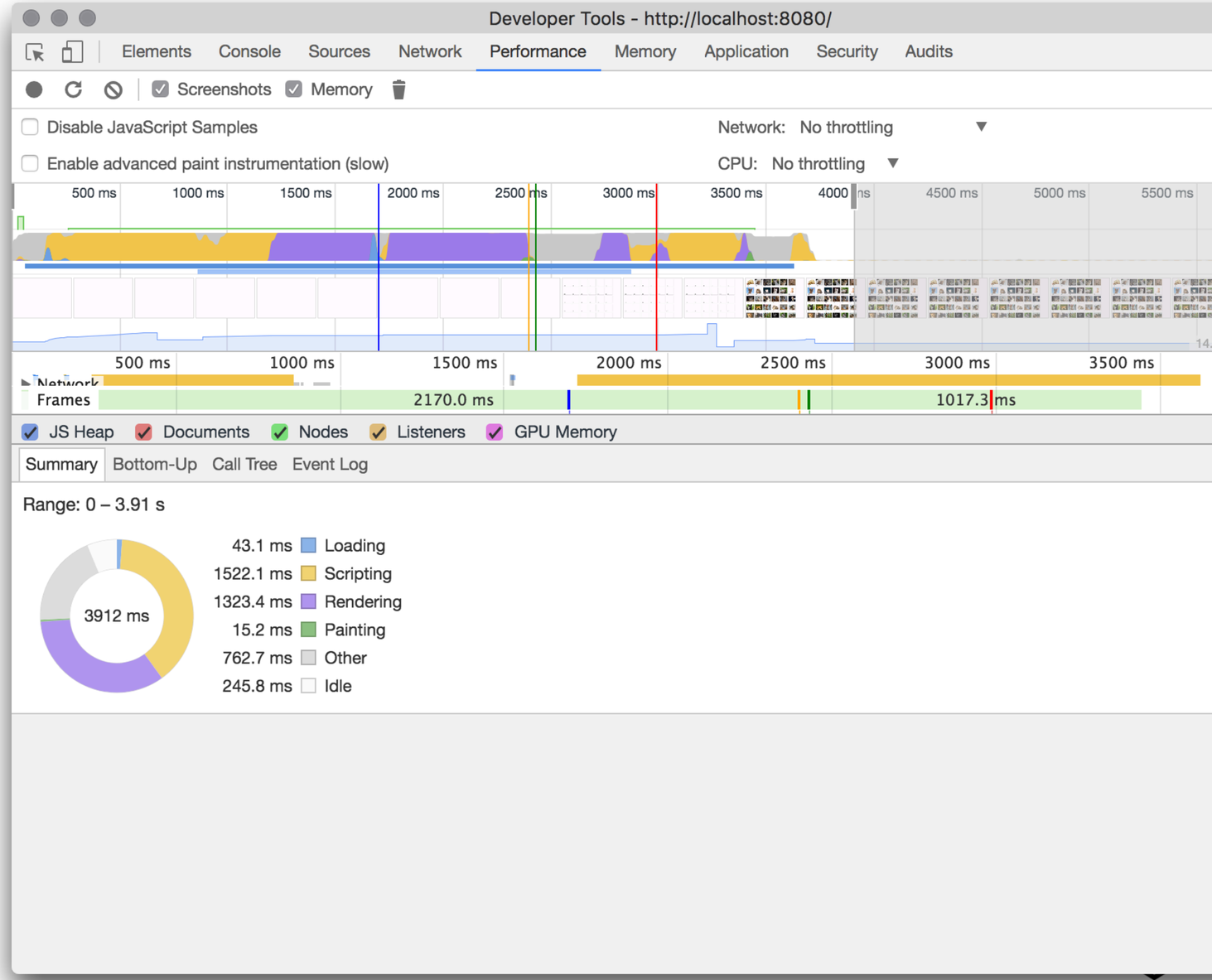
Динамическая прокрутка

показывать пользователю только те элементы, которые находятся в его поле зрения. Остальные элементы отрисовывать по мере необходимости



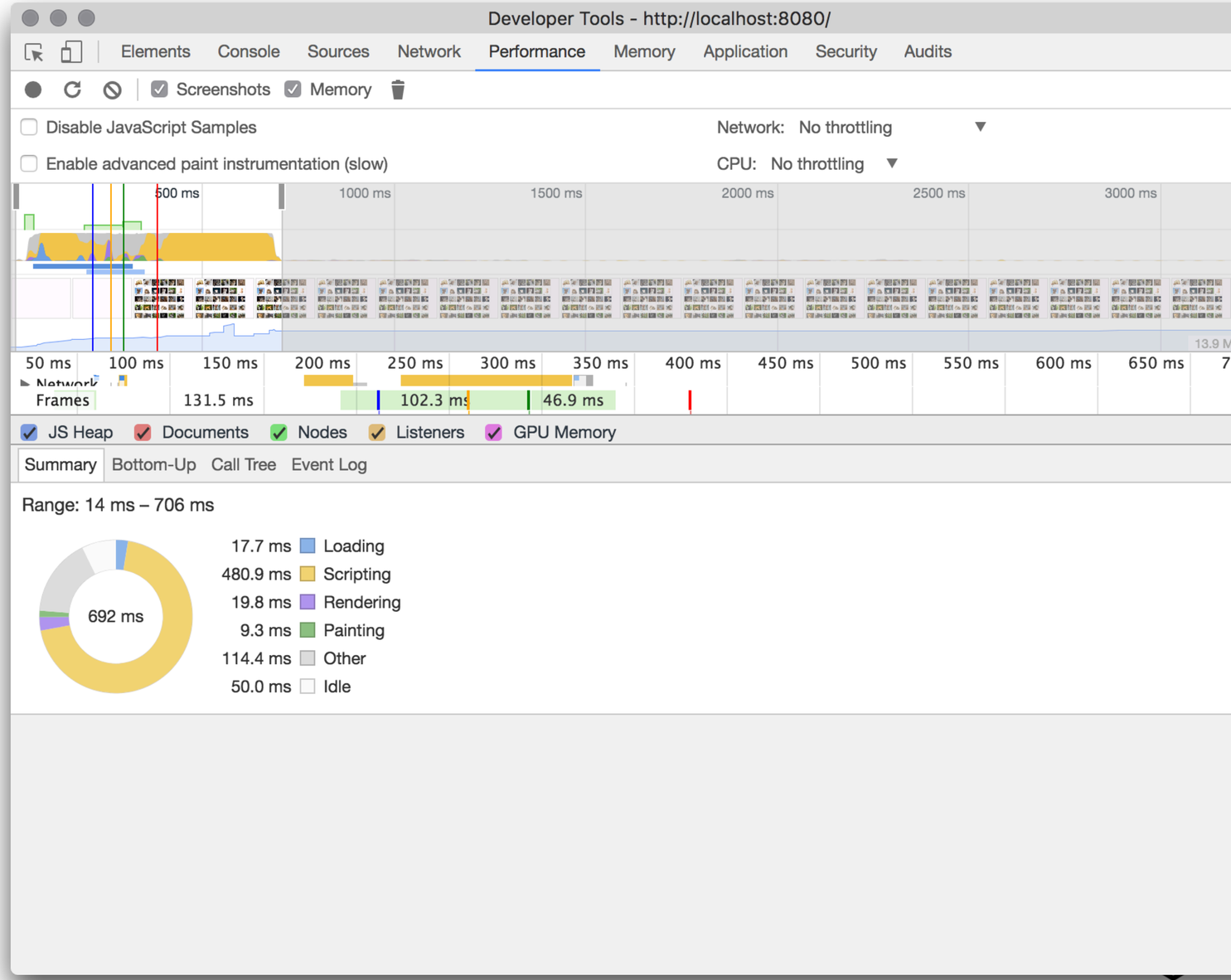
Первая страница на 5000 элементов

- полная отрисовка заняла четыре секунды
- пользователь увидел хоть что-то через две с половиной секунды
- пользователь увидел контент почти через три с половиной секунды



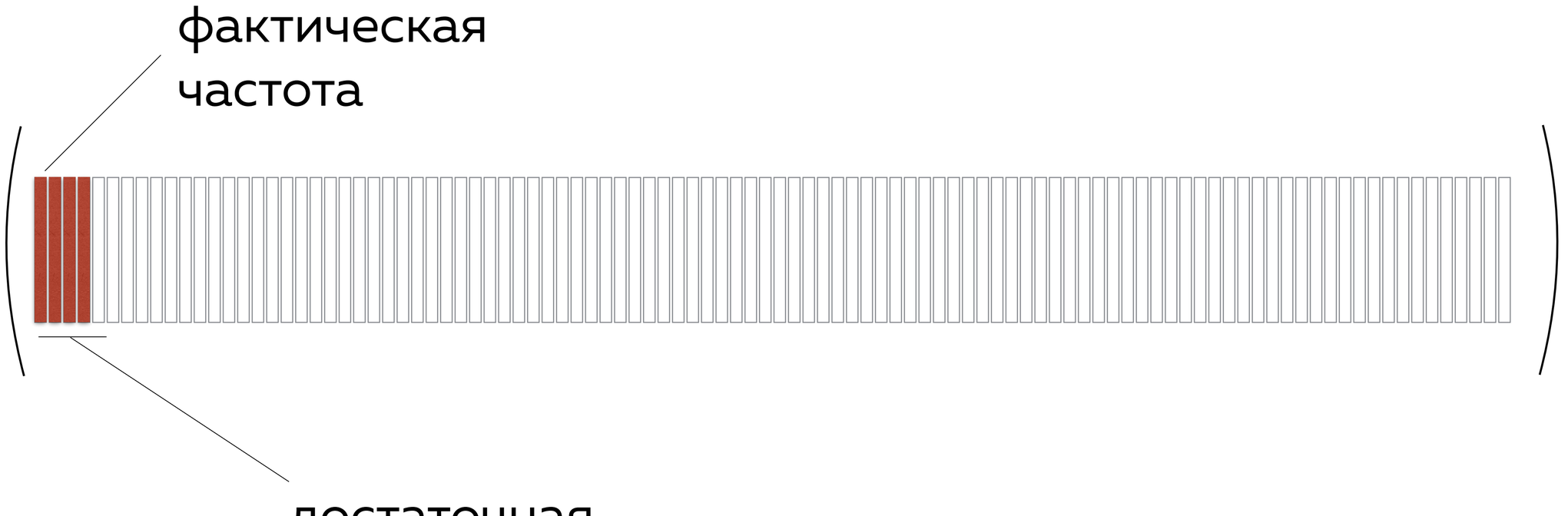
Первая страница на 100 элементов

- полная отрисовка произошла меньше чем за полсекунды
- пользователь увидел результаты сразу как только появился контент, не было дополнительной загрузки, это заняло четверть секнуды



Тротлинг 

Тротлинг *(пропуск кадров)*



Проверка положения скролла

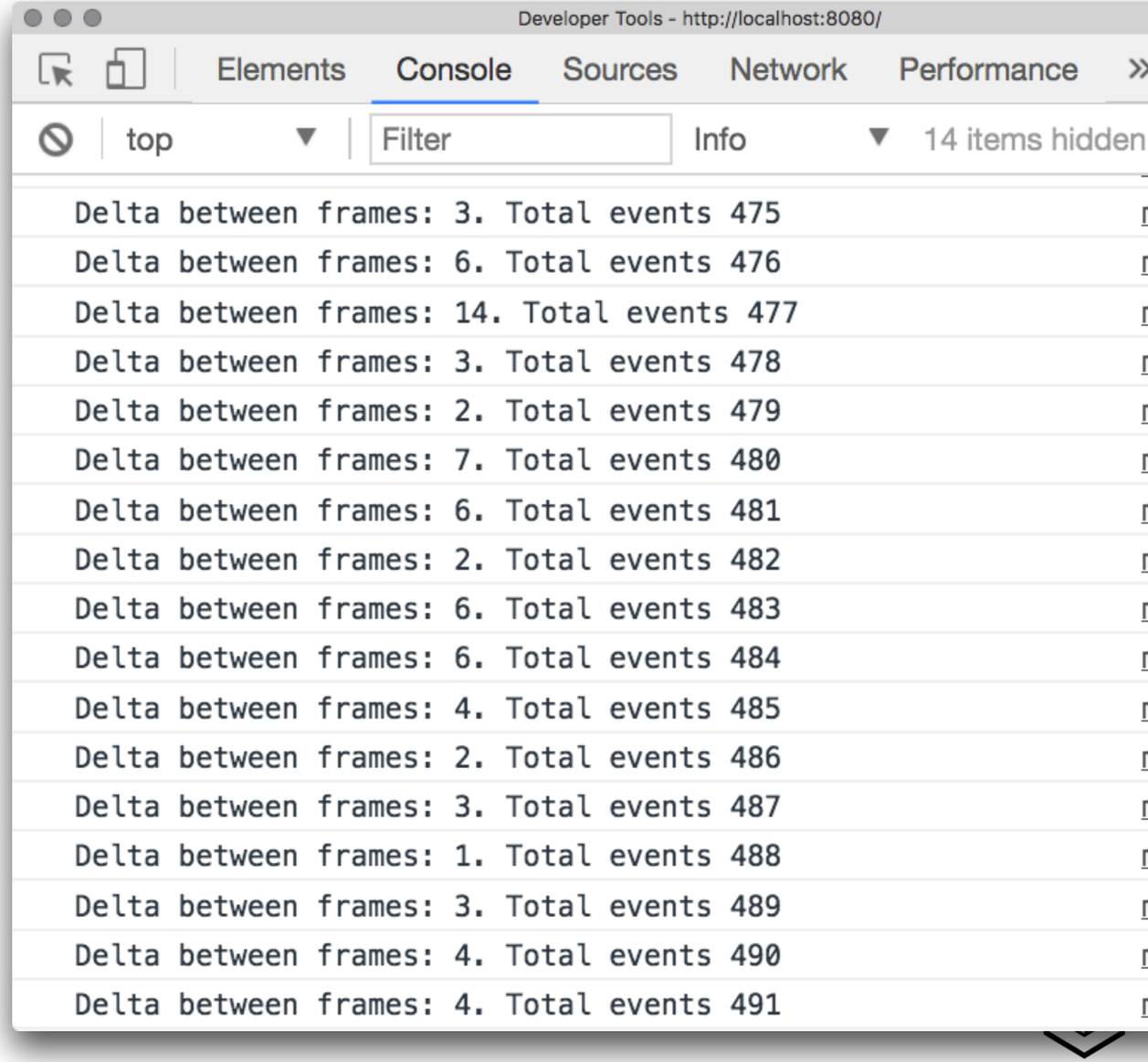
по каждому событию скролла проверяется, не находится ли пользователь в низу страницы (с небольшим запасом)

```
window.onscroll = () => {
  if (document.body.scrollTop + wind
      document.body.scrollHeight - S
    switchPage(pageSwitcher, PAGE_SI
  }
};
```

Прокрутка 100 фоток

- событие скролла каждые **4 пикселя** при высоте страницы в 1000

- от верха до низа — почти **500 проверок** где находится пользователь



Оптимизированная проверка

- событие скролла происходит с прежней частотой
- дополнительная нагрузка на скролл в виде сложных вычислений производится не чаще, чем раз в *100 мсек*

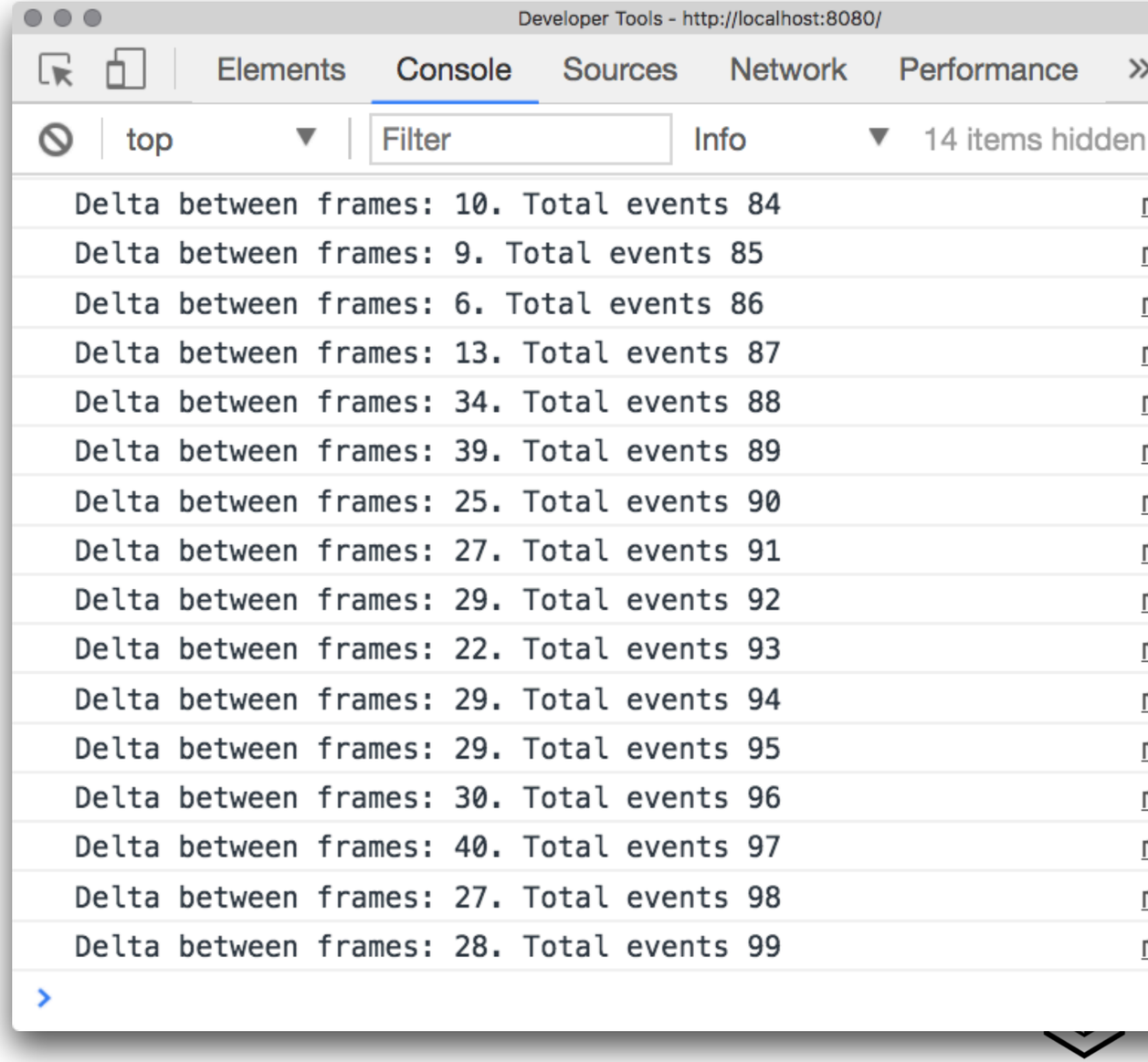
```
let prevComparison = performance.now

window.onscroll = () => {
  const now = performance.now();
  if (now - prevComparison >= 100) {
    if (document.body.scrollTop + wi
        document.body.scrollHeight -
      switchPage(pageSwitcher, PAGE_
    }

    prevComparison = now;
  }
};
```

Прокрутка 100 фоток — тротл 100 мсек

- событие скролла каждые **20-30 пикселей** при высоте страницы в 1000
- **100 проверок** где находится пользователь



Отдать вычисления

Отдать вычисления

- на видеокарту *(canvas)*
- на сервер
- в другой поток *(ServiceWorker)*

Отдать на видеокарту

почему браузерные игры делают не на SVG

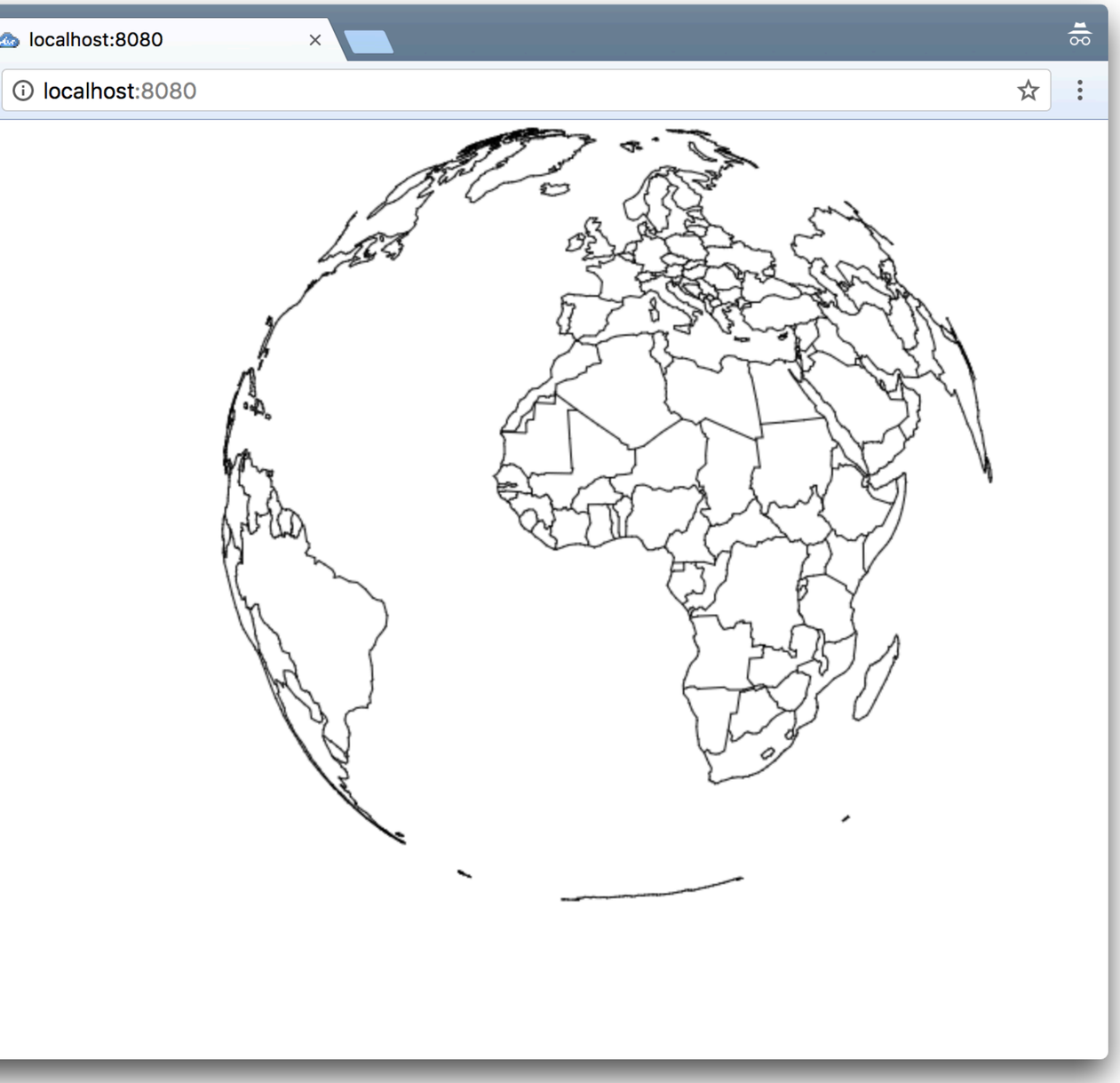
SVG

- все элементы хранятся в памяти, даже незначительные
- с каждым элементом можно взаимодействовать: изменять после отрисовки, анимировать, описывать пользовательское взаимодействие, обновлять по одиночке
- видеокарта используется не на полную: параметры элементы высчитываются на процессоре и только потом отрисовываются через видеокарту

canvas

- все отрисовывается сразу и все объекты превращаются в набор пикселей *(не используется память для долгосрочного хранения элементов)*
- для хранения данных нужно использовать отдельные структуры, которые можно оптимизировать под задачу
- низкоуровневое API: из коробки нет стилизации, взаимодействия с пользователем, анимации, работы с отдельными элементами
- вся отрисовка происходит на видеокарте

Покрутим земной шар

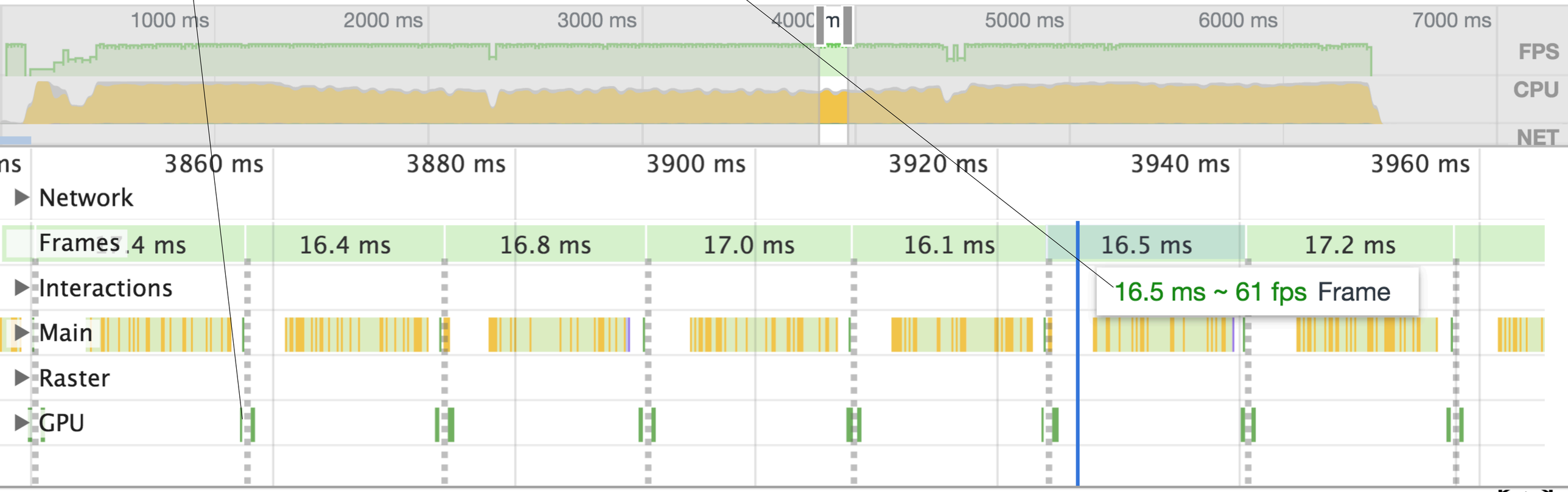


- 800×600
- все страны описаны через один контур *(path)*
- частоту кадров определяет сам браузер *(requestAnimationFrame)*
- один оборот на 360° по градусу за кадр

canvas

для отрисовки
используется
только GPU

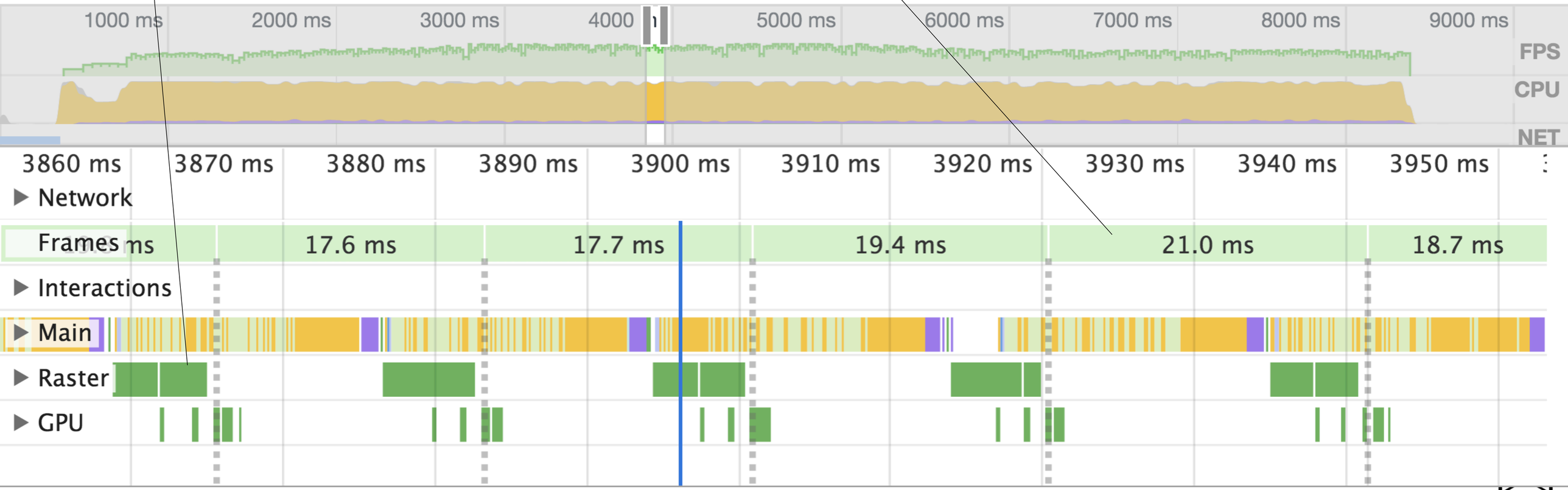
в среднем время
выполнения 6—6,5 сек
(360 frames / ~6 sec = ~60 FPS)

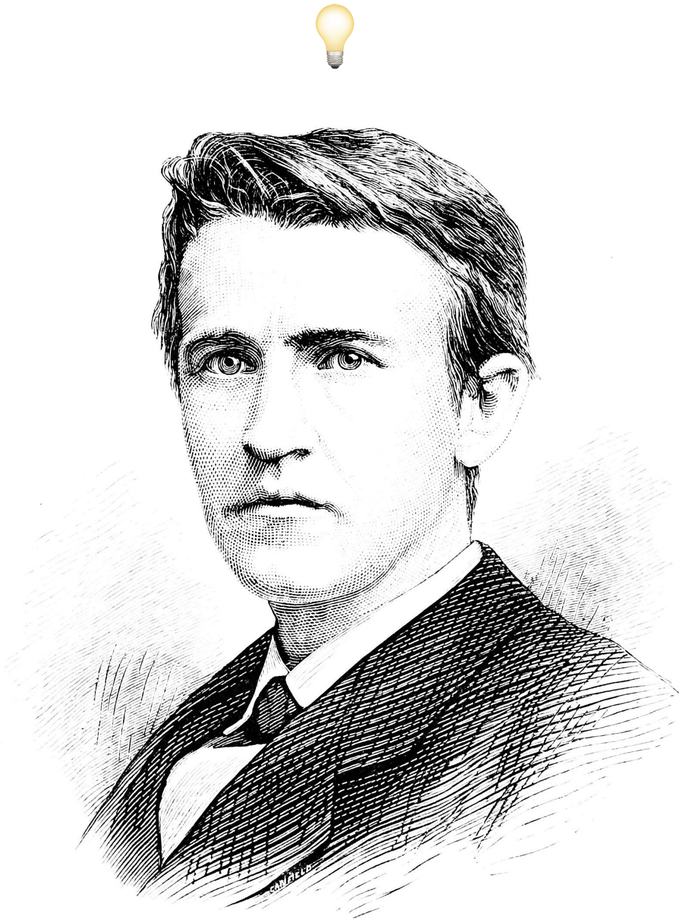


SVG

сначала параметры нод
рассчитываются процессором
как узлы DOM-дерева

в среднем время
выполнения 8 сек
(360 frames / ~8 sec = ~45 FPS)

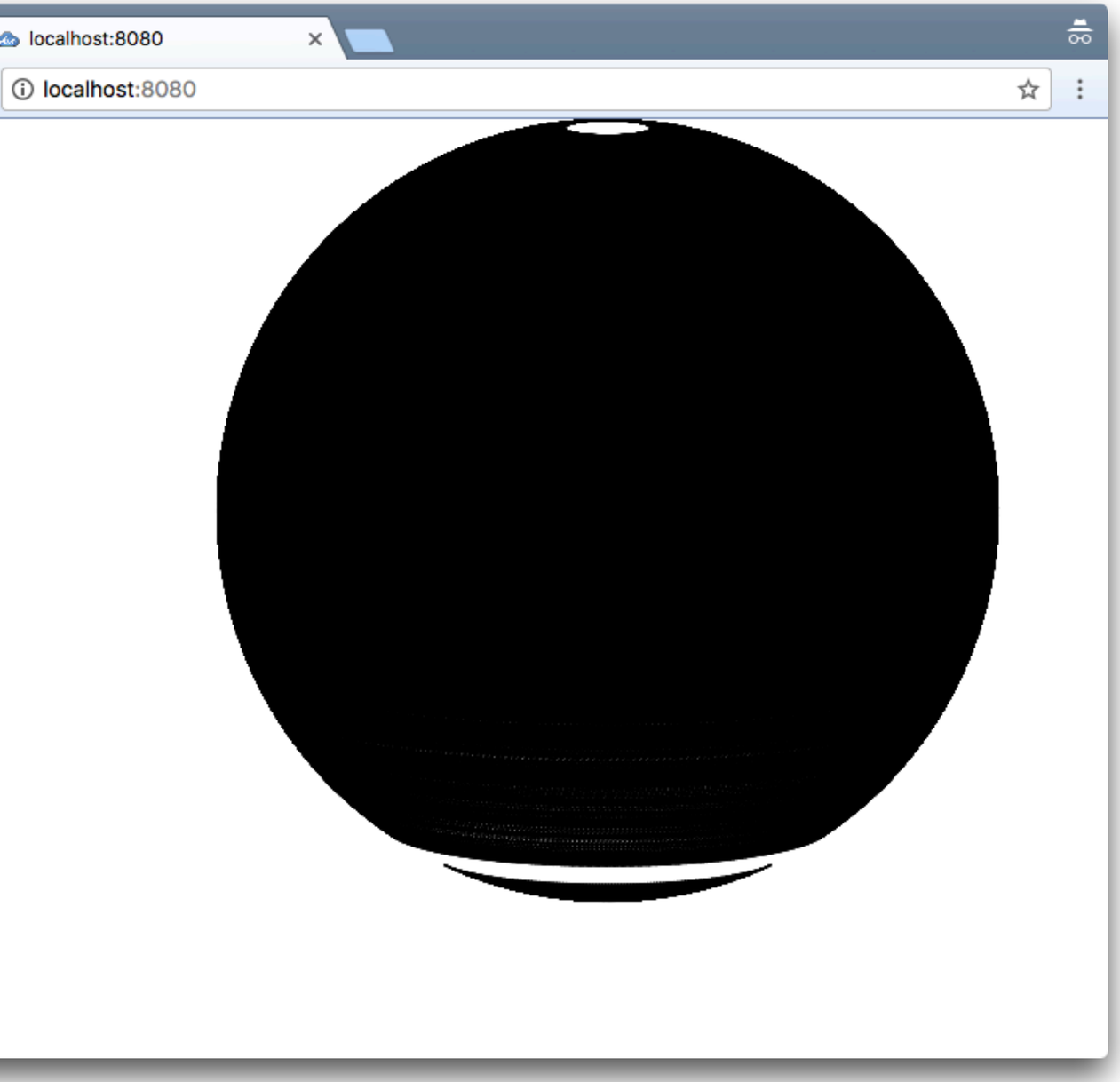




— *To obviate flicker from white light projected on a bright surface requires about 48 obscurations per second*

Эдисон,
который с лампочкой

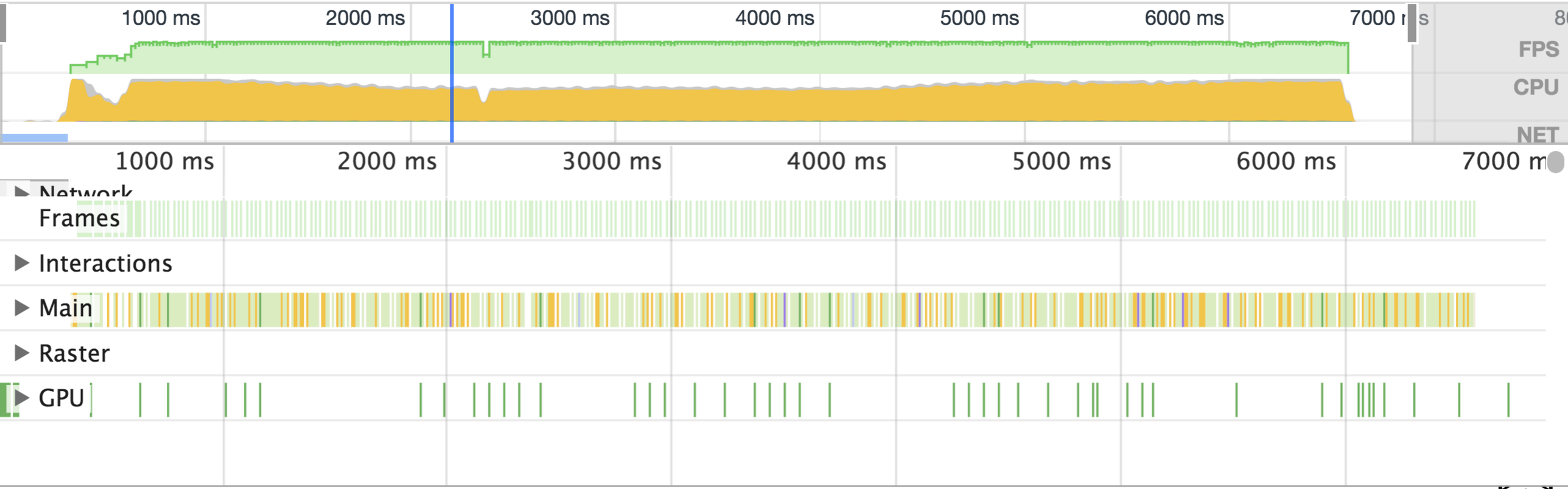
Странный тест на утечку



при вызове каждого последующего кадра «забыта» очистка предыдущего: следующее состояние рисуется поверх

canvas

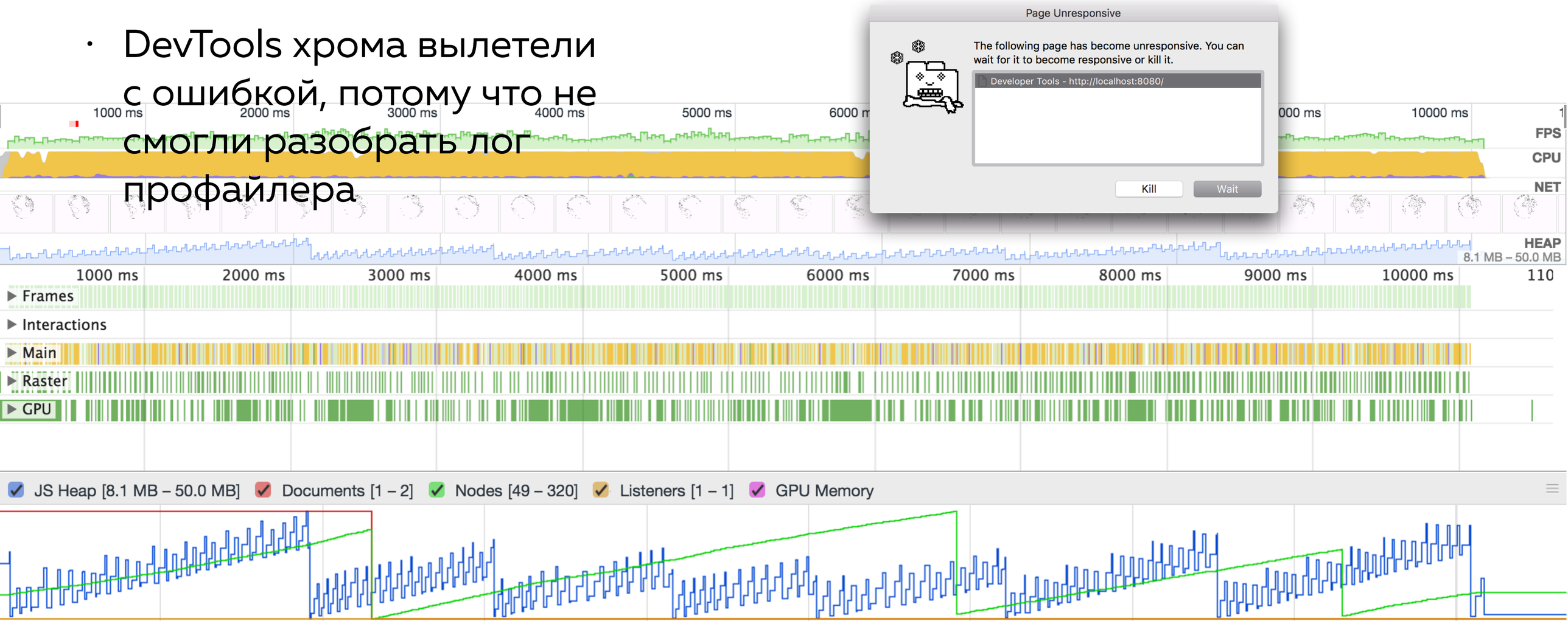
результаты не
изменились — 6 сек,
~60 FPS



SVG

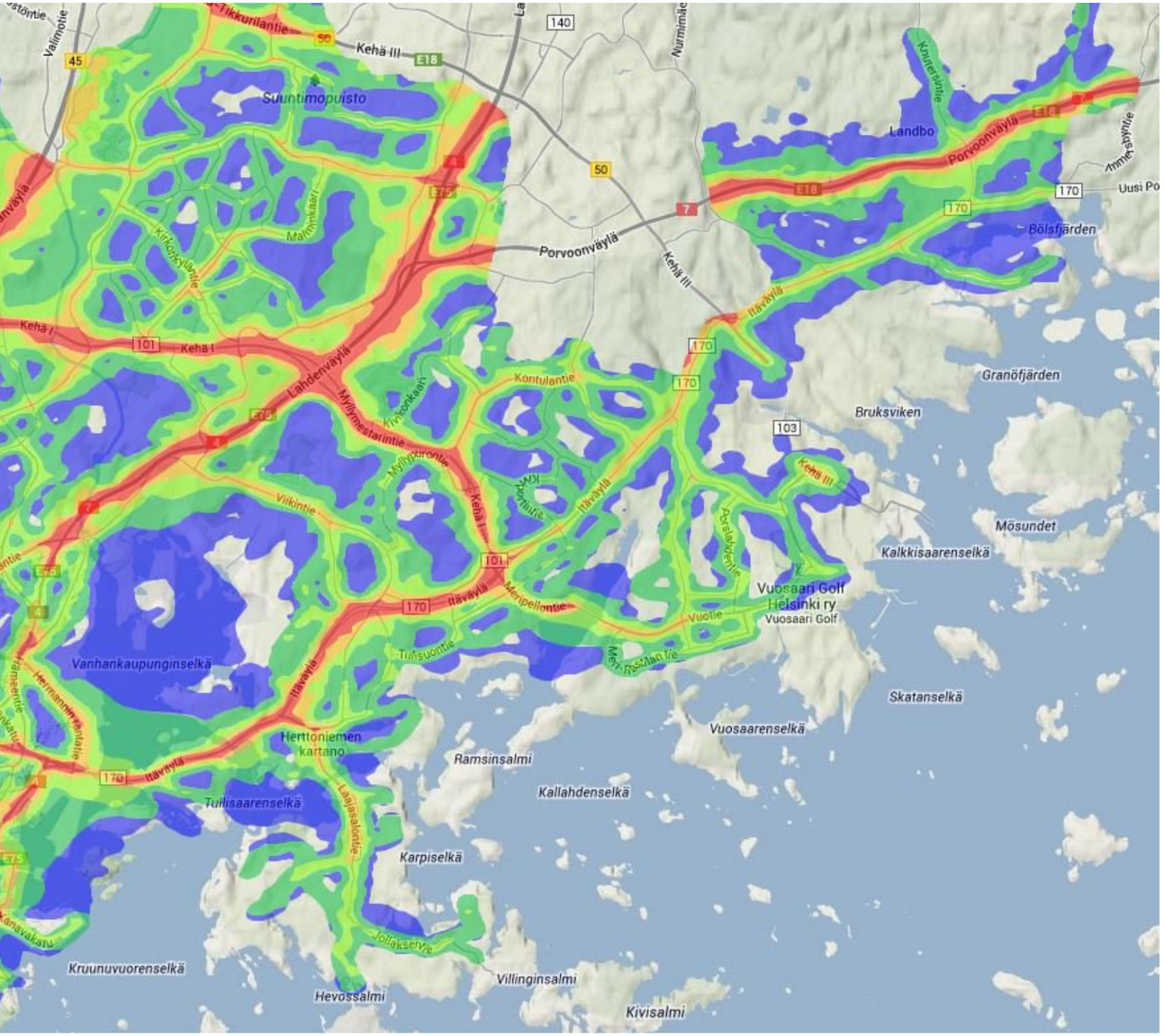
- полная длительность анимации составила 24 минуты

- DevTools хрома вылетели с ошибкой, потому что не смогли разобрать лог профайлера



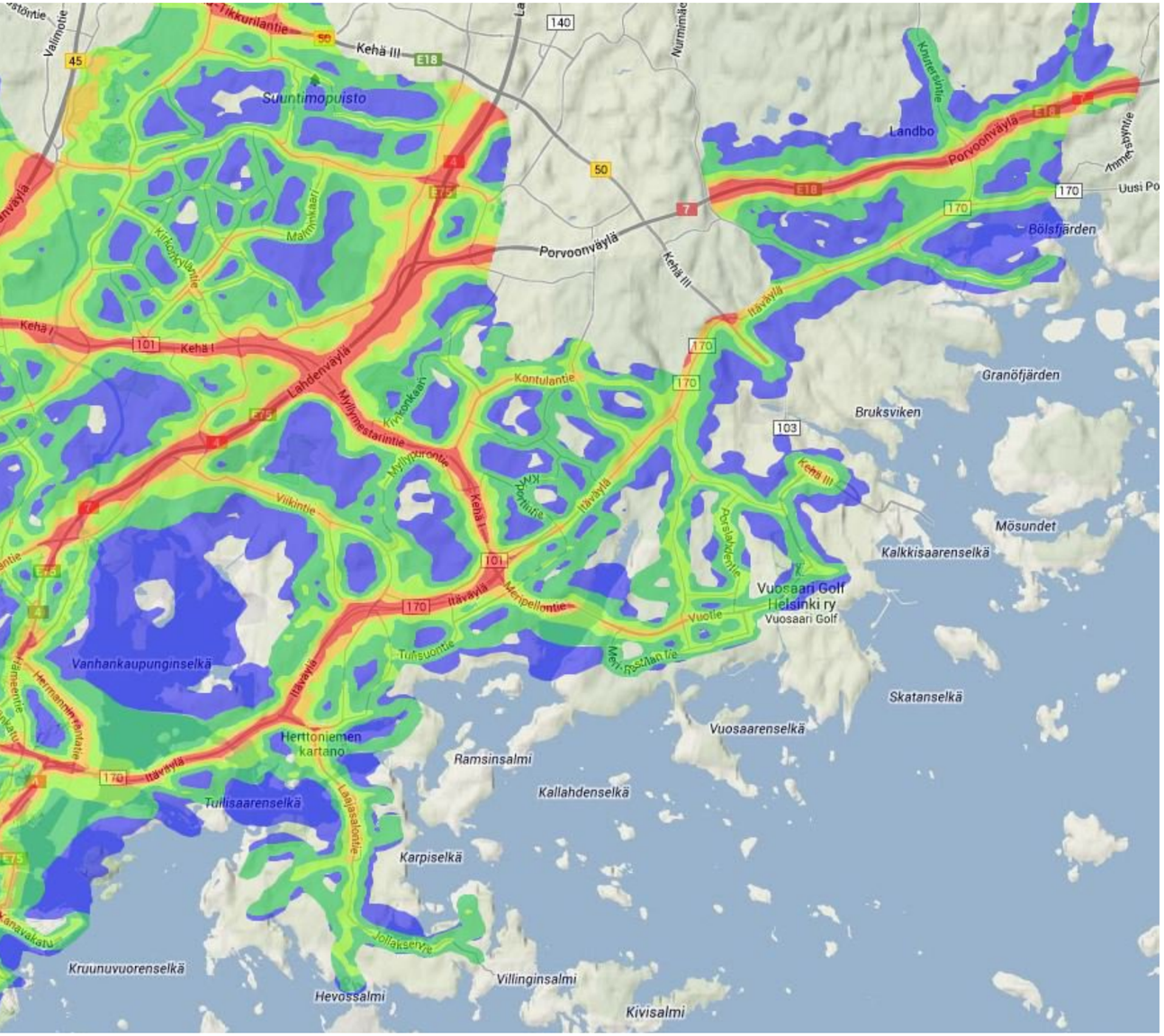
Отдать вычисления на сервер

Задача: тепловая карта



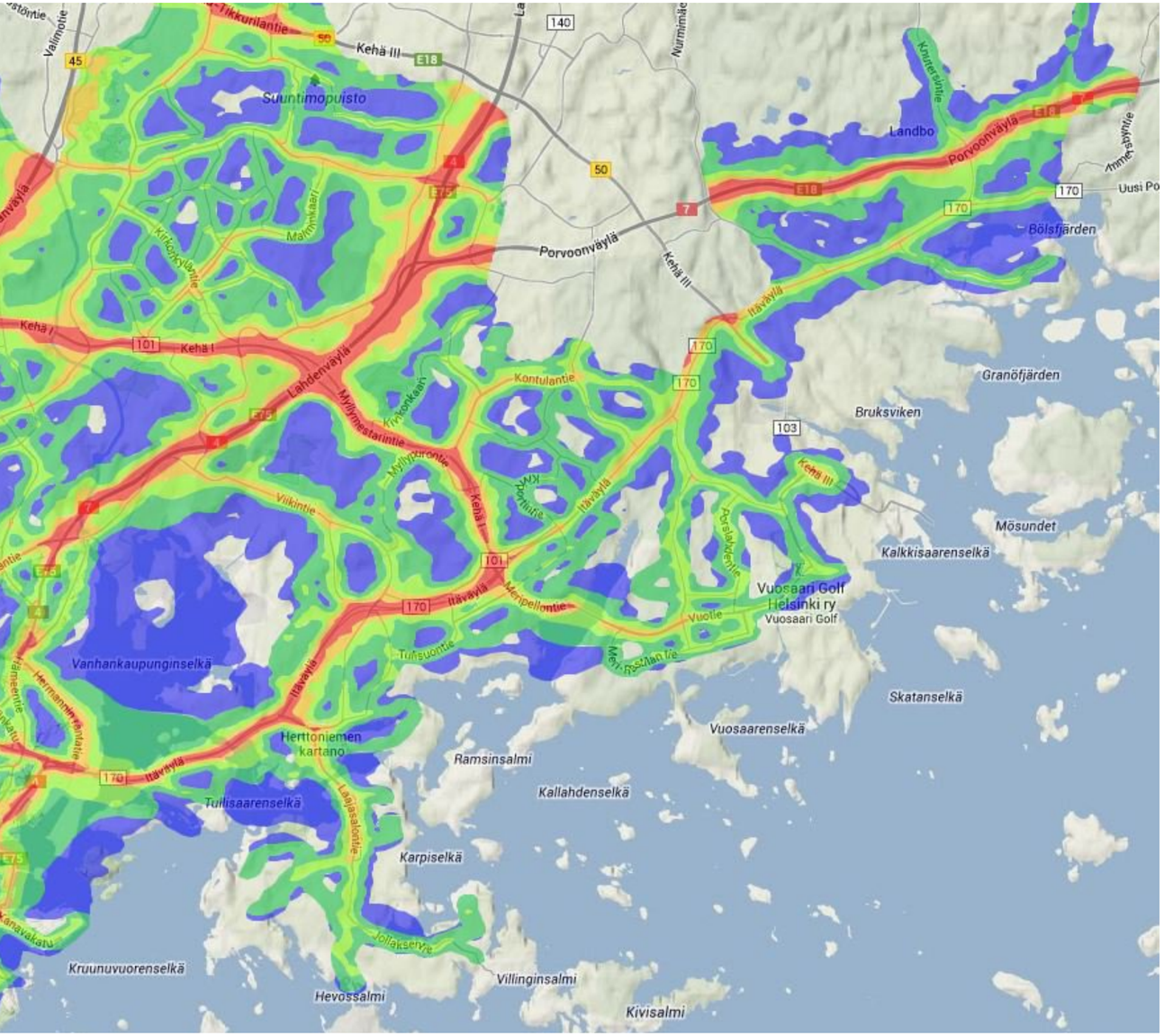
- шаг обновления данных — 1px
- полная перерисовка после каждого изменения состояния карты *(заново создавать все canvas)*
- отсутствие интерактивного взаимодействия: данные статичны

Решение на canvas



- с нуля написанный код — нет готовых хороших библиотек для создания тепловых карт
- большие вычисления приводят к одинаковому результату — тепловая карта не меняется со временем

Запрос изображений с сервера

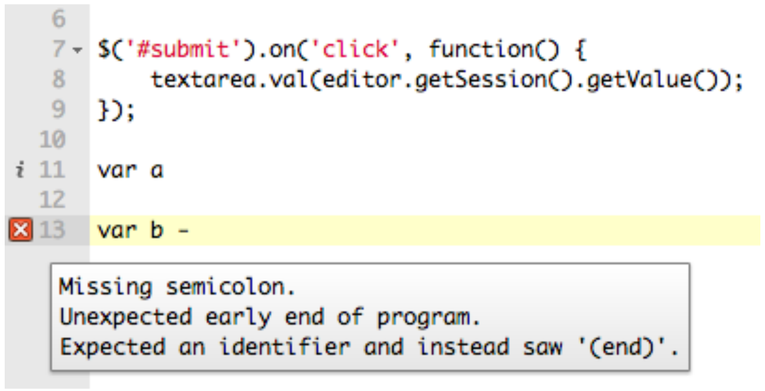


- изображения сгенерированы с помощью библиотеки визуализации для Python
- изображения хранятся на сервере и не создаются повторно для каждого использования
- кеширование уже загруженных изображений в браузере

Отдать в параллельный поток

Отдать в параллельный поток

редактор ace.js проводит проверку синтаксиса загруженного файла. Чтобы не тормозить основные вычисления *(работа с редактором)*, проверка производится в параллельном потоке



Отдать вычисления

- измените рендерер d3.js на канвас
- много запросов — не всегда плохо, иногда они работают быстрее, чем вычисления на клиенте
- сложные оверлеи на картах Google лучше сделать один раз на сервере картинками
- то, что можно посчитать параллельно, отдайте в `Worker`

Что делать, если оптимизировать невозможно

Если оптимизировать невозможно

- использовать обратную связь *(спиннеры, заблокированные кнопки)*

- использовать особенности восприятия *(приветственный экран Apple — муляж, фотография последнего экрана)*

Правильная обратная связь

Обратная связь курильщика


```
GET http://localhost/ 500 Internal Server Err…
Some error happened
```

Обратная связь здорового человека

Что-то пошло не так и ваш голос не зачёлся

```
GET http://localhost/ 500 Internal Server Err…
```

Обратная связь курильщика: 2

Месть обратной связи

Очень остроумный коммент 👎

Очень остроумный коммент 👎

```
GET http://localhost/ 204
GET http://localhost/ 204
```

Обратная связь здорового человека: 2

Новая надежда

Очень остроумный коммент 👍

Очень остроумно!

```
GET http://localhost/ 204
```

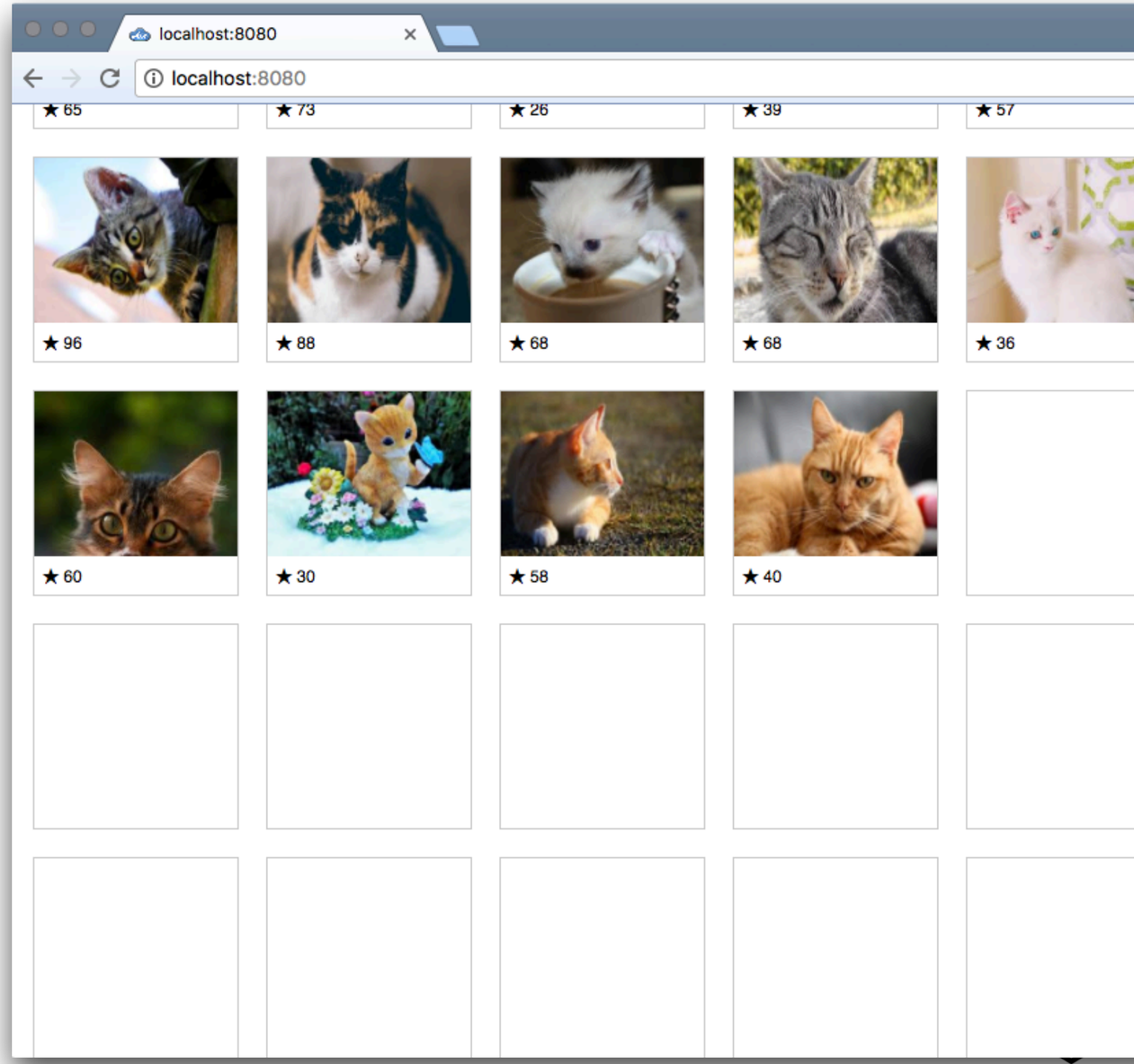
Скриншот

Mac OS во время загрузки

чтобы создать впечатление
мгновенной инициализации
ОС, Mac показывает
скриншот последнего
состояния страницы,
а в фоне производит
необходимые вычисления

Динамическая прокрутка

если элементы не успели прорисоваться при быстрой прокрутке, можно показать их муляжи, которые при остановке скролла заменятся на настоящие



Алгоритм оптимизации

1. Уменьшить нагрузку на процессор
    1. использовать *меньше* памяти
    2. проверить частоту кадров, вероятно её можно снизить
    3. использовать все возможные ресурсы для расчётов
2. Добавить обратную связь в интерфейс
3. Начать оптимизацию памяти 👋

👏 Спасибо!

o0.github.io

латинская «о», ноль