

# Отчет о нагрузочном тестировании АЦ 2.5.1

- Введение
  - Список терминов и сокращений
  - Назначение
- Методика тестирования
  - Цели и задачи тестирования
    - Цели
    - Задачи
  - Требования к производительности
  - Профиль нагрузки
  - Тестовые данные
  - Профиль нагрузочного тестирования
  - Профиль тестирования стабильности
  - Профиль стресс тестирования
  - Показатели производительности
    - Показатели производительности сервера приложения:
    - Показатели производительности сервера БД
    - Метрики утилизации аппаратных ресурсов серверов приложений и БД:
  - Инструменты эмулярования нагрузки
  - Конфигурация тестового стенда
    - Описание конфигурации тестового стенда
    - Конфигурация серверов приложения
      - Характеристики сервера приложения
    - Конфигурация сервера СУБД
      - Характеристики сервера БД
    - Конфигурация сервера NATS Streaming
      - Характеристики сервера NATS Streaming
    - Конфигурация инфраструктурных компонентов
      - Характеристики сервера инфраструктурных компонентов
    - Конфигурация балансировщика
      - Характеристика сервера балансировщика
    - Конфигурация сервера, генерирующего нагрузку
      - Характеристика сервера, генерирующего нагрузку
- Результаты
  - Определение максимальной и пиковой производительности
    - Общая статистика по запросам и время ответа
    - Количество ответов в секунду с разделением по статусу
    - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений
    - Показатели производительности сервера СУБД
    - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД
    - Метрики сервера NATS Streaming
  - Тестирование работы системы при отсутствии CDN
    - Общая статистика по запросам и время ответа
    - Количество ответов в секунду с разделением по статусу
    - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений
    - Показатели производительности сервера СУБД
    - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД
  - Тестирование масштабируемости
    - Базовая конфигурация
    - Вертикальное масштабирование
    - Горизонтальное масштабирование
    - Сравнение показателей производительности
      - Общая статистика по запросам и время ответа
      - Количество ответов в секунду с разделением по статусу
      - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений
      - Показатели производительности сервера СУБД
      - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД
  - Тестирование стабильности системы
    - Нагрузка 100% длительность 12 часов
      - Общая статистика по запросам и время ответа
      - Количество ответов в секунду с разделением по статусу
      - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений
      - Показатели производительности сервера СУБД
      - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД

- Метрики сервера NATS Streaming
- Сравнение с релизом 2.5.0
  - База данных:
  - Серверы приложений:
    - Общая статистика по запросам и время ответа
    - Количество ответов в секунду с разделением по статусу
    - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений
    - Показатели производительности сервера СУБД
    - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД
- Тестирование минимальной конфигурации
  - SSD диск
    - Максимальная производительность
      - Общая статистика по запросам и время ответа
      - Количество ответов в секунду с разделением по статусу
      - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений
      - Показатели производительности сервера СУБД
      - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД
    - Нагрузка интенсивность 100%, длительностью 1 час
      - Общая статистика по запросам и время ответа
      - Количество ответов в секунду с разделением по статусу
      - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений
      - Показатели производительности сервера СУБД
      - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД
  - HDD диск
    - Максимальная производительность
      - Общая статистика по запросам и время ответа
      - Количество ответов в секунду с разделением по статусу
      - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений
      - Показатели производительности сервера СУБД
      - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД
    - Нагрузка интенсивность 100%, длительностью 1 час
      - Общая статистика по запросам и время ответа
      - Количество ответов в секунду с разделением по статусу
      - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений
      - Показатели производительности сервера СУБД
      - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД
- Тестирование доступности
  - Показатели времени отклика
  - Выключение и включение 1-го App сервера
  - Показатели производительности сервера приложений
  - Отключаемый узел
  - Выключение и включение 3-х App серверов
  - Показатели времени отклика
  - Показатели производительности сервера приложений
  - Отключаемый узел
  - Выключение и включение 1-ого Infra сервера
  - Показатели времени отклика
  - Показатели производительности сервера приложений
  - Показатели производительности сервера Infra
    - Отключаемый узел
    - Новый master узел
  - Выключение и включение 2-х Infra серверов
  - Показатели времени отклика
  - Показатели производительности сервера приложений
  - Выключение и включение сервера NATS Streaming
  - Показатели времени отклика
  - Показатели производительности сервера приложений
  - Показатели производительности сервера NATS
    - Отключаемый узел
    - Новый primary узел
  - Выключение и включение 2-х серверов NATS Streaming
  - Показатели времени отклика
  - Показатели производительности сервера приложений
- Стресс тестирование
  - Восстановление после стрессовой нагрузки 225%-100%
    - Показатели производительности сервера приложений
    - Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений

- [Использование дискового пространства](#)
  - [База данных ПБ](#)
  - [База данных ПУ](#)
  - [База данных ПМ](#)
  - [Пространство, требуемое для хранения кэша контента NGINX](#)
- [Выводы](#)
  - [Вывод по использованию дискового пространства](#)

# Введение

## Список терминов и сокращений

Термин, сокращение	Определение
НТ	Нагрузочное тестирование.
БД	База данных.
CPU	Central processor unit - центральный процессор.
СУБД	Система управления базами данных.
RAM	Random Access Memory - оперативная память.
МП	Максимальная производительность.
CDN	Content Delivery Network - сеть доставки контента.
RPS	Requests per second - количество запросов в секунду.
СХД	Система хранения данных.
СП	Сервер приложений.

## Назначение

Документ представляет собой отчет о проведении нагрузочного тестирования системы Аврора Центр и содержит краткую методику, результаты нагрузочного тестирования и выводы о соответствии системы критериям производительности.

Документ может быть использован с целью ознакомления с результатами тестирования, определения критичности проявляющихся отклонений системы под нагрузкой, принятия соответствующих мер для их предупреждения.

# Методика тестирования

## Цели и задачи тестирования

### Цели

Целями нагрузочного тестирования системы "Аврора Центр" является:

- Проверка соответствия системы целевым требованиям производительности.
- Определение максимальной производительности системы и выявление компонентов, ограничивающих её рост.
- Обнаружение скрытых дефектов, проявляющихся только при нагрузке.
- Подтверждение надежности.
- Проверка реакции приложения на нагрузку, выходящую за пределы поддерживаемой.

### Задачи

1. Собрать требования к тестируемой системе.
2. Проанализировать интеграционные связи, с целью определения систем и операций, которые нужно эмулировать в процессе НТ.
3. Составить профиль нагрузки и сценарии использования.
4. Разработать средства нагрузочного тестирования (скрипты, эмуляторы, генераторы тестовых данных).

5. Провести тестирование и получить показатели производительности системы для их дальнейшего анализа.

## Требования к производительности

1. Устройство
  - a. Поддержка одновременной работы 550K устройств.
  - b. emm
    - i. Накат обновлений политик на 550K устройств, время выполнения - 1 сутки.
    - ii. Получение состояния с устройства и проверка соответствия политике - 1 раз в час.
    - iii. Получение записей из журнала событий безопасности устройства - 1 раз в час.
    - iv. Активация 550K устройств в течение 1 месяца.
  - c. appstore
    - i. Возможность устанавливать приложения на 2 тыс. устройств за 60 секунд. Администратор будет назначать политики, которые включают - 7 приложений, в каждом из которых 5 зависимостей, размер файлов 20MB.
    - ii. Поддержка работы системы со 100 созданными приложениями.
2. Консоль Администратора emm
  - a. Массовая активация 100K устройств за одну операцию, время выполнения - 8 часов.
  - b. Импорт 550K устройств за одну операцию, время выполнения - 1 сутки.
  - c. Поддерживаемое количество созданных политик - 1000.
  - d. Поддерживаемое количество политик, назначенных на устройство - 1000.
  - e. Поддерживаемое количество групп пользователей и устройств - 3 000 000 групп устройств + 1 000 000 групп пользователей.
  - f. Поддерживаемое количество устройств/пользователей в группе - 550K устройств + 1 000 000 пользователей.
  - g. Максимальное время комбинирования политики для назначения на устройство до показа экрана комбинирования - 1 минута.
  - h. Максимальное время от применения результатов комбинирования политик до момента создания операций для всех связанных устройств - 60 минут.
3. Взаимодействие с консолью администратора
  - a. Поддержка работы 20 пользователей
    - i. Среднее количество одновременно работающих пользователей - 3
    - ii. Пиковое количество одновременно работающих пользователей - 20
    - iii. Количество пользователей, одновременно выполняющих операции на одной и той же странице - 15%
    - iv. Среднее время нахождения пользователя на странице - 1,5 минуты
    - v. Целевое время отображения типичной страницы - 95% < 3с, требуемое < 10с, failed <1%
    - vi. Целевое время выполнения запросов на сервер - 95% < 15с, требуемое 30с, failed <1%
4. Консоль разработчика appstore
  - a. Поддержка работы 5 пользователей
    - i. Среднее количество одновременно работающих пользователей - 5
    - ii. Пиковое количество одновременно работающих пользователей - 5
    - iii. Количество пользователей, одновременно выполняющих операции на одной и той же странице - 70%
    - iv. Среднее время нахождения пользователя на странице для осуществления одного запроса - 15s
    - v. Целевое время отображения типичной страницы - 95% < 3с, требуемое < 10с, failed <1%
    - vi. Целевое время выполнения запросов на сервер - 95% < 15с, требуемое 30с, failed <1%
5. Сервер обновления
  - a. Обновление ОС на 550000 устройств - в течение недели, размер обновления - 1Gb
6. Инфраструктура
  - a. CPU, нагрузка не должна превышать 75%
  - b. RAM, утилизация не должна превышать 75%
  - c. IO - 75%
  - d. Network - 10Gbit, среднее значение не превышает 75%
  - e. Максимальное количество параллельных коннектов - 1000
7. Стабильность
  - a. Система автоматически возвращается в рабочее состояние после reboot-а/выключения питания - в течение 10 мин без необходимости выполнения ручных операций
  - b. Система возвращается в рабочее состояние после превышения максимальной нагрузки - в течение 10 минут после снижения нагрузки без необходимости выполнения ручных операций

## Профиль нагрузки

Ввиду того, что основную нагрузку на серверную часть платформы управления создает мобильными устройствами, нагрузочное тестирование проводится только для интерфейсов взаимодействия с мобильными устройствами. Реакция системы на нагрузку, создаваемую администраторами системы, в рамках данного тестирования не проверяется. Так же за рамками данного отчета осталось тестирование производительности клиентской части системы, выполняющейся в браузере или на мобильном устройстве.

На основе требований к системе составлена таблица интенсивности запросов при 100% нагрузке:



Сценарий	Запрос	Интенсивность	Комментарий
	<b>1. ПУ</b>		
Отправка событий безопасности с устройства	Post acknowledge SDJD	191grps	В политике настраивается правило как часто устройство отправляет SDJD события на сервер. В среднем предполагаем, что устройства будут присылать SDJD один раз в час. На неравномерность распределения закладывается 25%. Требуемый рейт (550000/3600) * 1.25 ~ 191grps, Характер нагрузки постоянный, монотонный.
Отправка состояния устройством по расписанию	Post acknowledge occurred	191grps	В политике настраивается правило как часто устройству отправлять состояние на сервер для проверки compliance. В среднем предполагаем, что устройства будут присылать state каждый час. На неравномерность распределения закладывается 25%. Требуемый рейт (550000/3600) * 1.25 ~ 191grps, Характер нагрузки постоянный, монотонный.
Получение устройством следующей операции и ее обработка.	Get next operation	191grps	По умолчанию, устройства раз в час начинают приходить за следующей операцией и последовательно выбирают все очередь. Считаем, что запросы от 550,000 устройств равномерно распределены в течение часа. Наличие операций в очереди - характеристика непостоянная, новые операции создаются периодически. На неравномерность распределения закладывается 25%. Получаем требуемый рейт - (550000/3600)*1.25 ~ 191grps - характер нагрузки периодический.
	Post acknowledge RECEIVED	191grps	На каждую операцию приходит 1 ответ RECEIVED
	Post acknowledge SUCCEDED	191grps	На каждую операцию приходит 1 ответ SUCCEDED.
Завершение активации устройства	Post complete enrolment	10grps	Необходимо активировать 100,000 устройств в течение 8 часов. На неравномерность распределения закладывается 100%. Требуемый рейт: 100,000 / 8 часов / 3600 с * 2 = 10 grps
	Post device tokens	10grps	Получение токена. Интенсивность эквивалентна количеству активаций.
	Get .well-known	10grps	Получение информации об доступных эндпоинтах сервера авторизации. Запрашивается устройствами в момент получения токена. Интенсивность эквивалентна количеству активаций.
	Post device login	10grps	Аутентификация устройства. Интенсивность эквивалентна количеству активаций.
	Post device password	10grps	Смена пароля. Интенсивность эквивалентна количеству активаций.
	Get device code	10grps	Получение кода аутентификации. Интенсивность эквивалентна количеству активаций.
	<b>2. ПМ</b>		
Установка приложений на устройство	Get application release info	234 grps, пики длительность ю 1 час.	Предполагается, что политика с требованием установки приложения будет в виде операции доставлена на все устройства в течение 8 часов. В политике 7 приложений. Скорость отправки пуш уведомлений - 2к сообщений за 60 секунд. 2000/60*7 ~ 234 grps
	Get accessCheck for release build content	234 grps, пики длительность ю 1 час.	
	Get application release build content	234 grps, пики длительность ю 1 час.	
	Get accessCheck for dependency	1167 grps, пики длительность ю 1 час.	В каждом приложении содержится 5 зависимостей. 2000/60*7*5 ~ 1167 grps
	Get application release dependency content	1167 grps, пики длительность ю 1 час.	

Пересчёт интенсивностей получения контента в случае с включенным CDN:

Запрос	Интенсивность	Комментарий
Get application release build content	7 rps	7 приложений скачиваются с СП, остальные запросы будет обслуживать CDN.  Считаем, что в первую секунду придут все 7 запросов из разных приложений.
Get application release dependency content	35 rps	В каждом приложении содержится 5 зависимостей => $5 \cdot 7 = 35$ rps.

## Тестовые данные

Для эмуляции тестовой нагрузки единоразово было заведено и активировано 550,000 устройств. Заполнение Аврора Маркета выполнено в соответствии требованиями - 7 приложений (41 релиз), в каждом из которых 5 зависимостей, размер grm пакета как для билда, так и для зависимости составляет 20MB. Если длительность теста была дольше, чем время перебора полного списка активированных устройств, то устройства из списка выбирались повторно. Операции для обработки активированными устройствами готовились перед каждым тестом заново. Для профилей нагрузочного и стресс тестирования количество подготовленных операций соответствовало количеству предполагаемых запросов. Для профиля тестирования стабильности операции готовились только на первый час, имитируя ситуацию, когда устройства полностью получили и обработали все операции и оставшееся время получали отсутствие следующей операции в очереди на выполнение. Скачивание приложений происходило на протяжении всего теста независимо от профиля.

## Профиль нагрузочного тестирования

Позволяет оценить поведение системы при возрастающей интенсивности нагрузки, а также определить максимальный уровень нагрузки, которую может выдержать система.

В данном профиле используется ступенчатая нагрузка интенсивностью 25%, 50%, 75%, 100%, 125%, 150%, 175%, 200%, 225%, 250%, 275%, 300%. Каждая ступень длительностью по 5 минут.

Профиль позволяет, ступенчато увеличивая количество запросов, подойти до верхней границы производительности системы. На каждом шаге фиксировались показатели производительности и метрики утилизации системных ресурсов, что дает возможность определить какие аппаратные ресурсы требуются в зависимости от количества подключенных устройств, и границы приемлемой производительности при достижении предельных возможностей масштабирования системы.

## Профиль тестирования стабильности

Данный профиль использовался для проверки работоспособности системы на длительном интервале времени, а так же для тестирования отказоустойчивости и восстановления после сбоя. Стабильность работы системы проверялась в целевой конфигурации с интенсивностью 100% - 550,000 устройств, и в минимальной конфигурации с интенсивность 2% - 10,000 устройств.

В ходе тестирования стабильности основной акцент делается на:

- подтверждение отсутствия утечек памяти
- подтверждение отсутствие перезапусков или подвисаний сервисов приложения или инфраструктурных компонентов, серверов
- выявление любых ошибок, связанные с накоплением данных
- отсутствие отключений или сбоев в работе сетевого оборудования
- определения среднего прироста данных и утилизации ресурсов их хранения

В ходе тестирования отказоустойчивости и восстановления определялось поведение системы в случае сбоя одного или нескольких серверов. Во время тестирования проверялись следующие факторы:

- как будет осуществляться обработка отказа
- время, за которое система восстановится после сбоя

## Профиль стресс тестирования

Для оценки поведения системы за пределами пороговых значений нагрузки использовался следующий профиль:

- Ступенчатый профиль интенсивностью 225%, 100%, длительность шага 30 минут.

Задачами профиля являлось подать нагрузку, превышающую возможности системы, и затем вернуться к приемлемой производительности.

Основное внимание при тестировании с данным профилем уделялось подтверждению возможности восстановления системы после снижения нагрузки до приемлемой интенсивности и определение времени восстановления.

## Показатели производительности

Основными показателями производительности в ходе тестирования являлись:

Показатели производительности сервера приложения:

- Количество выполняемых операций в секунду - Req/s
- Время выполнения операций - 50й, 75-й, 95-й и 99-й персентили, максимальное время (max), среднее время (mean) и стандартное отклонение (std dev)
- Количество успешно выполненных операций - ОК
- Количество операций, выполненных с ошибками - КО
- Отношение количества ошибочных операций к количеству успешных, выраженное в процентах - %КО
- Количество активных устройств

Показатели производительности сервера БД

- количество открытых соединений
- количество транзакций в секунду
- статистика чтения и записи

Метрики утилизации аппаратных ресурсов серверов приложений и БД:

- RAM
- CPU
- Disk usage, IO usage, Disk IOps
- Network traffic
- Open Connections

Инструменты эмулярования нагрузки

Для проведения нагрузочного тестирования были выбраны следующие средства:

- Моделирование взаимодействия с системой по протоколу HTTP и сбор показателей производительности сервера приложений осуществлялись с помощью инструмента нагрузочного тестирования **Gatling** (<https://gatling.io/>)
- Сбор метрик утилизации аппаратных ресурсов, а так же показателей производительности сервера СУБД осуществлялся с помощью инструмента мониторинга **Prometheus** (<https://prometheus.io/>)
- Отображение статистики в графическом виде - **Grafana** (<https://grafana.com/>)

Конфигурация тестового стенда

Описание конфигурации тестового стенда

Тестовый стенд был подготовлен в 2-х конфигурациях в зависимости от задач тестирования:

- Конфигурация для целевой нагрузки
- Минимальная конфигурация, готовая к работе в продуктиве.

В целевой конфигурации стенда использовалось 6 серверов приложений, 2 сервера базы данных, 3 сервера для шины сообщений NATS, 3 сервера для инфраструктурных сервисов, на которых были развернуты Consul, Redis, Sentinel.

В минимальной конфигурации использовались только 3 сервера приложений, на которых были подняты все сервисы приложений инфраструктуры, и 1 сервер БД. Характеристики виртуальных машин в минимальной конфигурации так же были значительно уменьшены.

Система разворачивалась на виртуальных машинах, созданных на основе 3-х физических серверов:

- HPE ProLiant XL170r Gen10 (2x Xeon5118 Gold, 256GB RAM, 2x1GE Network Card)

К серверам подключен СХД по 16Gb/s Fiber Channel:

- ST1800MM0129 1.8TB 10kHDD SAS12G (RAID1)
- Samsung PM1643 1.92TB SSD SAS12G (RAID1)

Перед началом нагрузочного тестирования проведено измерение производительности СХД с помощью утилиты fio. Результаты представлены в таблице ниже:

Volume	bw min, r/w, MiB/s	bw avg, r/w, MiB/s	bw max, r/w, MiB/s	lat min, r/w ms	lat avg, r/w ms	lat max, r/w ms	lops min, r/w	lops avg, r/w	lops max, r/w
--------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	--------------------	--------------------	--------------------	------------------	------------------	------------------

Samsung PM1643 1.92TB SSD SAS12G	34,39 / 34,42	64,16 / 64,17	78,82 / 77,98	0,289 / 0,29	3,6 / 4,2	45,84 / 58,4	4402 / 4406	8213 / 8214	10090 / 9982
ST1800MM0129 1.8TB 10kHDD SAS12G	0,015 / 0,015	0,46 / 0,46	2,16 / 2,28	0,43 / 0,38	579.6 / 526.9	3070.7/2198.9	1 / 1	58.53 / 58.74	276 / 292

С помощью средства виртуализации VMware подготовлены следующие виртуальные машины:

- 6 серверов приложения
- 3 сервера СУБД
- 3 сервера инфраструктурных компонентов
- 3 сервера для шины сообщений NATS
- 3 сервера балансировки нагрузки
- 12 серверов генерации нагрузки

Пропускная способность канала связи между узлами сети - 10Gbit. Так как дата центр, в котором проводилось тестирование, обеспечивает только 1Gbit, то 10Gbit канал эмулировался путем маршрутизации трафика на виртуальные машины, развернутые в пределах одного физического сервера.

### Конфигурация серверов приложения

Серверы приложений эквивалентны между собой, на каждом из них развернут полный набор сервисов

- подсистемы безопасности (ПБ);
- подсистема «Маркет» (ПМ);
- подсистема Платформа управления (ПУ);
- подсистема обновления операционной системы (ПООС).

Характеристики сервера приложения

Элемент	Целевая конфигурация	Минимальная конфигурация
vCPU	6	2
RAM	8	3
HDD	50GB	50GB

### Конфигурация сервера СУБД

Для среды тестирования развернуты 2 сервера БД, на одном размещены данные данные ПБ, на втором - данные ПУ, ПМ, ПООС.

Файлы данных СУБД и файлы журналов баз данных wal были разнесены на отдельные диски.

Применены следующие настройки для целевой конфигурации:

```
max_connections = 1000
shared_buffers = 8GB
effective_cache_size = 16GB
maintenance_work_mem = 1GB
checkpoint_completion_target = 0.9
wal_buffers = 16MB
min_wal_size = 2GB
max_wal_size = 4GB
max_worker_processes = 10
checkpoint_timeout = 5min
commit_delay = 100
commit_siblings = 1000
log_checkpoints = on
log_lock_waits = on
```

Минимальная конфигурация:

```
max_connections = 100
shared_buffers = 1GB
effective_cache_size = 500MB
maintenance_work_mem = 100MB
checkpoint_completion_target = 0.9
wal_buffers = 16MB
min_wal_size = 1GB
max_wal_size = 2GB
max_worker_processes = 10
checkpoint_timeout = 5min
commit_delay = 100
commit_siblings = 100
log_checkpoints = on
log_lock_waits = on
```

#### Характеристики сервера БД

Элемент	Целевая конфигурация		Минимальная конфигурация
Кол-во	2		1
	ПБ	ПМ + ПУ	
vCPU	3	6	2
RAM	24	24	3 GB
HDD	200GB SSD	200GB SSD	50 GB HDD

#### Конфигурация сервера NATS Streaming

Сервер NATS Streaming развернут в виде кластера из 3-х нод на отдельных серверах, выделенных по шину сообщений.

#### Характеристики сервера NATS Streaming

Элемент	Целевая конфигурация
vCPU	2
RAM	6
HDD	15GB

#### Конфигурация инфраструктурных компонентов

Consul, Sentinel развернуты в виде кластера из 3-х нод, Redis развернут в виде мастера и двух реплик, на серверах, выделенных под инфраструктурные компоненты.

Consul template, nginx для балансировки запросов межсервисного взаимодействия развернуты на каждом сервере приложений.

#### Характеристики сервера инфраструктурных компонентов

Элемент	Целевая конфигурация
vCPU	2
RAM	6GB
HDD	20GB

#### Конфигурация балансировщика

В качестве балансировщика использовался сервер nginx. Трафик балансировался с использованием алгоритма round-robin на серверы приложений. Каждый сервер приложений добавлялся в upstream с параметрами max\_fails=3 fail\_timeout=60.

#### Характеристика сервера балансировщика

Элемент	Целевая конфигурация	Минимальная конфигурация
vCPU	2	2
RAM	3GB	3GB
HDD	20GB	20GB

Конфигурация сервера, генерирующего нагрузку

Для генерации нагрузки использовались 4 сервера, на каждом из которых была установлена JVM openjdk version "1.8.0\_252". Для оптимизации производительности на серверах сделаны следующие настройки:

```
/etc/security/limits.conf

*      soft    nofile  65535
*      hard    nofile  65535

/etc/sysctl.conf

net.ipv4.tcp_max_syn_backlog = 40000
net.core.somaxconn = 40000
net.core.wmem_default = 8388608
net.core.rmem_default = 8388608
net.ipv4.tcp_sack = 1
net.ipv4.tcp_window_scaling = 1
net.ipv4.tcp_fin_timeout = 15
net.ipv4.tcp_keepalive_intvl = 30
net.ipv4.tcp_tw_reuse = 1
net.ipv4.tcp_moderate_rcvbuf = 1
net.core.rmem_max = 134217728
net.core.wmem_max = 134217728
net.ipv4.tcp_mem = 134217728 134217728 134217728
net.ipv4.tcp_rmem = 4096 277750 134217728
net.ipv4.tcp_wmem = 4096 277750 134217728
net.core.netdev_max_backlog = 300000

# more ports for testing
sudo sysctl -w net.ipv4.ip_local_port_range="1025 65535"

# increase the maximum number of possible open file descriptors:
echo 300000 | sudo tee /proc/sys/fs/nr_open
echo 300000 | sudo tee /proc/sys/fs/file-max
```

Характеристика сервера, генерирующего нагрузку

Элемент	Характеристика
vCPU	4
RAM	8
HDD	20GB

Результаты

В тесте с целевой нагрузкой интенсивность скачивания контента взята с учетом наличия в системе CDN. Перед началом тестирования предварительный прогрев кэша не проводился. Его заполнение происходило во время теста и, в связи с малым объемом кэшируемого контента, к середине 2-й ступени весь контент уже был закэширован. Общее количество ступеней в тесте равно 8 (25% - 200%, каждая ступень длительностью 5 минут и величиной в 25%).

Время кеширования:

- для статического контента - 20 минут
- для динамического контента - 30 секунд

Максимальная производительность системы “Аврора Центр” составляет 150% от уровня прогнозируемой пиковой нагрузки. После выхода на следующую ступень система перестает справляться с подаваемой нагрузкой, увеличивается время обработки запросов, в связи с переполнением "асерпт queue" (размер которой равен значению по умолчанию в nginx для используемой ОС - 511) закрываются уже наполовину установленные соединения и отклоняются новые для порта 80, по которому осуществляются все межсервисные вызовы. С увеличением времени обработки поступающих запросов начинает расти и количество одновременных входящих соединений от внешних балансировщиков, до того момента, пока не достигнет установленного на nginx лимита.

На уровне МП утилизация аппаратных ресурсов достигает:

CPU:

- на СП - 80%
- БД ПУ + ПМ - 70%
- БД ПБ - 74%
- NATS - 52%
- Infra - 15%

RAM:

- на СП - 28%
- БД ПУ + ПМ - 12%
- БД ПБ - 15%
- NATS - 16%
- Infra - 36%

Disk:

- СП:
  - read - 9 iops
  - write - 650 iops
- БД ПУ + ПМ:
  - read - 978 iops, 7.97 MB/s
  - write - 3.611K iops, 29.39 MB/s
- БД ПБ:
  - read - 1.73K iops, 16.9 MB/s
  - write - 8.14K iops, 65.0 MB/s
- NATS:
  - read - 1 iops, 0.02 MB/s
  - write - 56 iops, 20.86 MB/s

## Определение максимальной и пиковой производительности

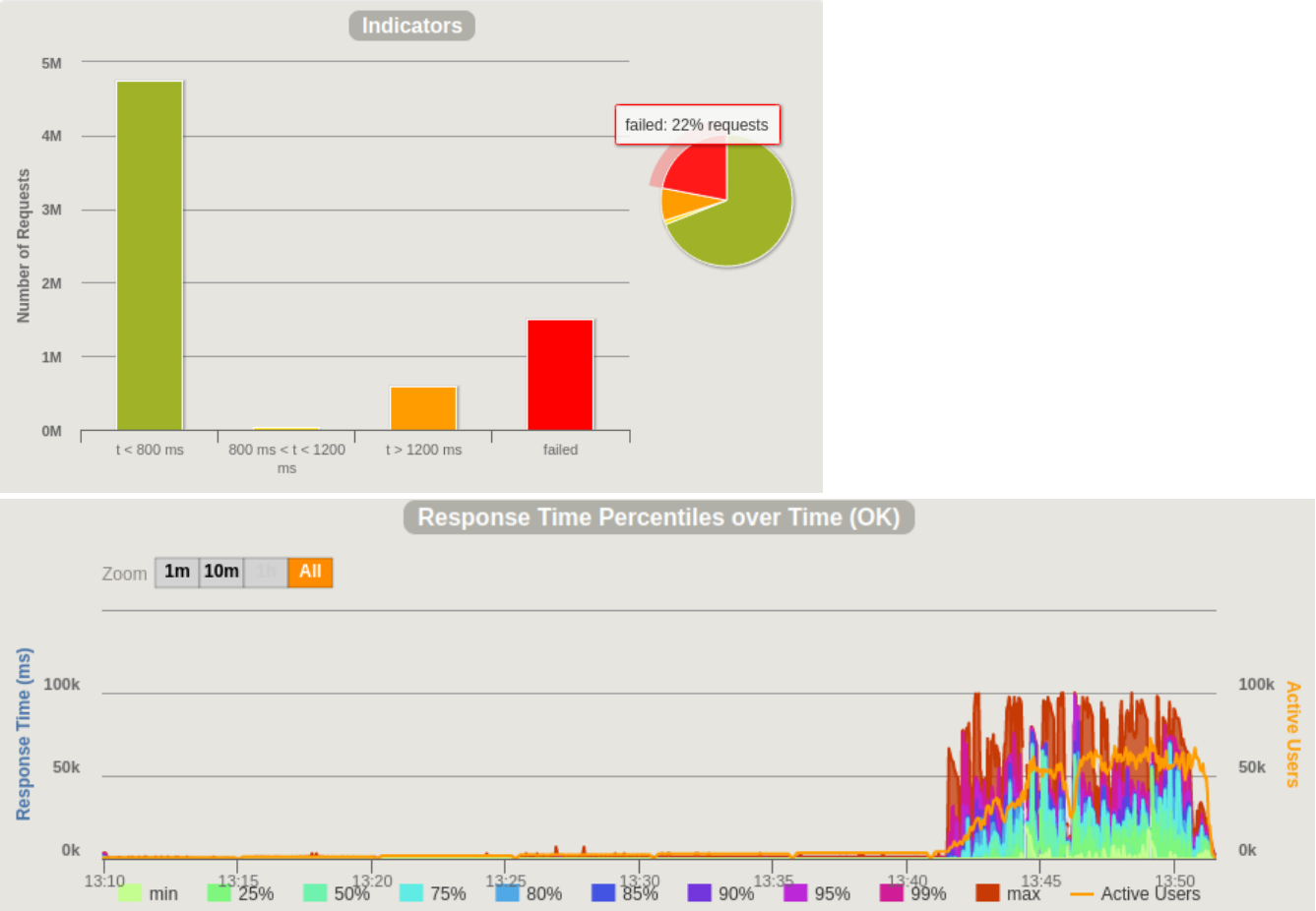
Время проведения тестирования:

- Начало: **2021-05-24 13:09:52**
- Окончание: **2021-05-24 14:09:52**

Requests	Total	OK	KO	% KO	Req/s	Min	50th	75th	95th	99th	Max	Mean	Std Dev
Global Information	6874693	5375289	1499404	22%	2749.877	0	35	2136	18177	36323	100240	3617	8178
Send SDJD scenario	518400	388774	129626	25%	207.36	1	68	6766	19790	37743	100002	4056	8543
Send state scenario	518400	388366	130034	25%	207.36	1	68	6822	19888	37908	100002	4065	8559
Get application release build access check	635100	483696	151404	24%	254.04	1	9	4892	18632	36254	100002	3831	8243
Get application release info	635100	479860	155240	24%	254.04	1	25	7017	21172	38503	100012	4136	8723
Get application release dependency access check	3167412	2412972	754440	24%	1266.965	1	9	4882	18646	36209	100050	3831	8238
Get application release build content	13716	11278	2438	18%	5.486	1	86	189	20112	71896	100010	4090	12047
Get application release dependency content	68256	56255	12001	18%	27.302	1	73	175	21230	71882	100240	4101	12026
Complete device activation scenario	28800	19050	9750	34%	11.52	1	644	10000	53424	105465	211962	9145	20603
Get .well-known	28800	21775	7025	24%	11.52	0	25	7044	21770	39478	100000	4203	8827
Get device login challenge	21775	21263	512	2%	8.71	0	23	44	9057	25352	72497	1126	4934
Post device login	21263	20805	458	2%	8.505	0	54	87	8506	27054	98292	1181	5204
Post device change password	20805	20312	493	2%	8.322	0	83	132	5544	26552	73922	1074	4959
Get device code	60936	60210	726	1%	24.374	0	27	51	632	17733	98852	599	3696

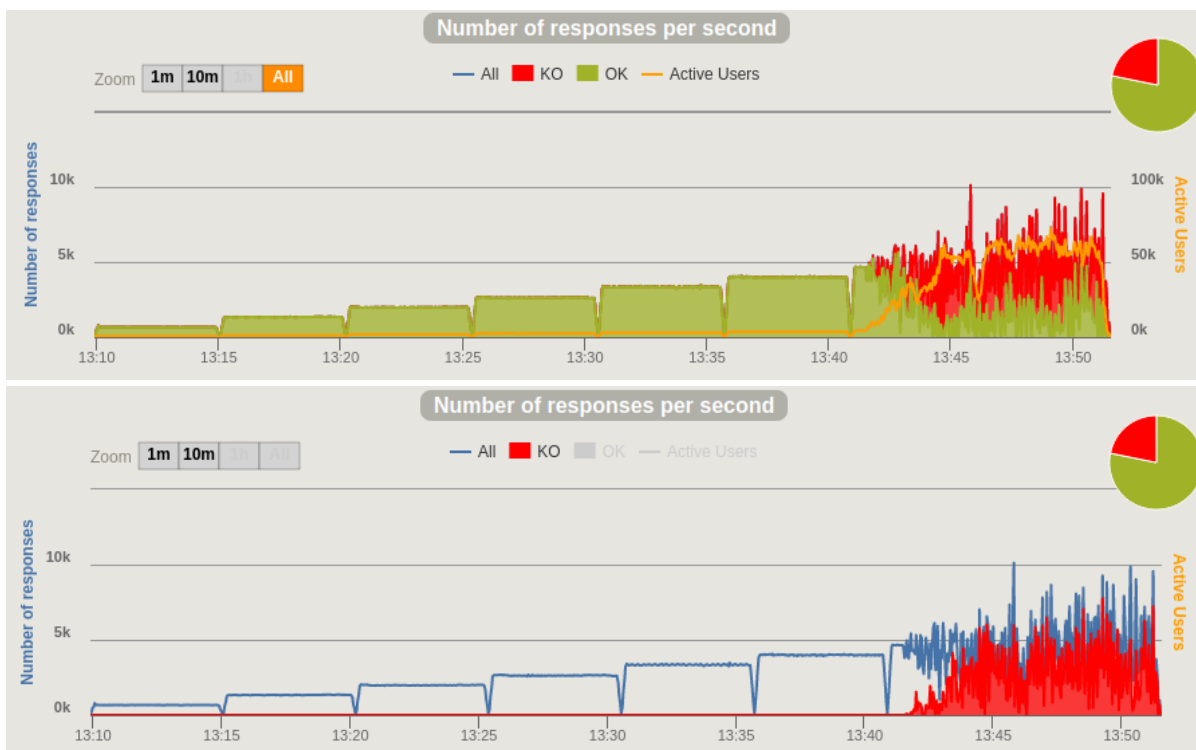
Post device tokens	19941	19779	162	1%	7.976	0	125	156	437	15391	74090	616	3409
Post complete enrollment	19779	19050	729	4%	7.912	0	115	158	4897	26620	98933	1089	5140
<b>Get Next scenario</b>	<b>518400</b>	<b>364284</b>	<b>154116</b>	<b>30%</b>	<b>207.36</b>	<b>1</b>	<b>150</b>	<b>8900</b>	<b>28266</b>	<b>63643</b>	<b>179865</b>	<b>5520</b>	<b>12058</b>
Get next device operation	518400	391273	127127	25%	207.36	0	46	7019	20541	38629	100001	4133	8667
Post acknowledge received	311875	294735	17140	5%	124.75	0	39	61	10386	29031	100001	1456	5682
Post acknowledge succeed	294735	284886	9849	3%	117.894	0	59	77	3683	21577	100001	898	4348

Общая статистика по запросам и время ответа



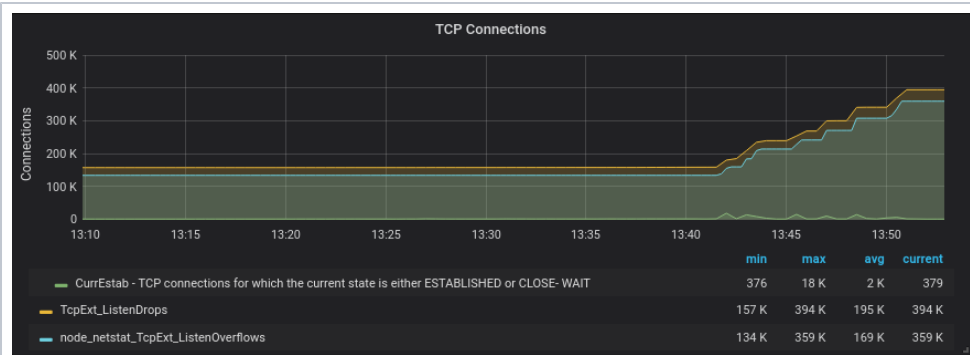
Количество ответов в секунду с разделением по статусу



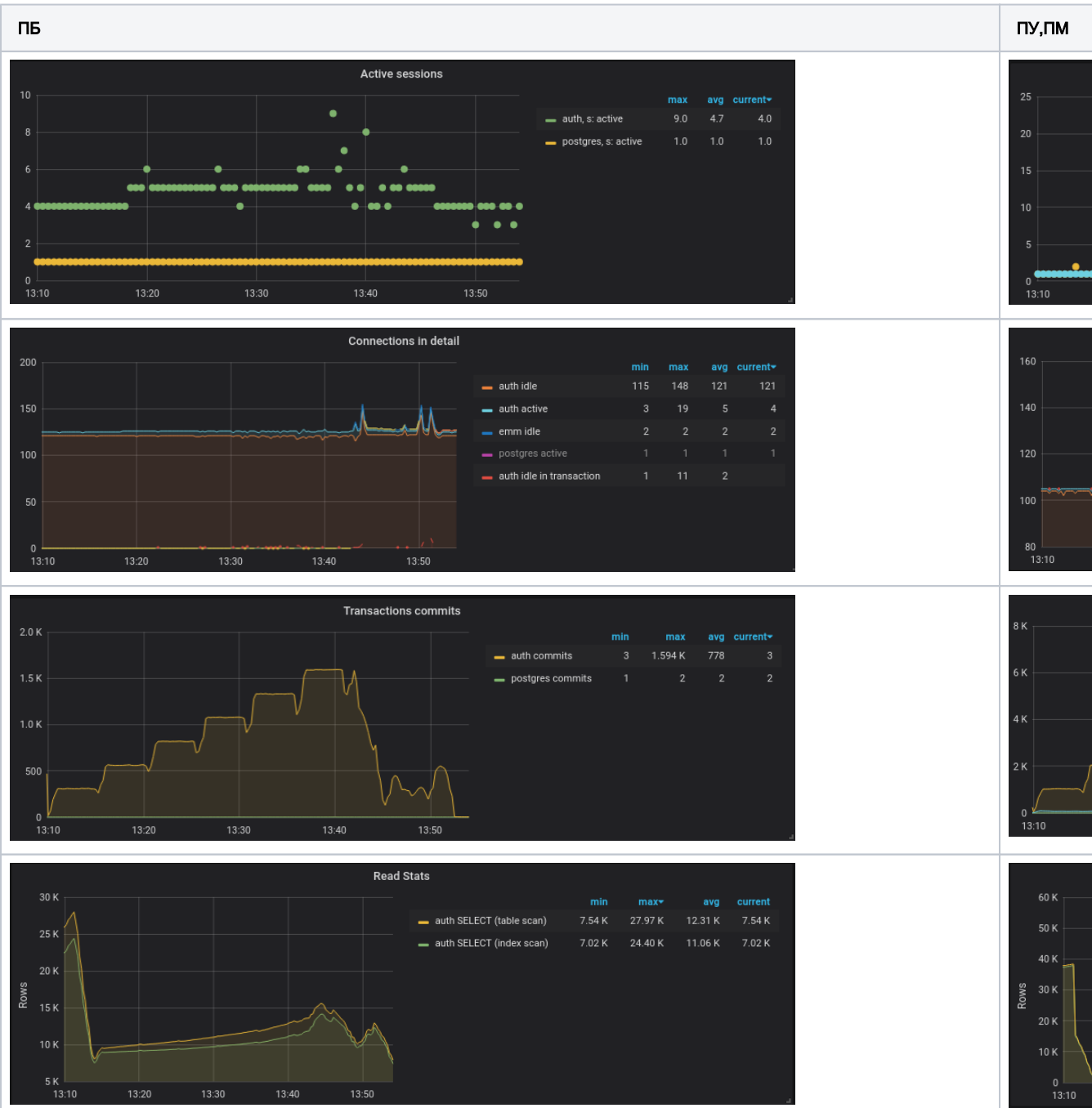


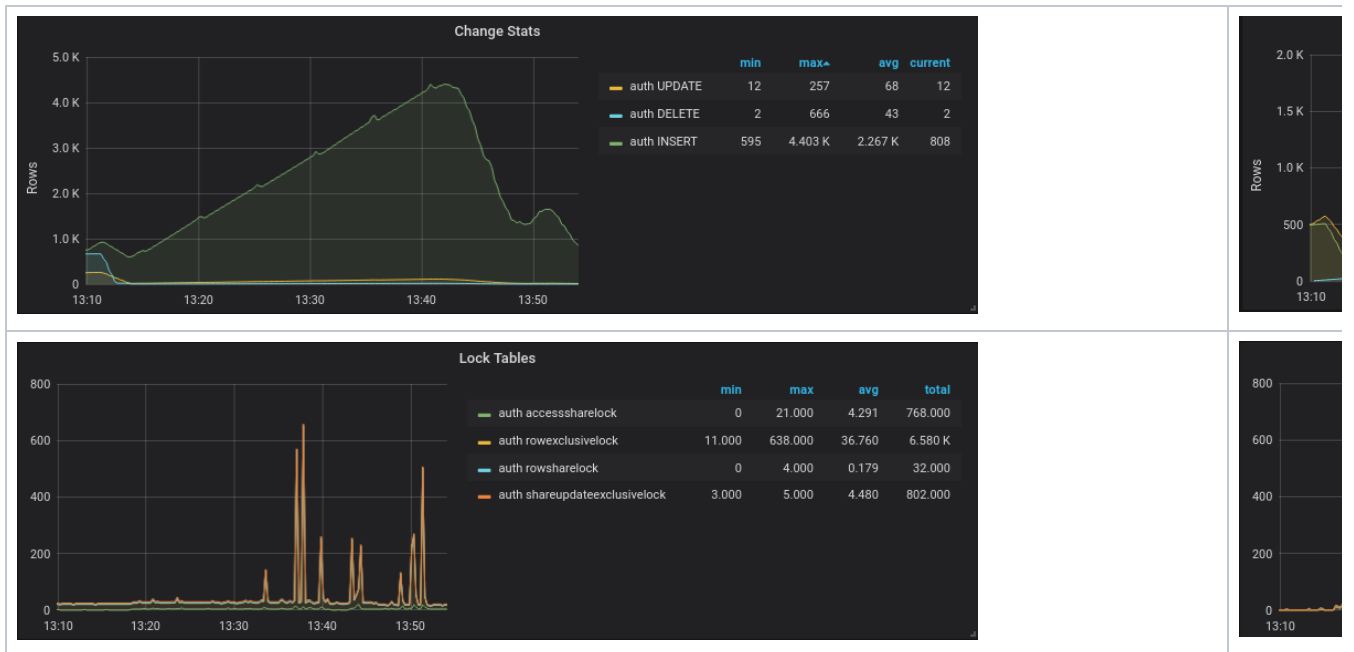
Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений





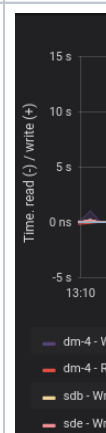
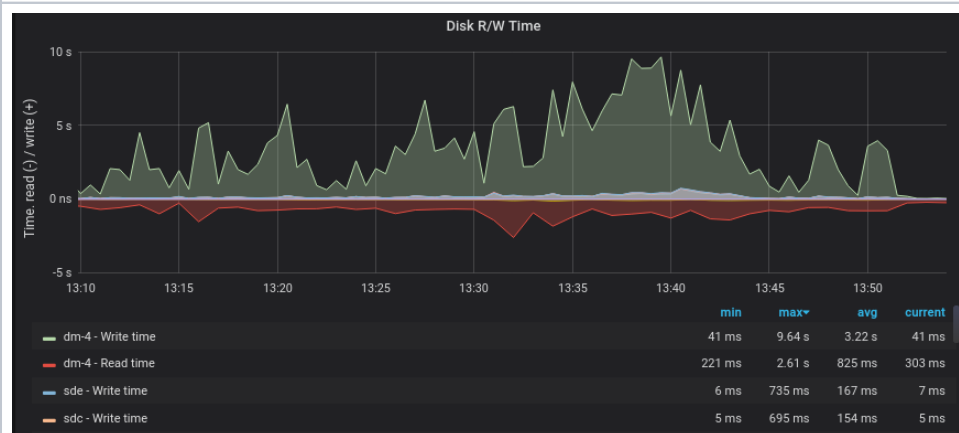
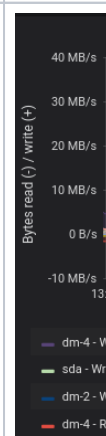
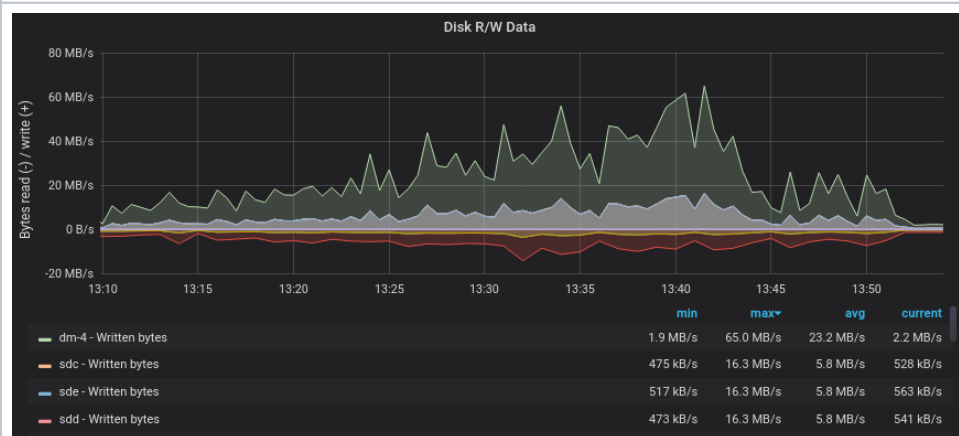
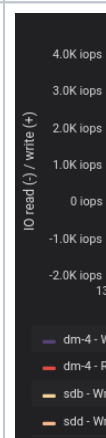
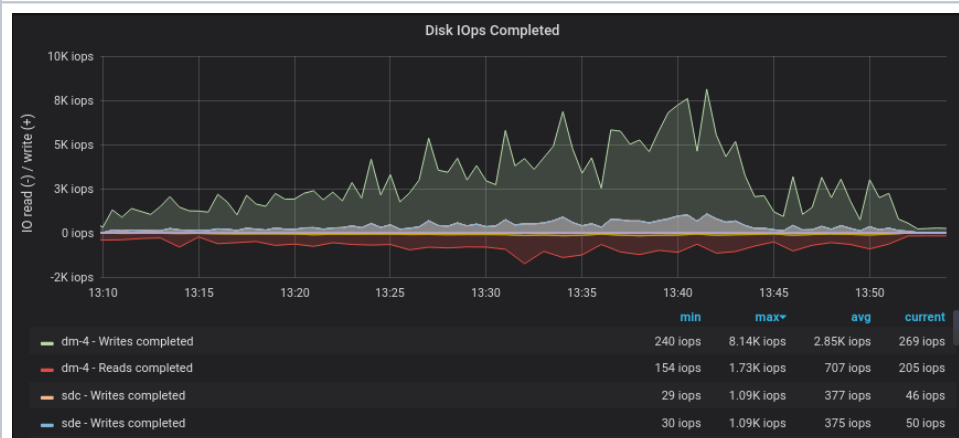
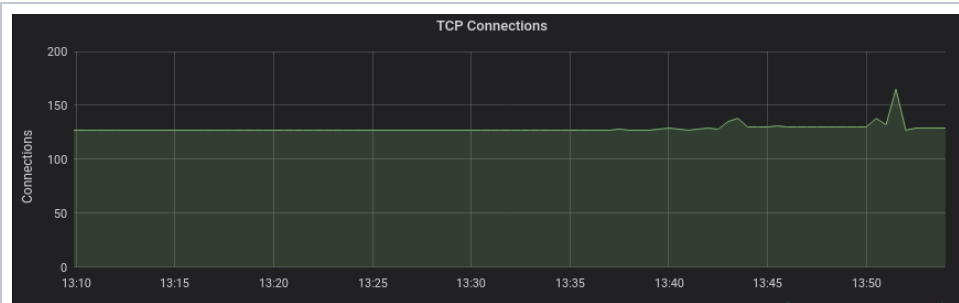
Показатели производительности сервера СУБД





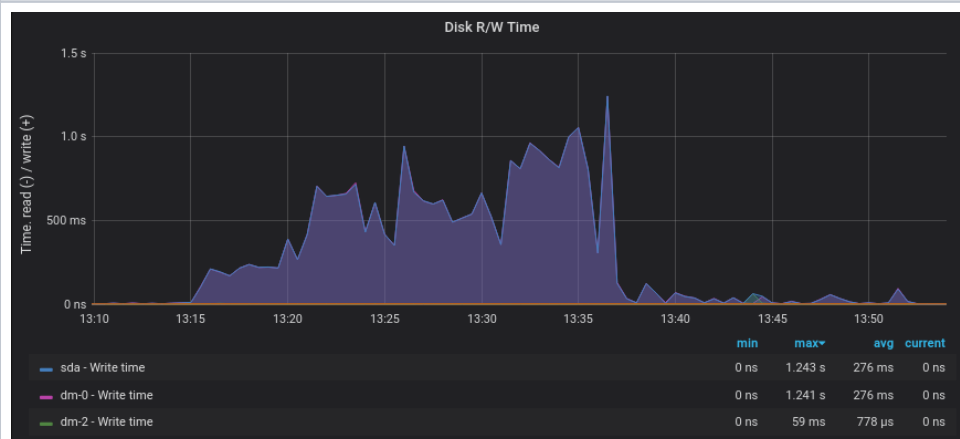
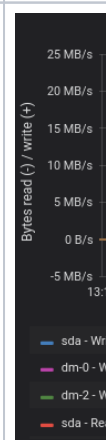
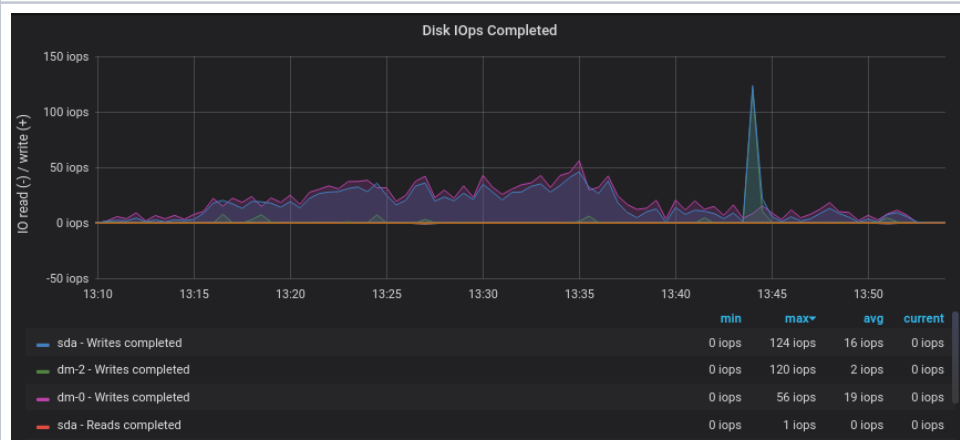
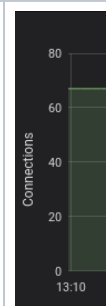
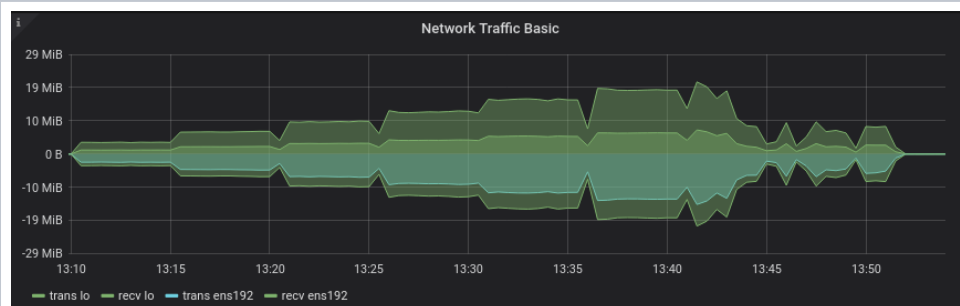
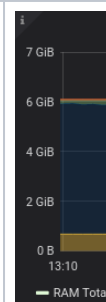
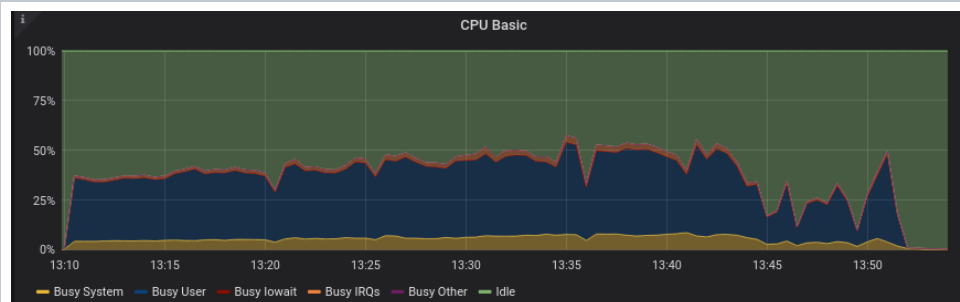
## Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД





## Метрики сервера NATS Streaming

Приводятся только параметра ноды, которая являлась primary на момент теста.



Тестирование работы системы при отсутствии CDN

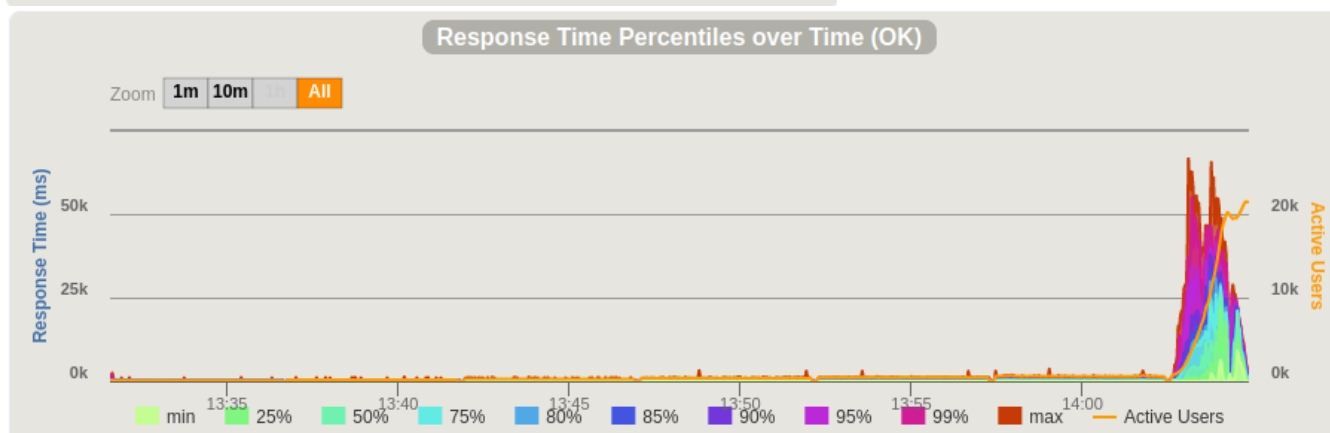
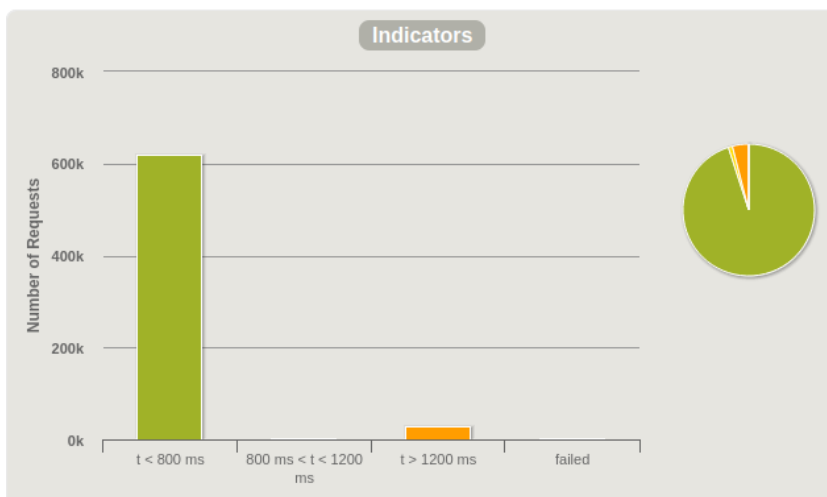
В данном тесте используется профиль нагрузки для системы с 50К подключенных устройств. Такое количество устройств является максимальным для системы (с учетом требований, предъявляемых к интенсивности скачивания приложений и зависимостей и их размеру), при отсутствии CDN и пропускной способности сети в 10Gb, с соблюдением запаса производительности в 50%. После достижения общей интенсивности скачивания контента 230 grs (которая равна 175% от предполагаемой пиковой нагрузки) происходит резкое увеличение времени отклика по всем операциям в связи с полной утилизацией сети.

Время проведения тестирования:

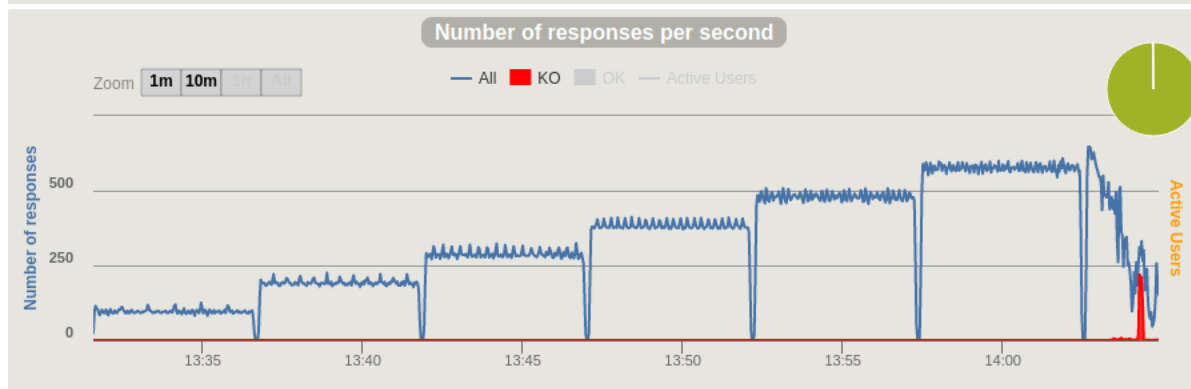
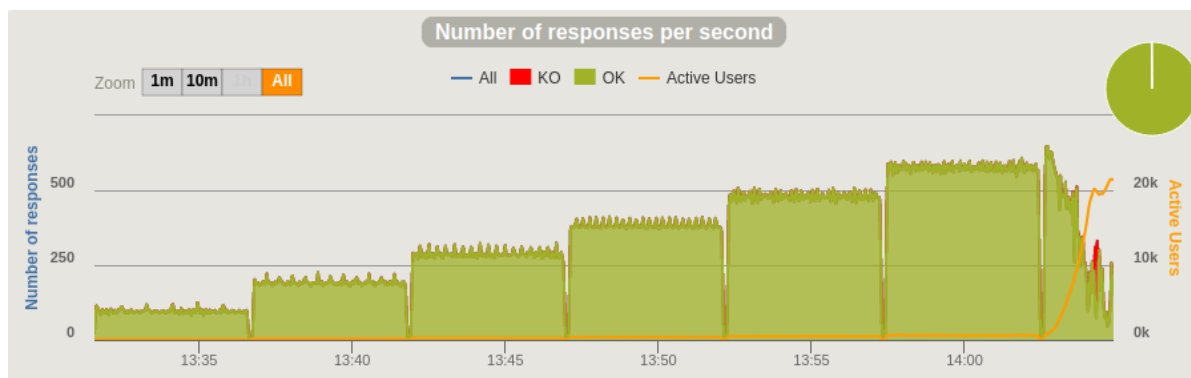
- Начало: 2021-03-24 13:31:34
- Окончание: 2021-03-24 14:15:34

Requests	Total	OK	KO	%KO	Req/s	Min	50th	75th	95th	99th	Max	Mean	Std Dev
Global Information	654416	652686	1730	0%	327.372	0	51	143	778	14624	66542	530	2788
Send SDJD scenario	31031	30940	91	0%	15.523	2	43	67	1154	14238	43890	506	2521
Post acknowledge SDJDPost	31031	30940	91	0%	15.523	2	43	67	1154	14238	43890	506	2521
Complete device activation scenario	1570	1536	34	2%	0.785	11	665	989	2214	29957	59020	1517	4564
Get .well-known	1619	1606	13	1%	0.81	5	44	84	1261	17077	30960	594	2878
Get device login challenge	1600	1600	0	0%	0.8	5	37	64	200	4206	28664	188	1113
Post device login	1597	1589	8	1%	0.799	17	82	129	360	7765	28515	317	1805
Post device change password	1585	1580	5	0%	0.793	25	106	186	404	4636	29086	309	1720
Get device code	4737	4737	0	0%	2.37	7	41	75	200	1473	30024	118	772
Post device tokens	1578	1578	0	0%	0.789	84	134	169	279	1233	11099	199	497
Post complete enrollment	1544	1536	8	1%	0.772	3	113	185	418	6583	28987	342	1895
Send state scenario	31030	30941	89	0%	15.523	1	45	69	1271	14929	44229	515	2542
Post acknowledge occurred	31030	30941	89	0%	15.523	1	45	69	1271	14929	44229	515	2542
Get Next scenario	30404	30183	221	1%	15.21	2	114	163	679	22962	60289	748	3909
Get next device operation	31033	30882	151	0%	15.524	2	38	61	1165	14423	41764	502	2555
Post acknowledge received	30524	30477	47	0%	15.27	1	34	56	228	10380	43322	338	1967
Post acknowledge succeed	30206	30183	23	0%	15.111	1	37	58	145	8724	42829	274	1713
Get application release build access check	37988	37894	94	0%	19.004	1	13	28	1063	15091	46385	489	2625
Get accessCheck for release build content	37988	37894	94	0%	19.004	0	13	28	1063	15091	46385	489	2625
Get application release info	37733	37588	145	0%	18.876	1	41	71	1004	16552	44098	575	2958
Get application release info	37733	37588	145	0%	18.876	1	41	71	1004	16552	44098	575	2958
Get application release build content	36945	36848	97	0%	18.482	1	179	279	790	15936	66127	664	3222
Get application release build content	36945	36848	97	0%	18.482	1	179	279	790	15936	66127	664	3222
Get application release dependency content	184162	183685	477	0%	92.127	1	162	263	748	15872	66542	646	3229
Get application release dependency content	184162	183685	477	0%	92.127	1	162	263	748	15872	66542	646	3229
Get application release dependency access check	189504	189022	482	0%	94.799	1	12	27	1074	14944	50124	494	2663
Get accessCheck for dependency	189504	189022	482	0%	94.799	1	12	27	1074	14944	50124	494	2663

Общая статистика по запросам и время ответа



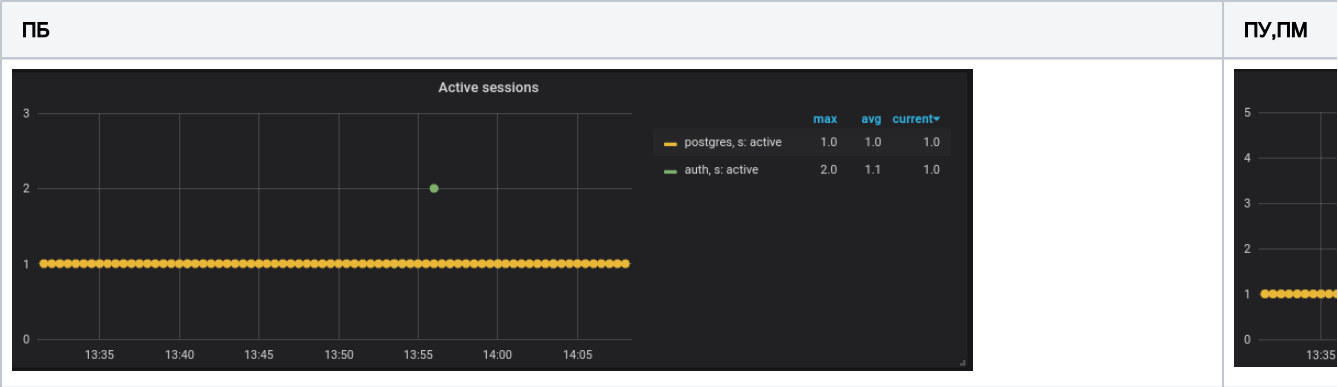
Количество ответов в секунду с разделением по статусу



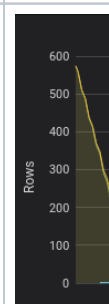
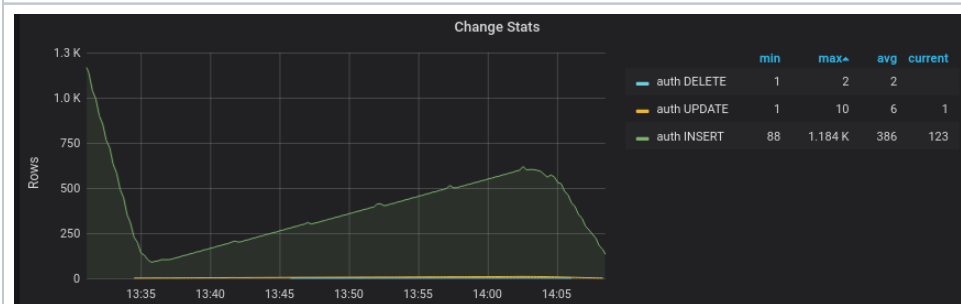
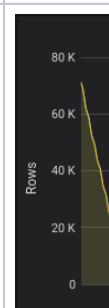
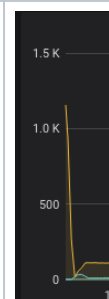
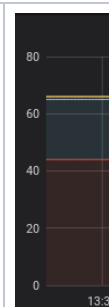
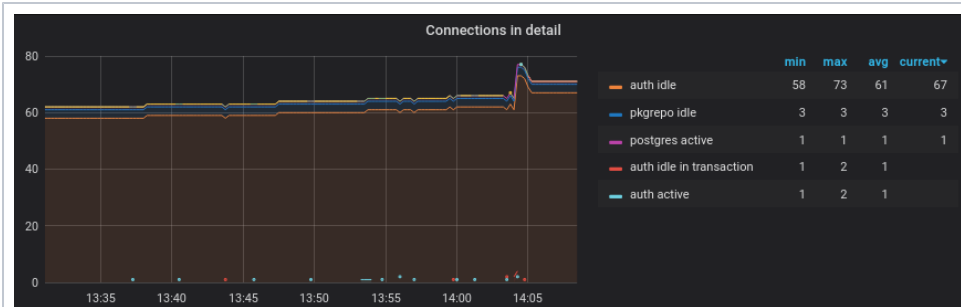
Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений



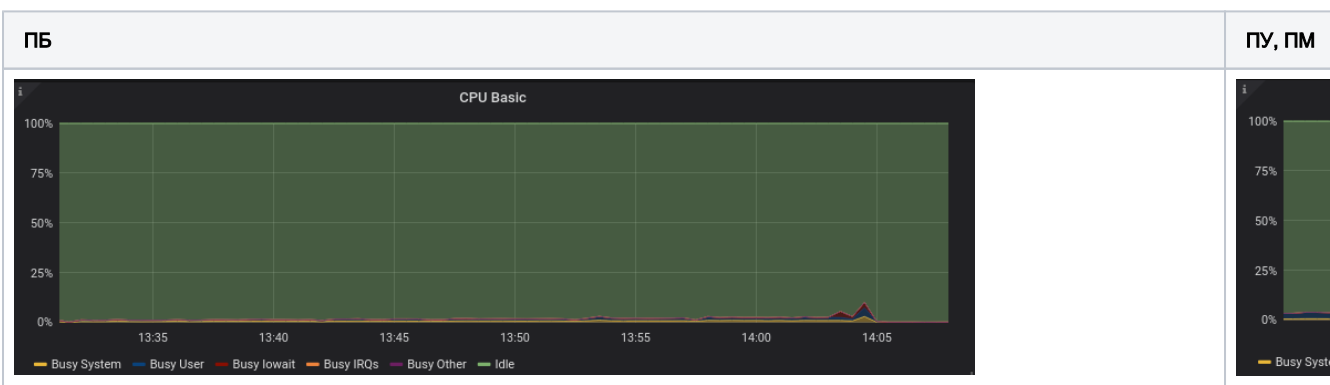
Показатели производительности сервера СУБД

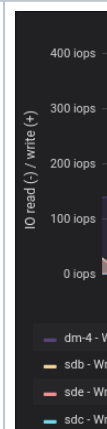
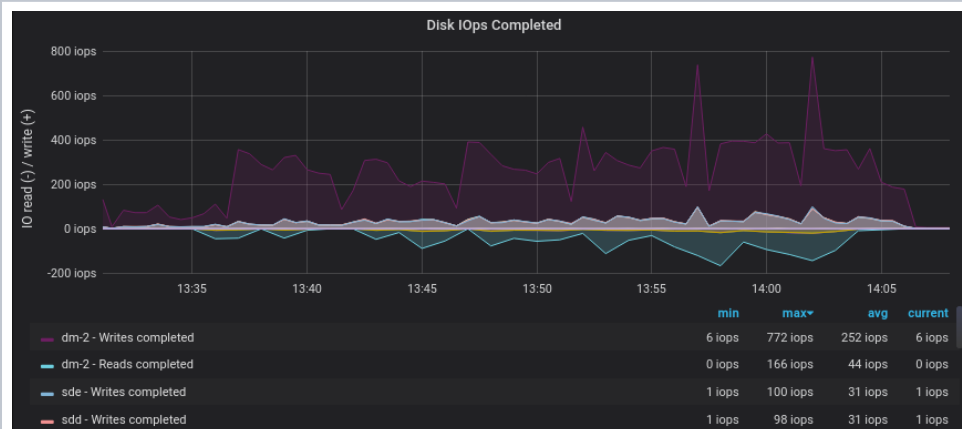
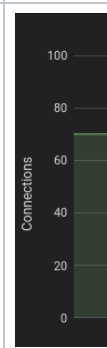
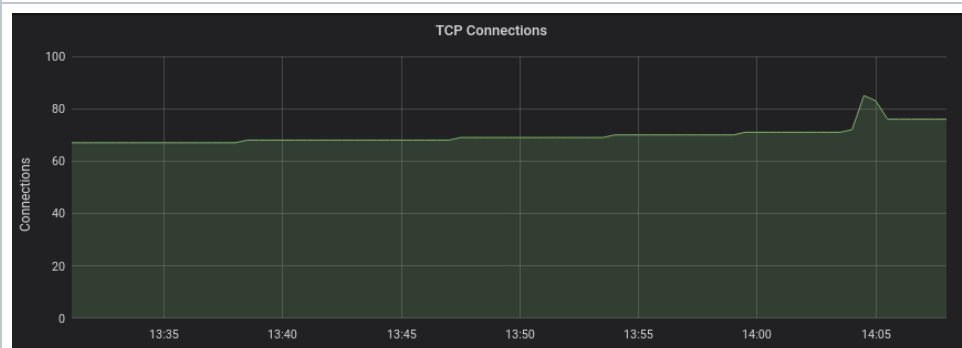
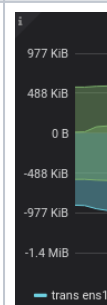
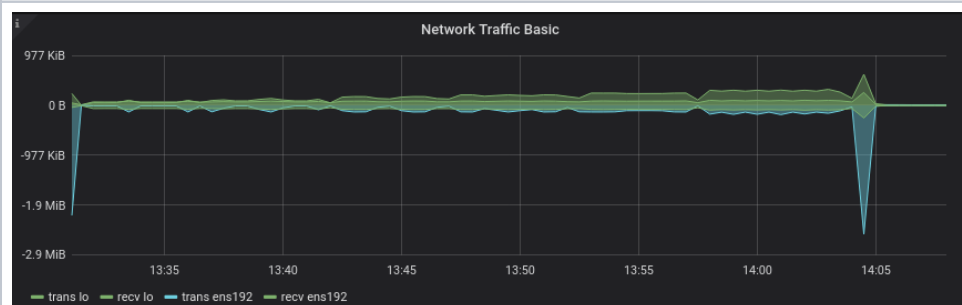
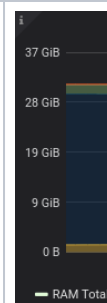
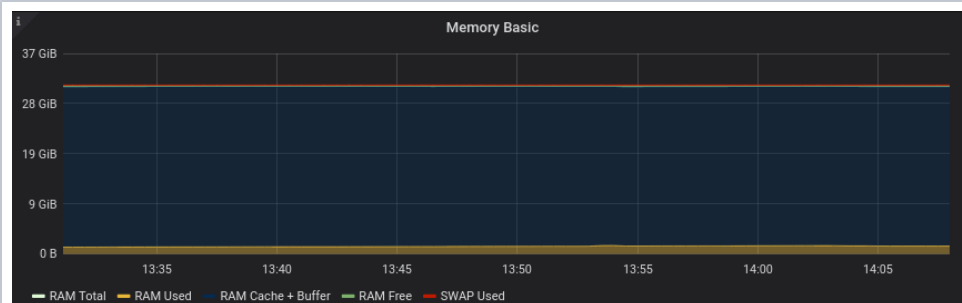


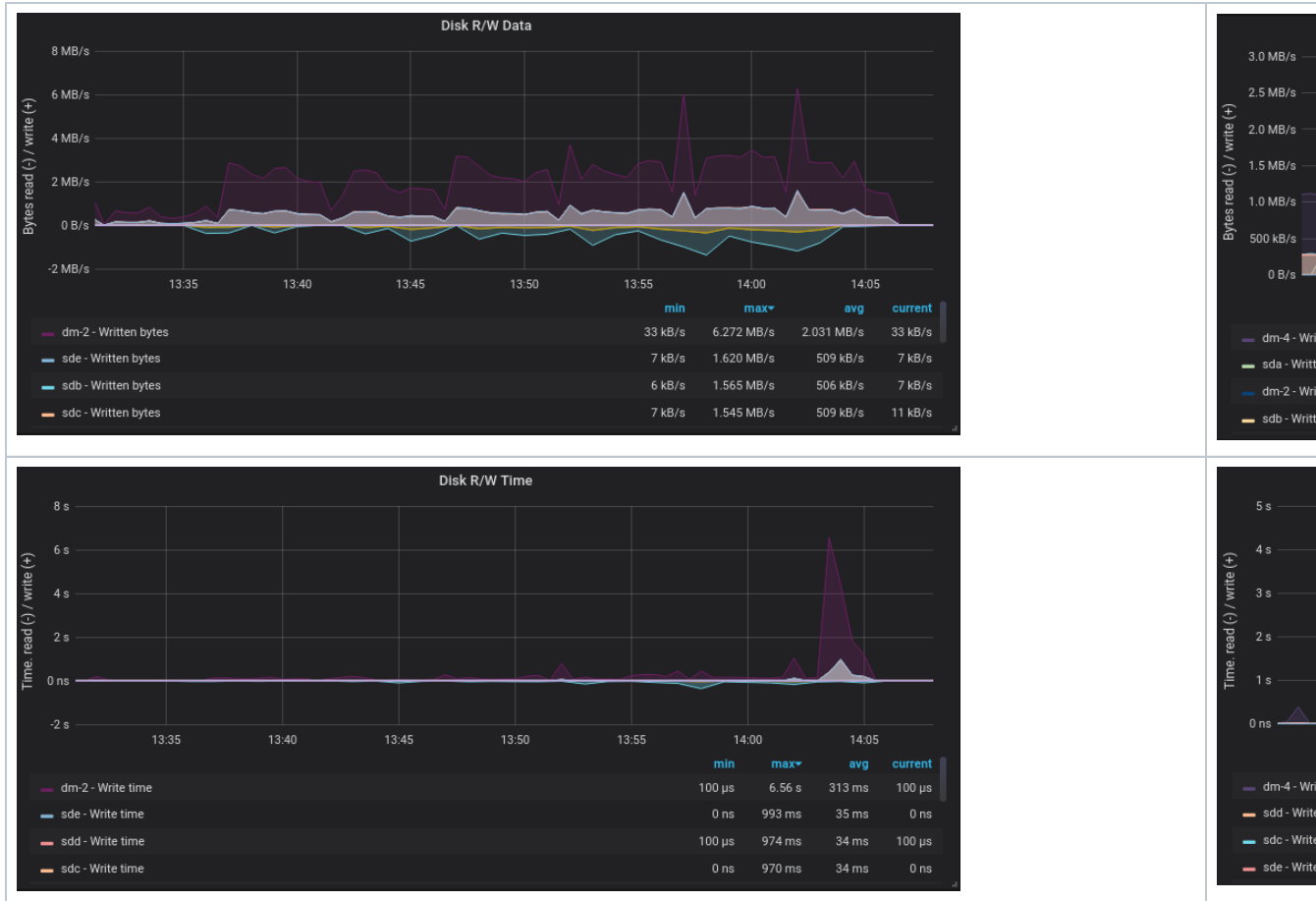




## Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД







## Тестирование масштабируемости

В рамках данного теста используется ступенчатый профиль из 8 шагов (25% -200%) с длительностью шага 5 минут и величиной в 25%.

Предполагаются следующие варианты тестов для проверки масштабирования:

- 1. Базовая конфигурация
- 2. Вертикальное масштабирование
  - a. удвоение ресурсов CPU серверов приложений
- 3. Горизонтальное масштабирование
  - a. удвоение количества узлов серверов приложений

Результаты полученные на шагах тестирования масштабируемости следует сравнивать с результатом, полученным в тесте на базовой конфигурацией.

Чтобы избежать увеличения коэффициента переподписки по CPU при вертикальном масштабировании системы добавление ресурсов осуществляется относительно базовой конфигурации с 4-мя CPU.

Учитывая загруженность nginx большим количеством межсервисных запросов, горизонтальное масштабирование является более эффективным, что подтверждают результаты тестирования.

## Базовая конфигурация

Время проведения тестирования:

- Начало: 2021-05-26 17:24:08
- Окончание: 2021-05-26 18:09:08

Requests	Total	OK	KO	% KO	Req/s	Min	50th	75th	95th	99th	Max	Mean	Std Dev
Global Information	6471906	2767151	3704755	57%	2567.198	0	1018	6467	21288	60000	100013	4968	9355
Send SDJD scenario	518400	193367	325033	63%	205.633	1	1050	6968	21652	60000	100001	5114	9447

Complete device activation scenario	28800	4794	24006	83%	11.424	1	2079	15741	54907	89057	191720	11524	19414
Get .well-known	28800	10913	17887	62%	11.424	0	1038	7015	22366	60000	100001	5278	9643
Get device login challenge	10888	10717	171	2%	4.319	1	116	1039	15249	36773	68667	2516	7244
Post device login	10717	10123	594	6%	4.251	1	223	776	13289	31256	100000	2284	6311
Post device change password	10123	9344	779	8%	4.015	0	318	919	12279	30138	62044	2309	6011
Get device code	28032	27550	482	2%	11.119	0	99	309	7435	24767	100000	1343	4814
Post device tokens	9030	8704	326	4%	3.582	1	254	730	8603	22957	61517	1697	4502
Post complete enrollment	8704	4794	3910	45%	3.453	0	213	9259	27192	42672	95974	5936	10082
Get application release build access check	635100	266361	368739	58%	251.924	1	1015	6046	20635	60000	100001	4823	9285
Send state scenario	518400	190679	327721	63%	205.633	1	1042	6909	21677	60000	100001	5106	9475
Get application release info	635100	238472	396628	62%	251.924	1	1079	7183	24020	60000	100002	5667	9969
Get Next scenario	518400	132145	386255	75%	205.633	1	1134	10448	34177	60001	148894	7850	13242
Get next device operation	518400	209544	308856	60%	205.633	0	1042	7014	22341	60000	100013	5221	9592
Post acknowledge received	170778	120050	50728	30%	67.742	0	1189	7298	19870	42328	100001	5073	8506
Post acknowledge succeed	120050	93379	26671	22%	47.62	0	553	5177	17867	34101	100001	4132	7711
Get application release build content	13716	6099	7617	56%	5.441	1	1029	7709	29393	60000	100000	6299	11030
Get application release dependency access check	3167412	1336535	1830877	58%	1256.411	1	1016	6083	20618	60000	100012	4825	9265
Get application release dependency content	68256	30520	37736	55%	27.075	1	1041	7397	28678	60000	100001	6138	10736

Вертикальное масштабирование

После удвоения количества CPU на серверах приложений коэффициент увеличения производительности составил 1.5. Процент ошибок снизился всего на 11%.

Время проведения тестирования:

- Начало: 2021-05-26 19:14:54
- Окончание: 2021-05-26 19:55:54

Requests	Total	OK	KO	%KO	Req/s	Min	50th	75th	95th	99th	Max	Mean	Std Dev
Global Information	6659430	3590361	3069069	46%	2638.443	0	206	4885	24778	60001	100005	4992	10530
Send SDJD scenario	518400	245849	272551	53%	205.388	1	416	6000	25938	60001	100002	5274	10755
Complete device activation scenario	28800	8140	20660	72%	11.41	1	1468	20945	64445	102188	184881	14555	23713
Get .well-known	28800	13879	14921	52%	11.41	0	613	7033	28717	60001	100001	5930	11215
Get device login challenge	13844	13723	121	1%	5.485	0	49	422	16719	33579	75646	2574	7486
Post device login	13723	12971	752	5%	5.437	2	120	756	17625	31863	79154	2804	7138
Post device change password	12971	11941	1030	8%	5.139	2	155	949	17309	33216	100000	2969	7330
Get device code	35823	35459	364	1%	14.193	0	46	176	9872	27002	71100	1425	5291
Post device tokens	11664	11366	298	3%	4.621	2	148	417	11649	26291	60167	1841	5422
Post complete enrollment	11366	8140	3226	28%	4.503	0	129	7000	27470	57605	100000	5563	10750
Send state scenario	518400	244555	273845	53%	205.388	1	422	6034	26129	60001	100001	5292	10787
Get Next scenario	518400	190314	328086	63%	205.388	1	1003	13601	38881	60355	138584	8637	14576
Get next device operation	518400	258248	260152	50%	205.388	0	594	7015	27789	60001	100002	5622	11027
Post acknowledge received	249943	206512	43431	17%	99.027	0	126	3546	19591	35043	100001	3954	8197
Post acknowledge succeed	206512	182009	24503	12%	81.819	0	69	1200	15079	31291	100001	2782	6888
Get application release build access check	635100	332152	302948	48%	251.624	1	205	4365	24554	60001	100005	4891	10552
Get application release info	635100	307302	327798	52%	251.624	1	562	7020	28859	60001	100001	5877	11247
Get application release dependency content	68256	39637	28619	42%	27.043	1	162	7015	31076	60001	100001	6043	11721
Get application release build content	13716	7917	5799	42%	5.434	1	182	7012	31066	60001	100000	5939	11632
Get application release dependency access check	3167412	1658701	1508711	48%	1254.918	1	205	4388	24583	60001	100005	4905	10584

Горизонтальное масштабирование

После удвоения количества нод сервера приложений коэффициент увеличения производительности составил 2. Процент ошибок также снизился в 2 раза.

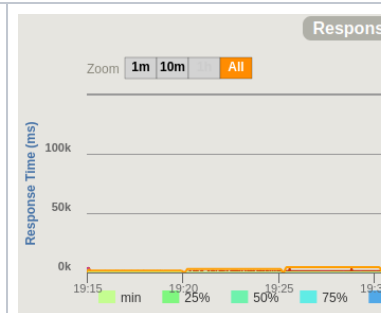
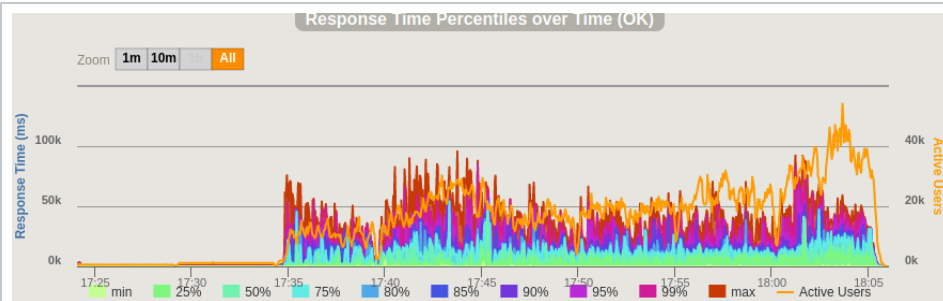
Время проведения тестирования:

- Начало: 2021-05-26 16:16:47
- Окончание: 2021-05-26 16:57:47

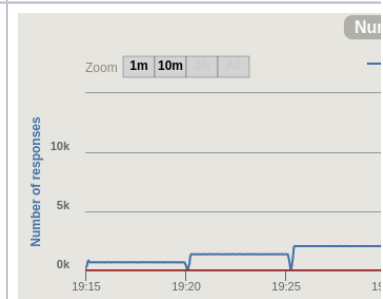
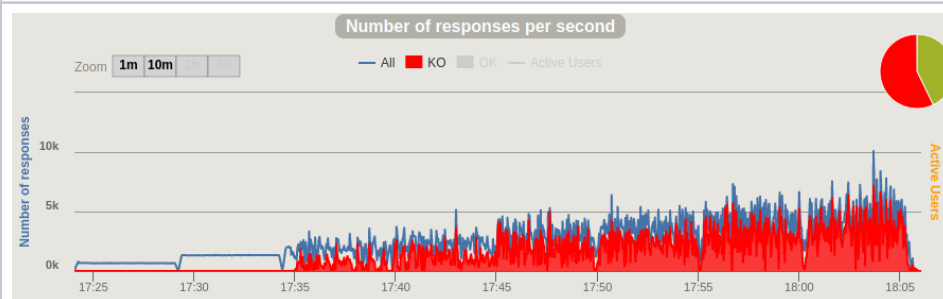
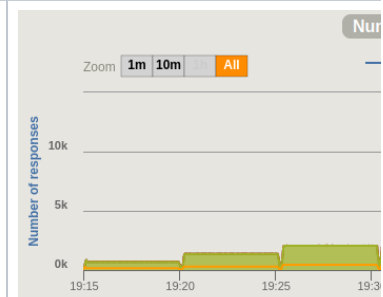
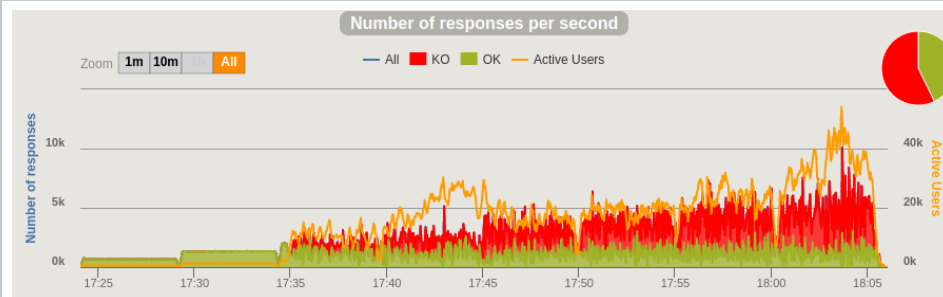
Requests	Total	OK	KO	%KO	Req/s	Min	50th	75th	95th	99th	Max	Mean	Std Dev
Global Information	6897072	4996301	1900771	28%	2762.143	0	59	1780	17343	35653	100013	3083	7579
Send SDJD scenario	518400	348413	169987	33%	207.609	1	89	2317	17880	36000	100004	3339	7790
Complete device activation scenario	28800	14321	14479	50%	11.534	1	1056	16252	62332	101720	168582	12789	22443
Get .well-known	28800	19659	9141	32%	11.534	0	72	1515	17143	34518	100002	3161	7602
Get device login challenge	19659	19563	96	0%	7.873	0	39	80	9759	31413	100001	1464	6275
Post device login	19563	19148	415	2%	7.835	0	97	186	10648	36868	100001	1727	6586
Post device change password	19148	18495	653	3%	7.668	2	150	304	10773	34055	100001	1748	6533
Get device code	55485	55135	350	1%	22.221	0	53	116	7947	27475	100001	1167	5405
Post device tokens	18264	17832	432	2%	7.314	0	224	505	12772	37648	100001	2117	7342
Post complete enrollment	17832	14321	3511	20%	7.141	0	175	1258	24212	47487	100002	4366	9987
Send state scenario	518400	346974	171426	33%	207.609	1	89	2332	17922	36334	100013	3350	7816
Get application release build access check	635100	454075	181025	29%	254.345	1	24	2004	17172	35321	100001	3086	7471
Get application release info	635100	437315	197785	31%	254.345	1	65	2734	18584	37450	100008	3592	8117
Get Next scenario	518400	272595	245805	47%	207.609	1	241	6009	30987	57809	171925	6102	12259
Get next device operation	518400	358642	159758	31%	207.609	0	75	2535	18365	36802	100009	3487	8029
Post acknowledge received	349400	294137	55263	16%	139.928	0	62	669	15711	33471	100002	2399	7136
Post acknowledge succeed	294137	263353	30784	10%	117.796	0	72	159	13037	28508	100009	1759	6275
Get application release build content	13716	10660	3056	22%	5.493	1	116	1216	19621	41713	100002	3275	8642
Get application release dependency access check	3167412	2265531	901881	28%	1268.487	1	25	1991	17154	35341	100007	3080	7474
Get application release dependency content	68256	53048	15208	22%	27.335	1	105	1300	19938	41175	100003	3293	8666

Сравнение показателей производительности

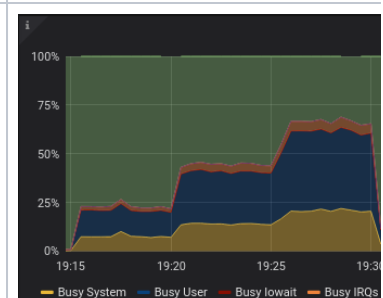
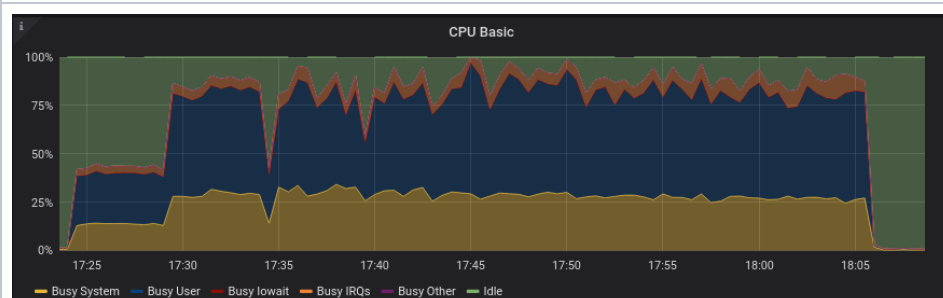


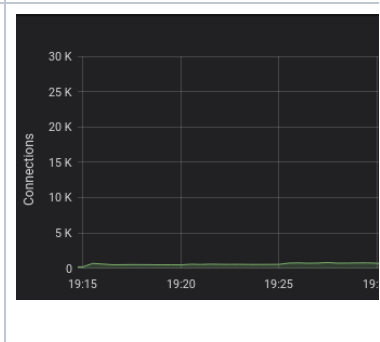
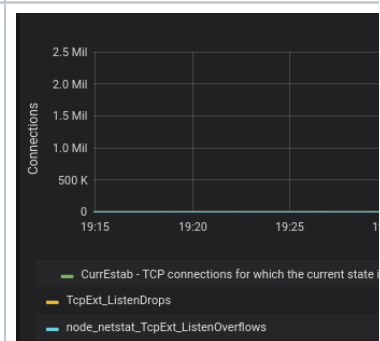
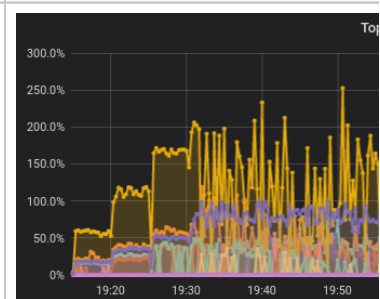
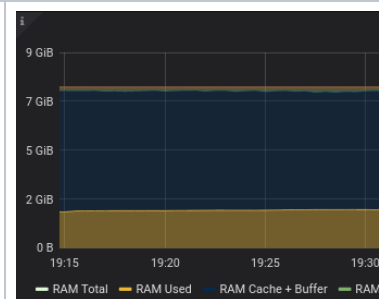


## Количество ответов в секунду с разделением по статусу



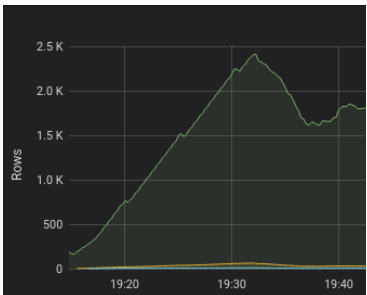
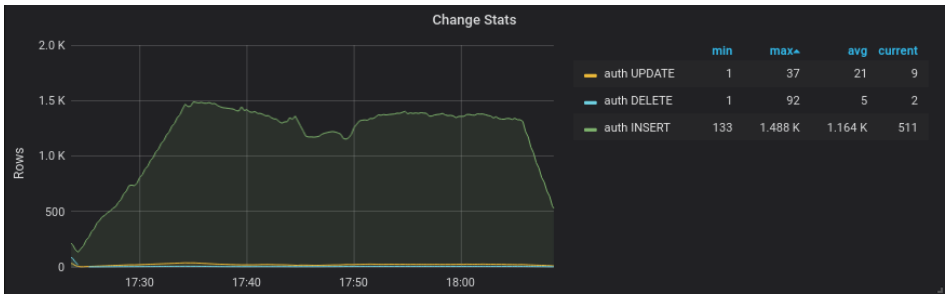
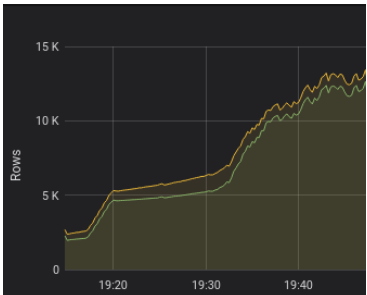
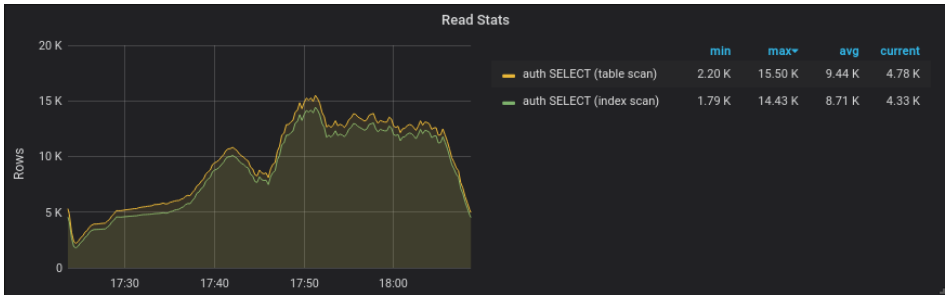
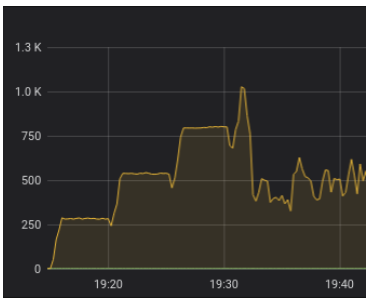
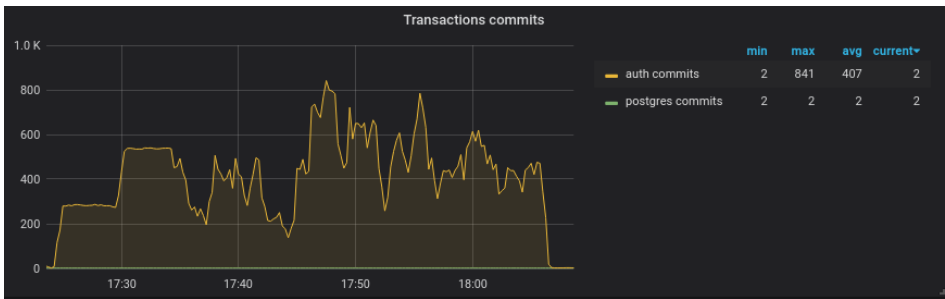
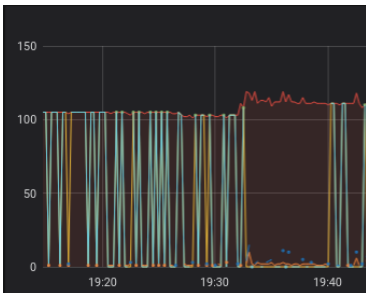
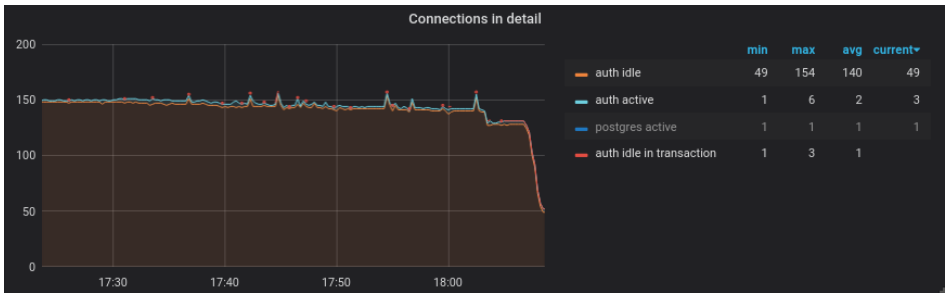
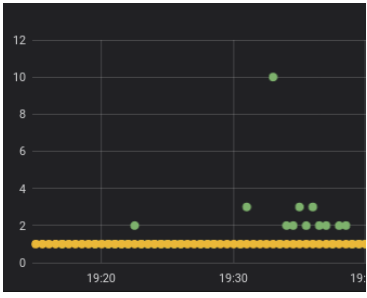
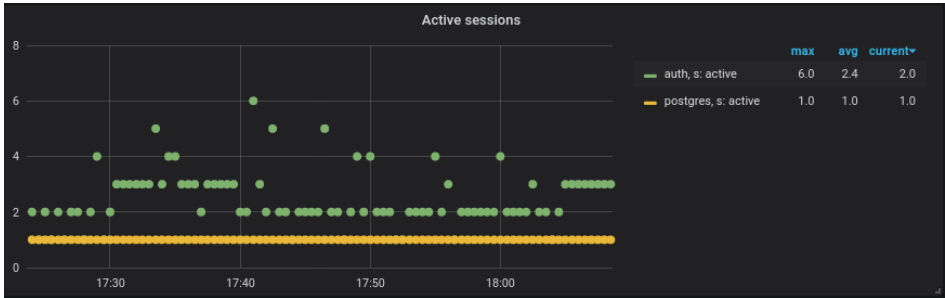
## Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений





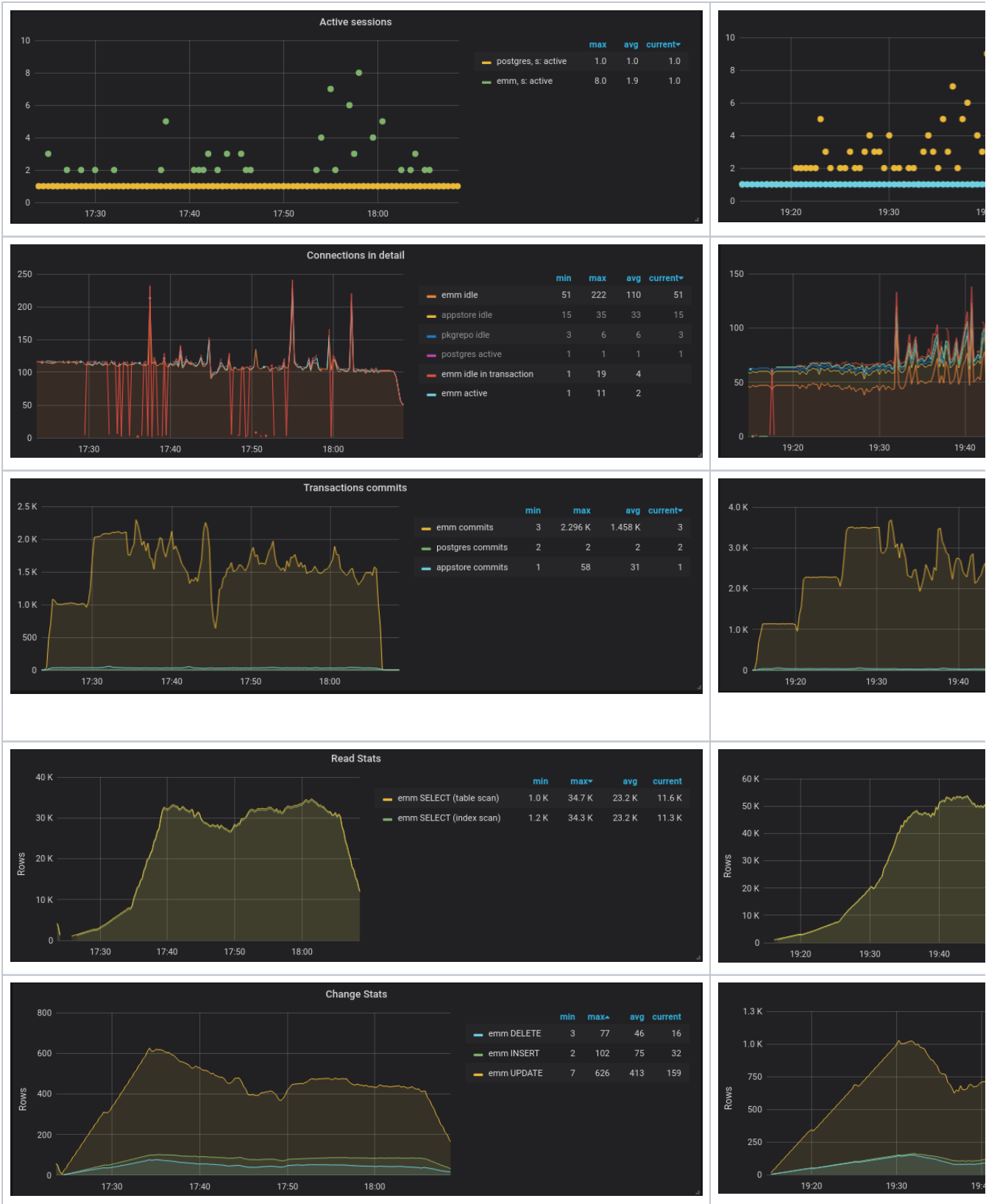
## Показатели производительности сервера СУБД

ПБ



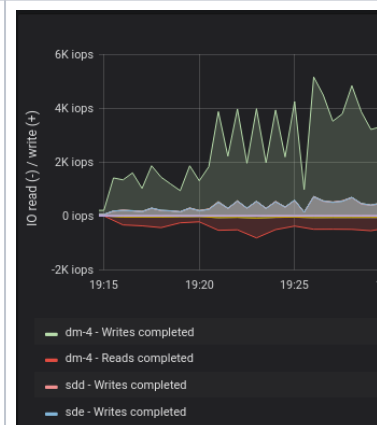
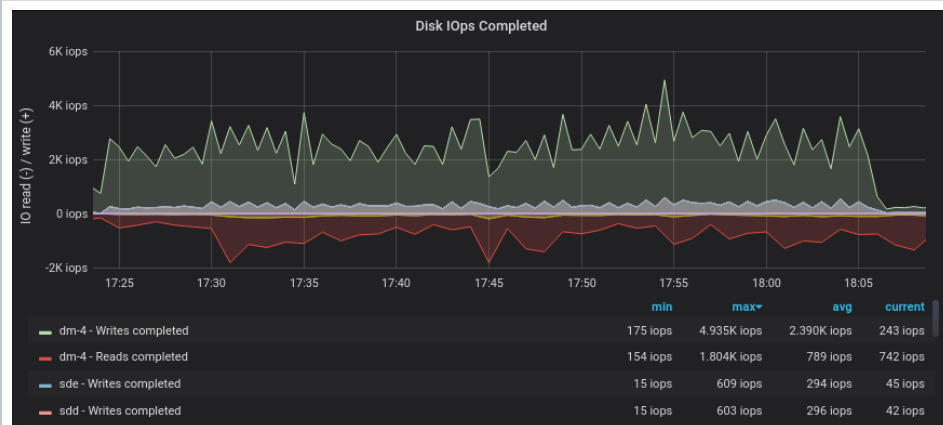
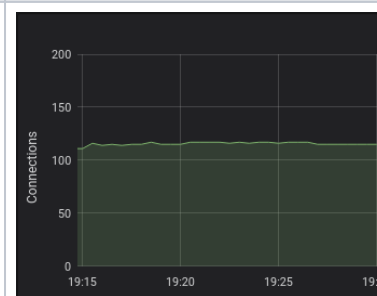
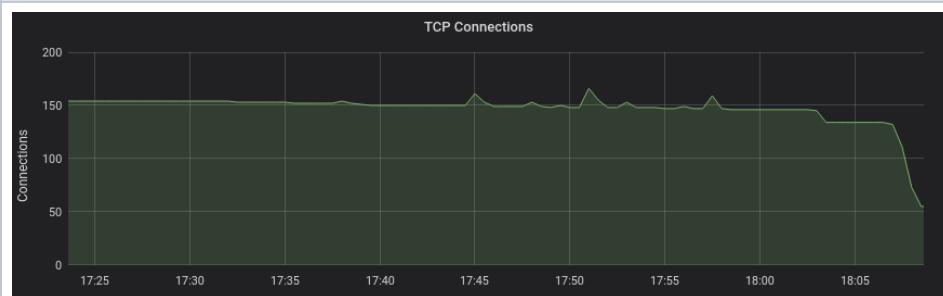
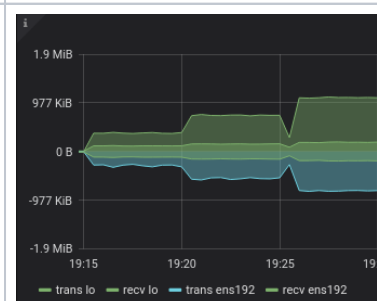
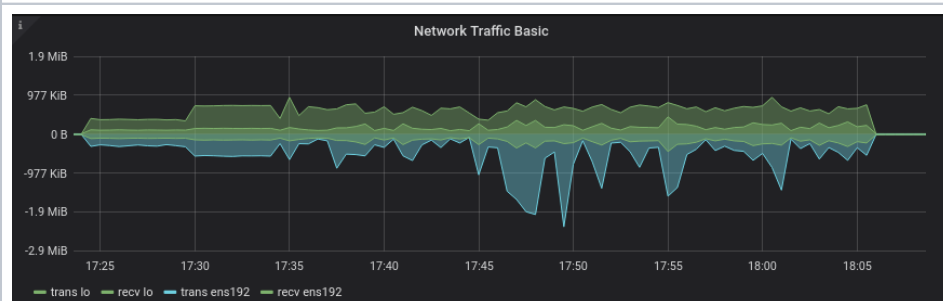
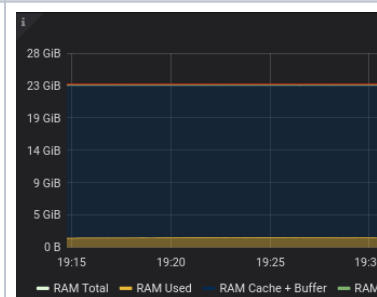
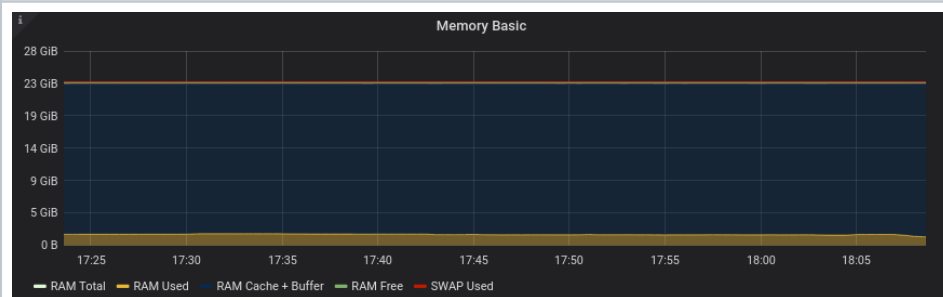
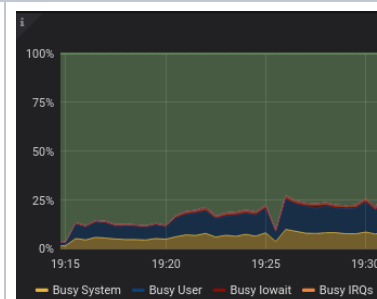
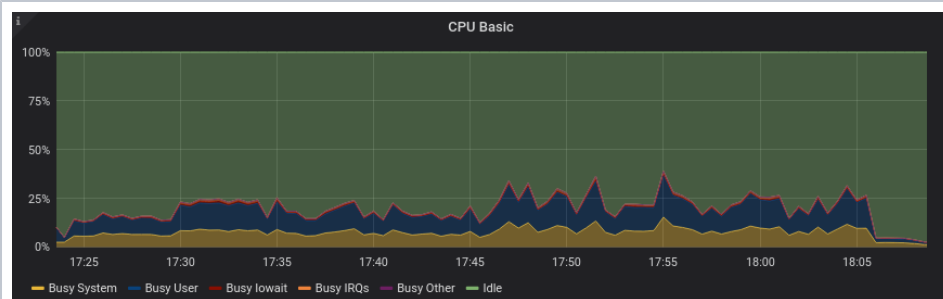
ПУ,ПМ

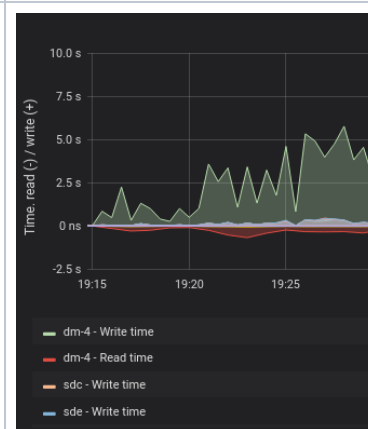
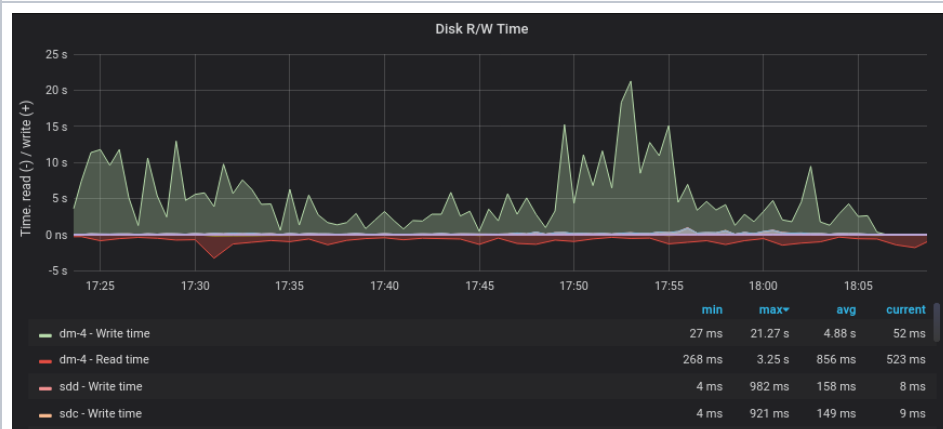
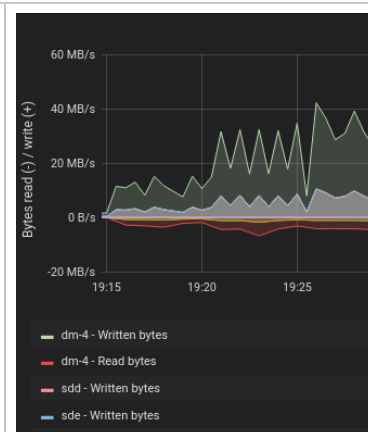
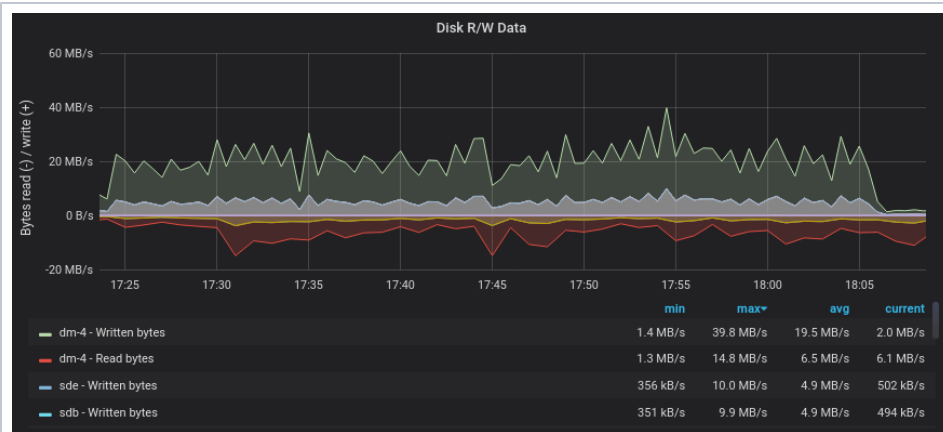




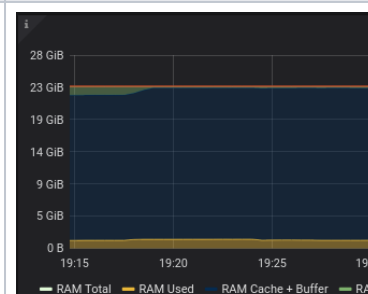
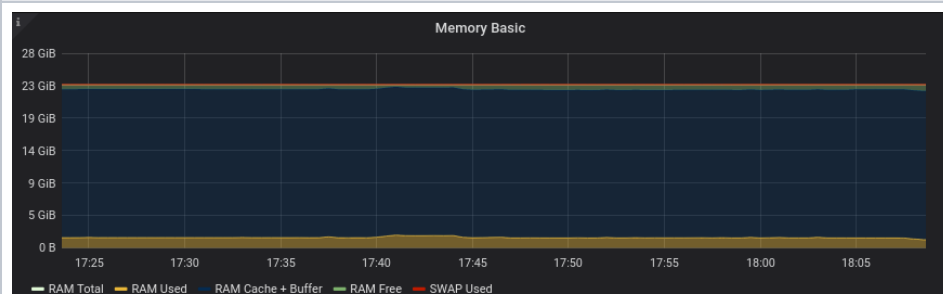
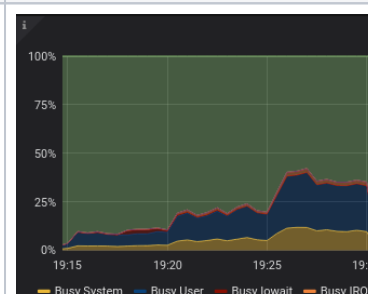
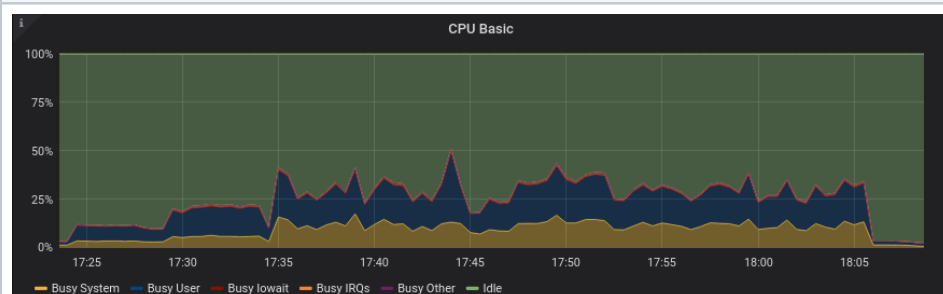
Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД

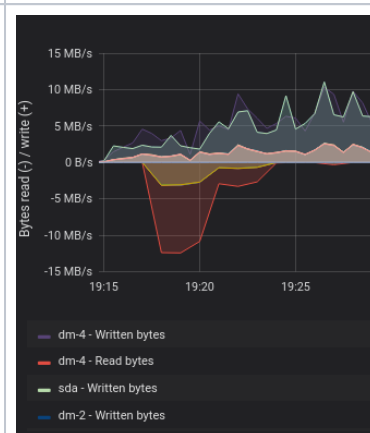
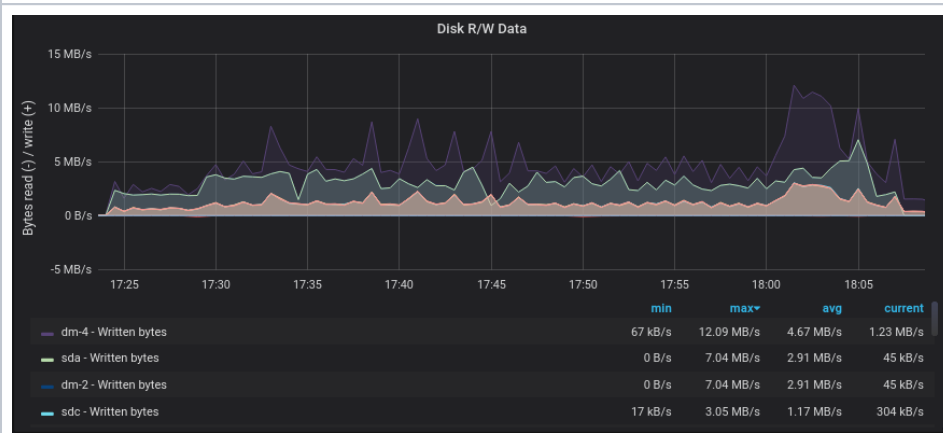
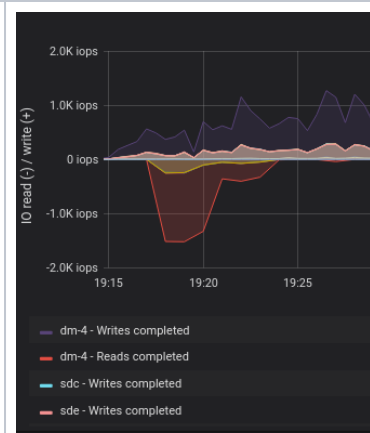
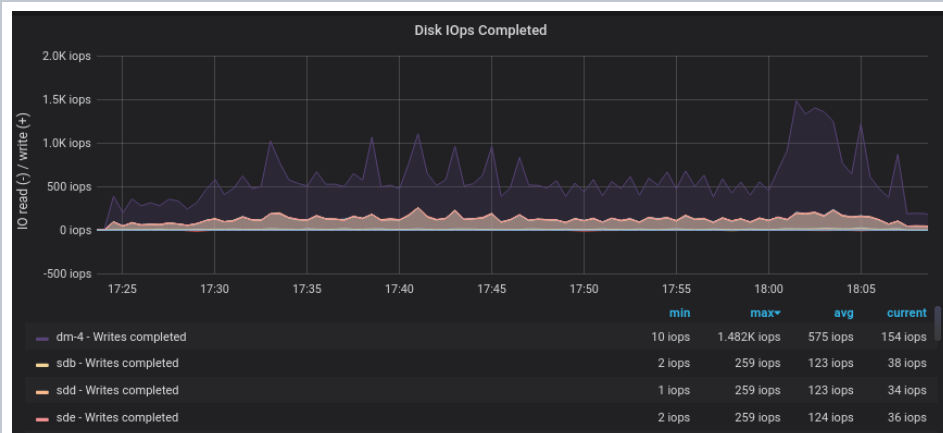
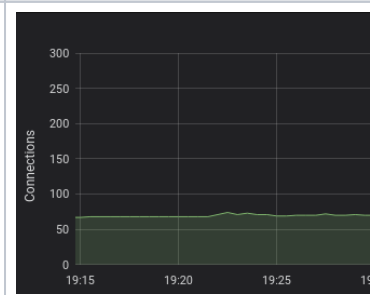
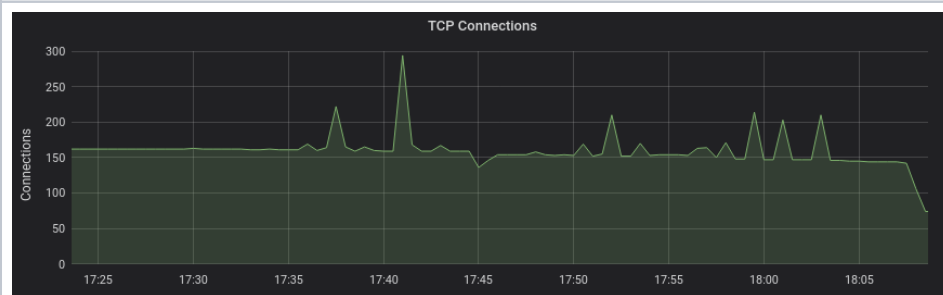
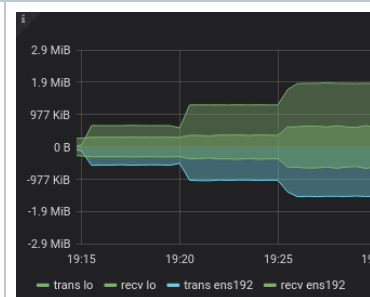
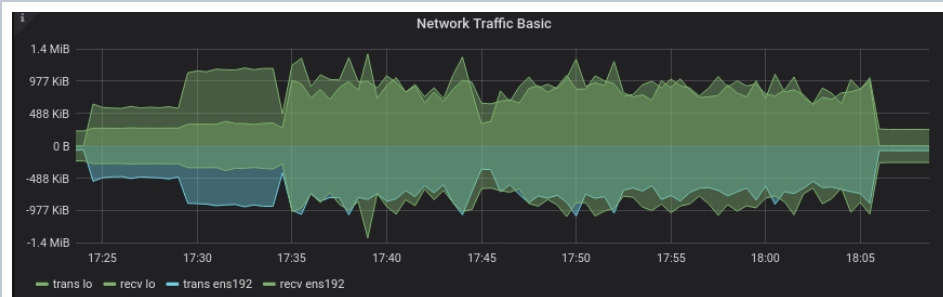
ПБ

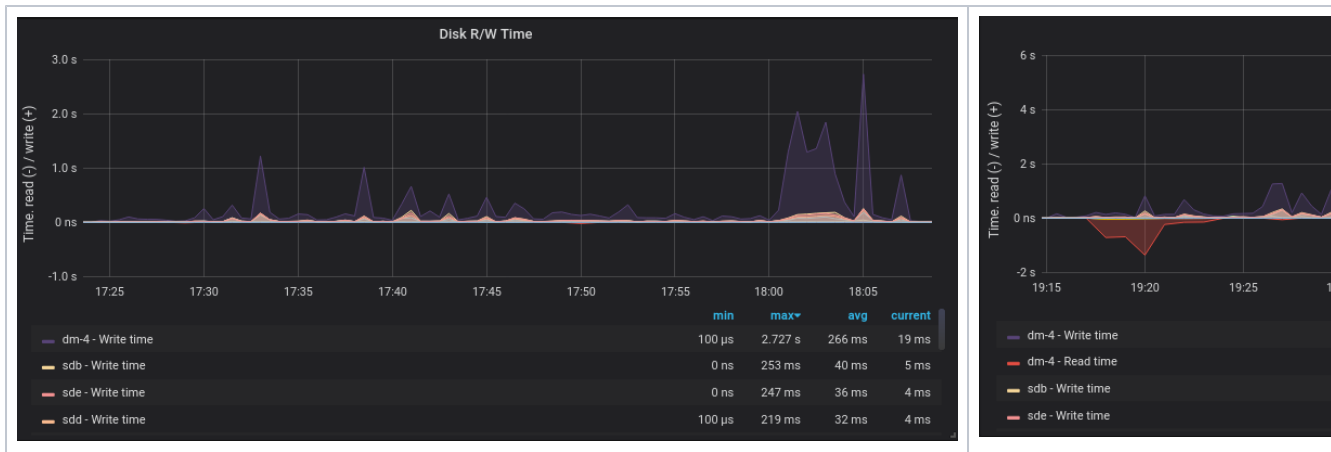




## PM,PM







## Тестирование стабильности системы

Стабильность системы подтверждена при нагрузке равной 100% от предполагаемой пиковой нагрузки на систему. Времена отклика по операциям оставались стабильными на протяжении всего теста, и их значение на 95-м перцентиле не превышало 200 мс.

Утилизация аппаратных ресурсов также была стабильна и составила:

Для CPU не выше:

- СП - 70%
- БД ПУ + ПМ - 50%
- БД ПБ - 51%
- NATS - 52%

Для RAM не выше:

- СП - 27%
- БД ПУ + ПМ - 8%
- БД ПБ - 9%
- NATS - 10%

Для диска не выше:

- СП:
  - read - 81 iops
  - write - 814 iops
- БД ПУ + ПМ:
  - read - 2.165K iops, 17.74 MB/s
  - write - 3.290K iops, 24.25 MB/s
- БД ПБ:
  - read - 2.43K iops, 19.9 MB/s
  - write - 8.71K iops, 70.5 MB/s
- NATS:
  - read - 1 iops, 0.02 MB/s
  - write - 56 iops, 18.38 MB/s

Проблем, связанных с "утечкой" ресурсов в ходе теста не обнаружено. По результатам теста можно сделать вывод, что стабильная работа системы подтверждена.

## Нагрузка 100% длительность 12 часов

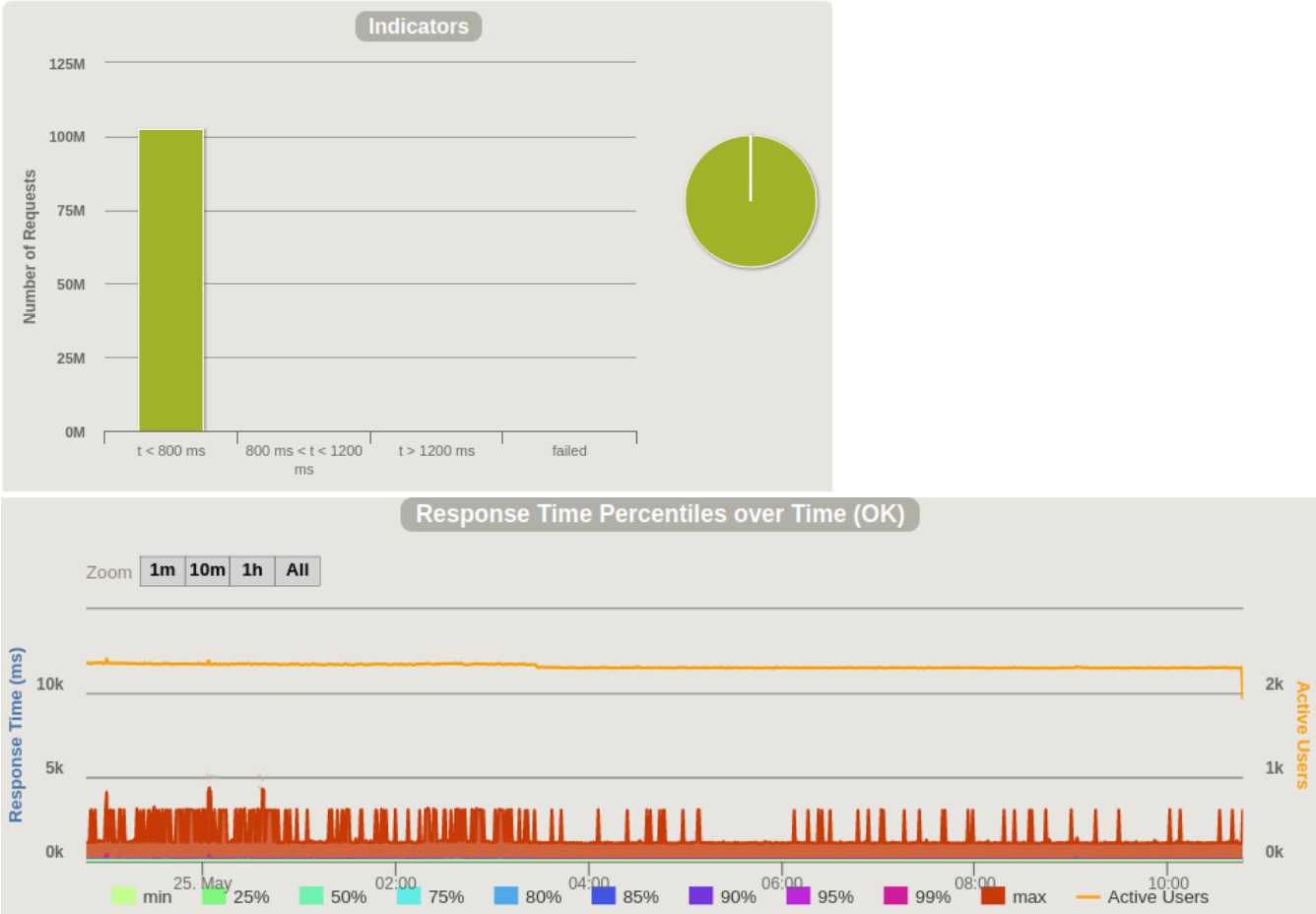
Время проведения тестирования:

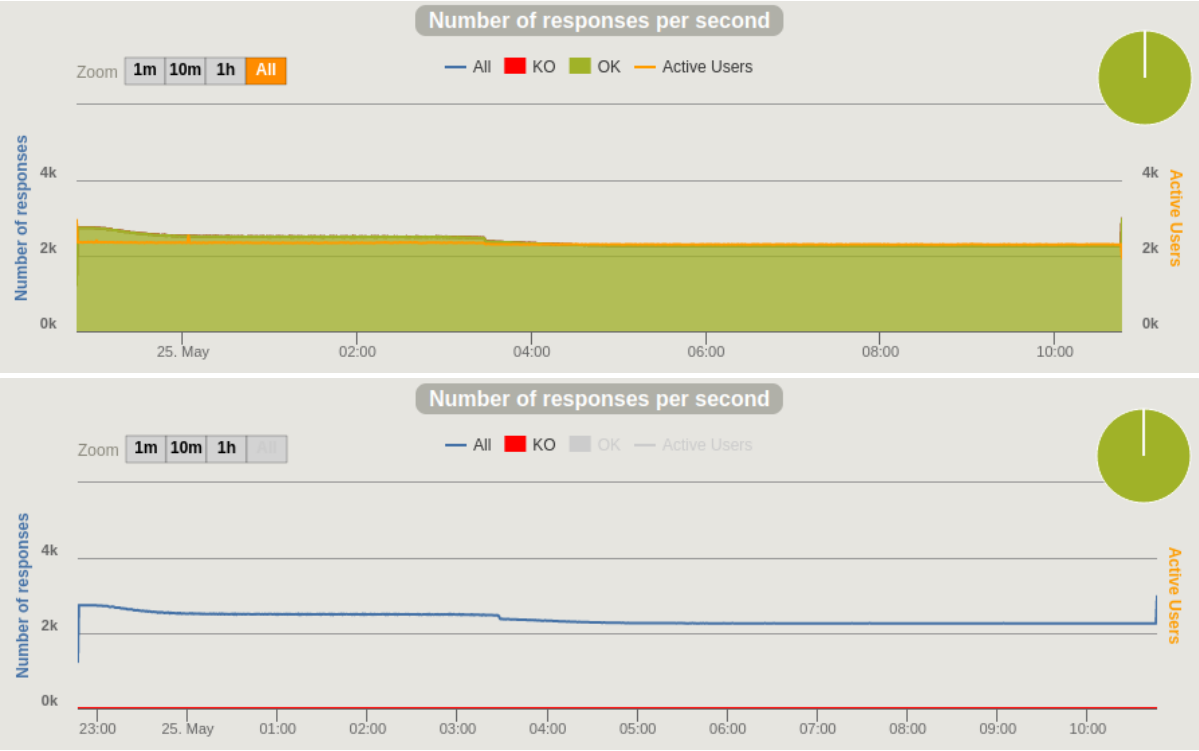
- Начало: **2021-06-07 22:51:05**
- Окончание: **2021-06-08 10:46:19**

Requests	Total	OK	KO	%KO	Req/s	Min	50th	75th	95th	99th	Max	Mean	Std Dev
Global Information	102624521	102624521	0	0%	2375.073	1	8	31	60	91	4769	20	48
Send SDJD scenario	8294400	829400	0	0%	191.96	7	46	55	75	99	4163	50	47

Complete device activation scenario	179844	179844	0	0%	4.162	243	434	491	614	931	4282	458	175
Get .well-known	179844	179844	0	0%	4.162	2	8	15	41	71	4530	15	59
Get device login challenge	179844	179844	0	0%	4.162	3	15	25	46	68	3164	21	39
Post device login	179844	179844	0	0%	4.162	13	45	60	94	137	3303	52	54
Post device change password	179844	179844	0	0%	4.162	25	66	86	124	167	4201	73	56
Get device code	539532	539532	0	0%	12.487	5	19	29	53	78	3046	25	39
Post device tokens	179844	179844	0	0%	4.162	24	114	133	171	207	1353	121	44
Post complete enrollment	179843	179843	0	0%	4.162	39	92	112	155	207	3669	100	60
Send state scenario	8294400	8294400	0	0%	191.96	8	47	56	76	101	4241	51	48
Get application release build access check	10161720	10161720	0	0%	235.176	1	4	6	19	33	4381	7	43
Get application release dependency access check	50678352	50678352	0	0%	1172.866	1	4	6	19	33	4365	7	43
Get application release info	10161720	10161720	0	0%	235.176	4	10	17	35	58	3175	16	46
Get application release build content	306552	306552	0	0%	7.095	30	65	86	133	180	4369	75	69
Get application release dependency content	1512000	1512000	0	0%	34.993	29	55	70	113	161	4795	64	62
Get Next scenario	8294400	8294400	0	0%	191.96	5	29	47	135	174	4684	48	68
Get next device operation	8294400	8294400	0	0%	191.96	5	27	34	52	72	4278	31	45
Post acknowledge received	1651192	1651192	0	0%	38.214	8	30	38	58	81	4553	35	46
Post acknowledge succeed	1651190	1651190	0	0%	38.214	5	50	60	82	109	4473	54	43

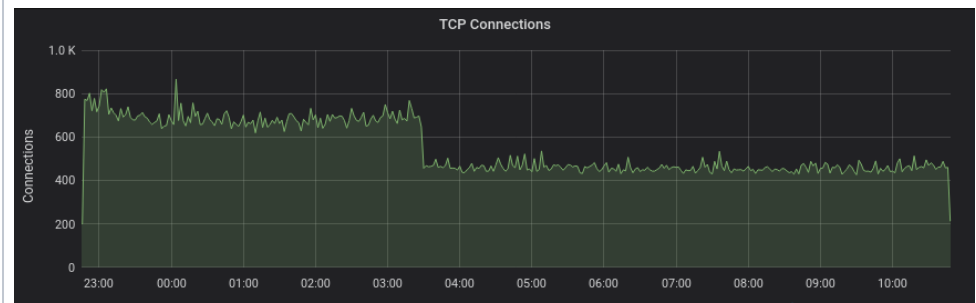
Общая статистика по запросам и время ответа



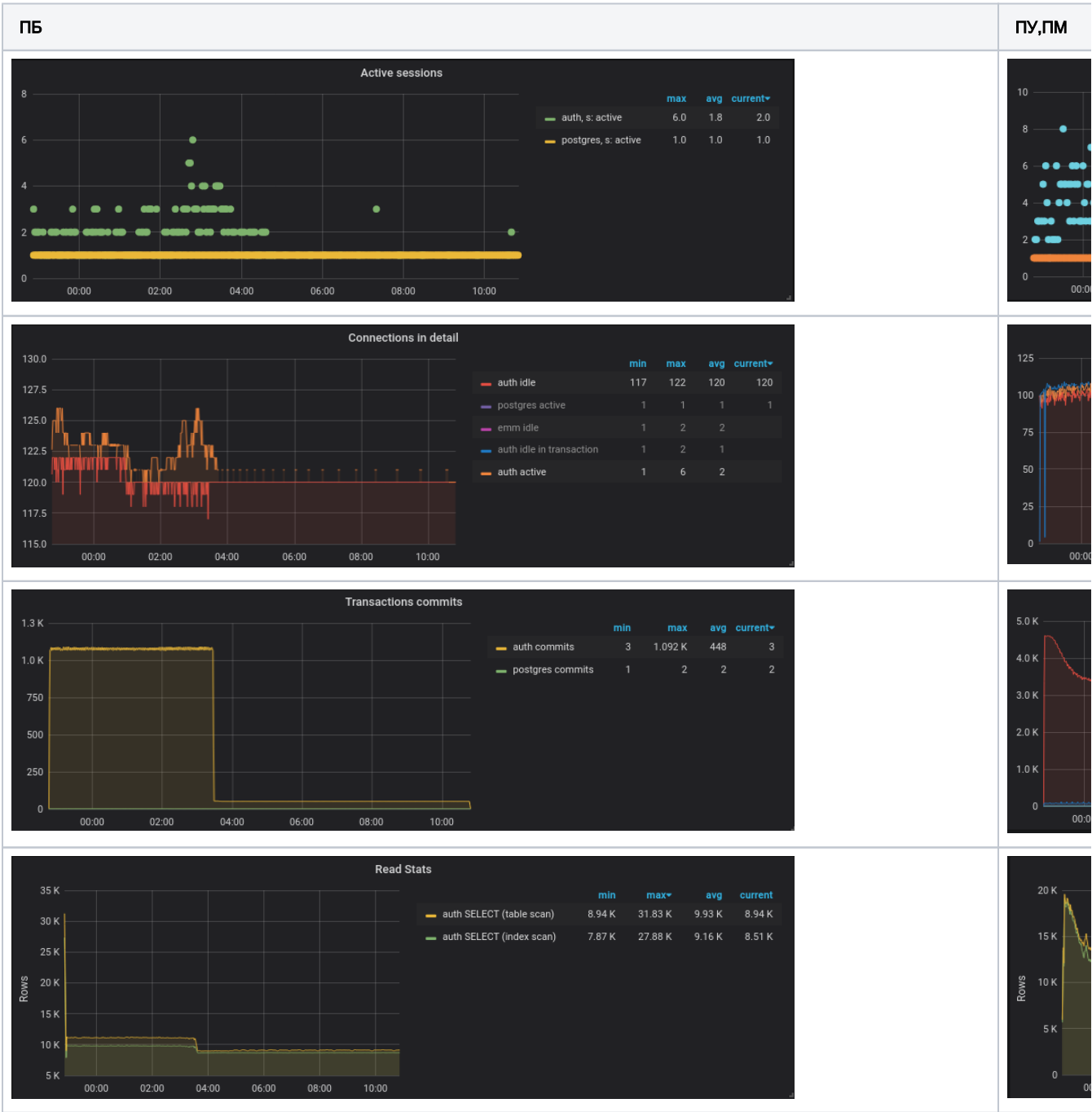


Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений

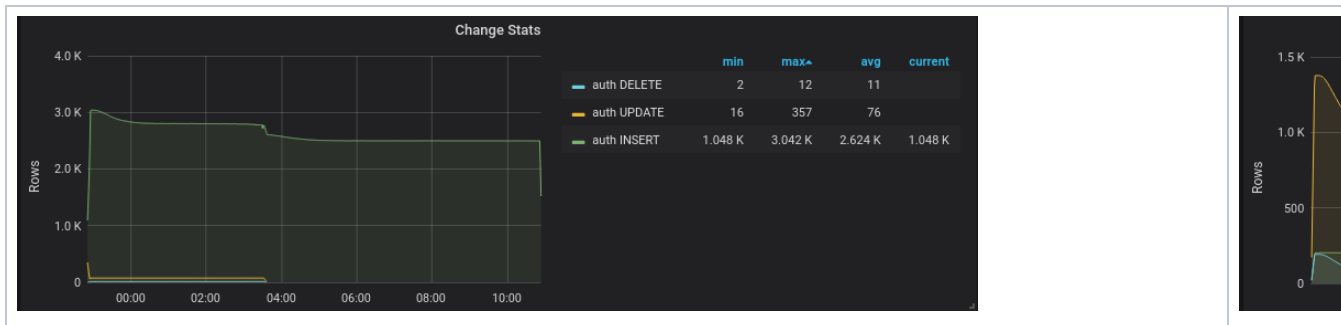




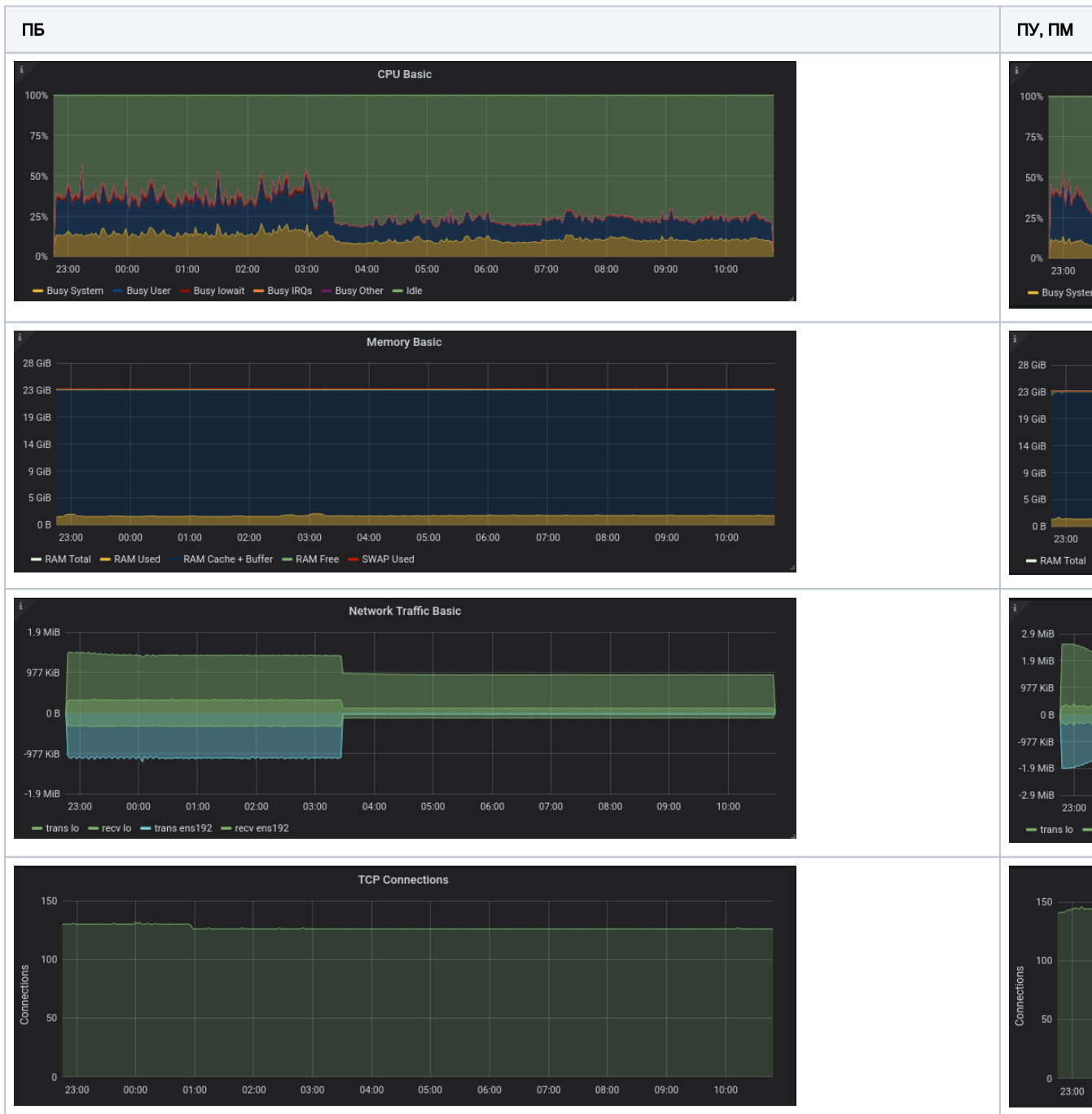
Показатели производительности сервера СУБД



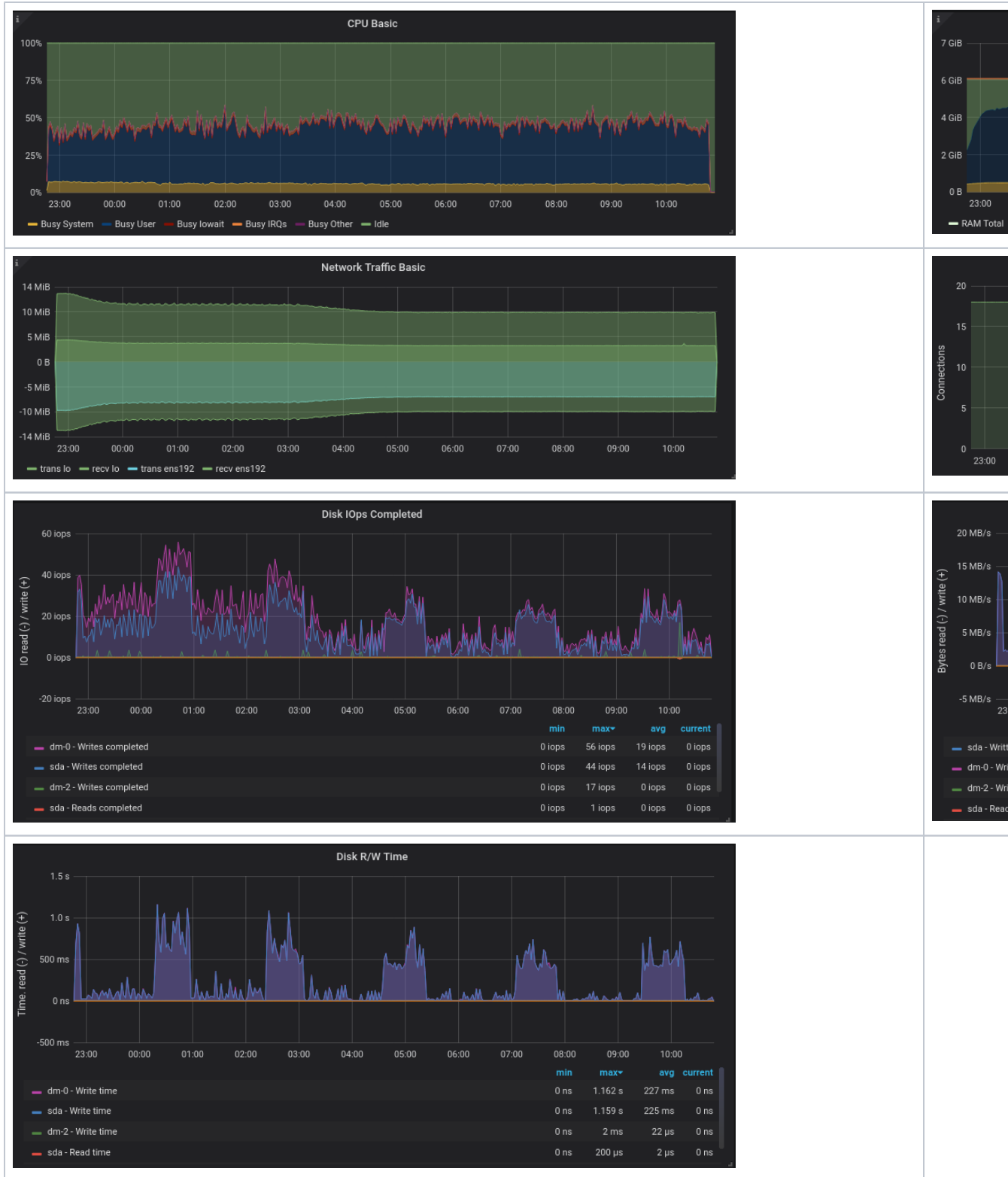




## Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД







Сравнение с релизом 2.5.0

Так как осуществлялось корректирование целевой конфигурации оборудования после проведения тестирования релиза 2.5.0, это не позволило напрямую сравнить эффективность использования ресурсов путем сравнения результатов. В связи с этим был проведен дополнительный тест текущего релиза на конфигурации используемой при тестировании 2.5.0 (нагрузка 100%, длительность 1 час, конфигурация оборудования - 6 app нод - 6 CPU, 12 RAM; ПБ DB - 6CPU, 32 RAM; ПУ, ПМ DB - 6CPU, 32 RAM).

База данных:

Изменение объема выполняемых диском операций записи в среднем:

- БД ПУ + ПМ - увеличение на ~700 iops до 2.429K iops
- БД ПБ - увеличение на ~800 iops и составляет - 3.992K iops

Количество записываемых МВ/с в среднем:

- БД ПУ+ ПМ - увеличилось с ~10 МВ/с до ~19 МВ/с
- БД ПБ - увеличилось с 15МВ/с до 32 МВ/с

Количество транзакций в среднем:

- БД ПУ - остался на прежнем уровне ~3.6 K
- БД ПБ - остался на прежнем уровне ~1K

Потребление CPU сервером БД в среднем:

- БД ПУ + ПМ - увеличение с 25% до 32%
- БД ПБ - увеличение с 14% до 18%

Серверы приложений:

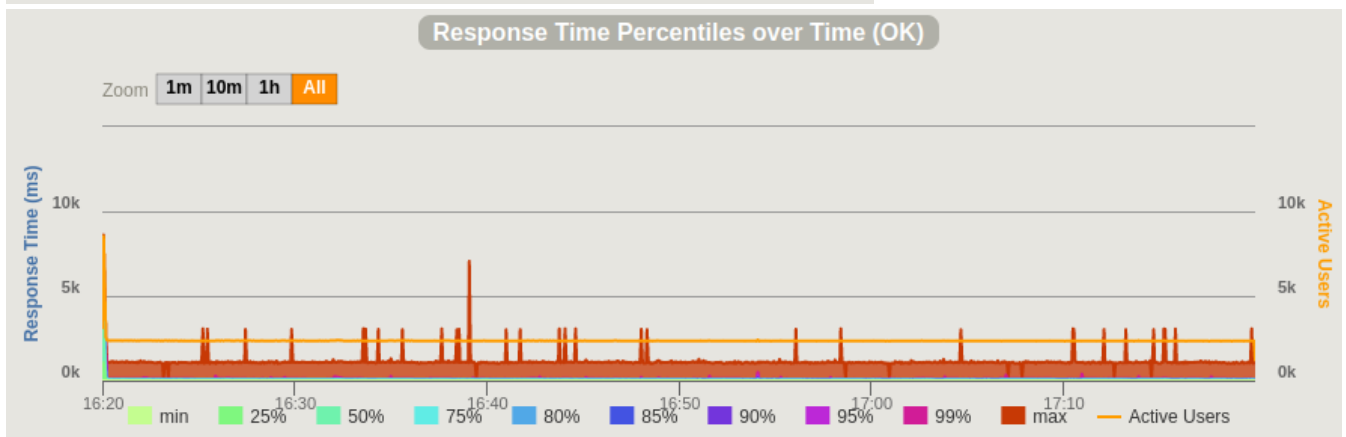
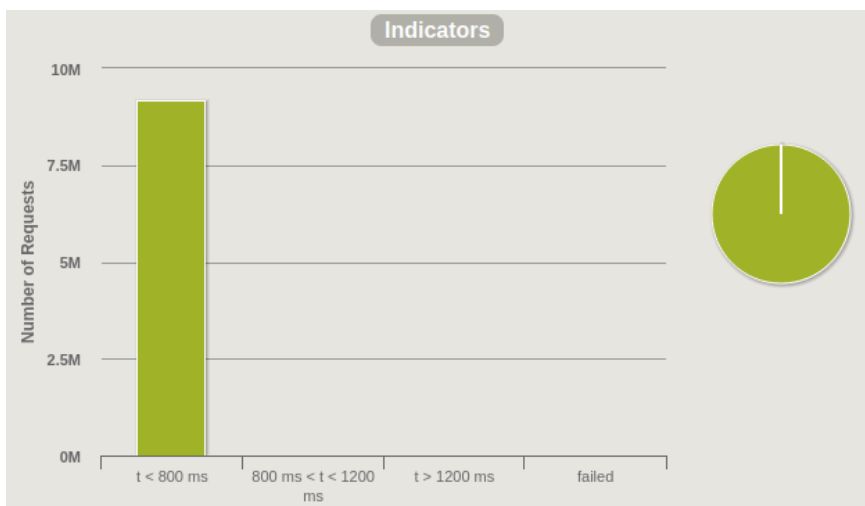
- RAM - ~2.4 GB.
- CPU - средняя утилизация снизилась на ~15% до 55%.

Время проведения тестирования:

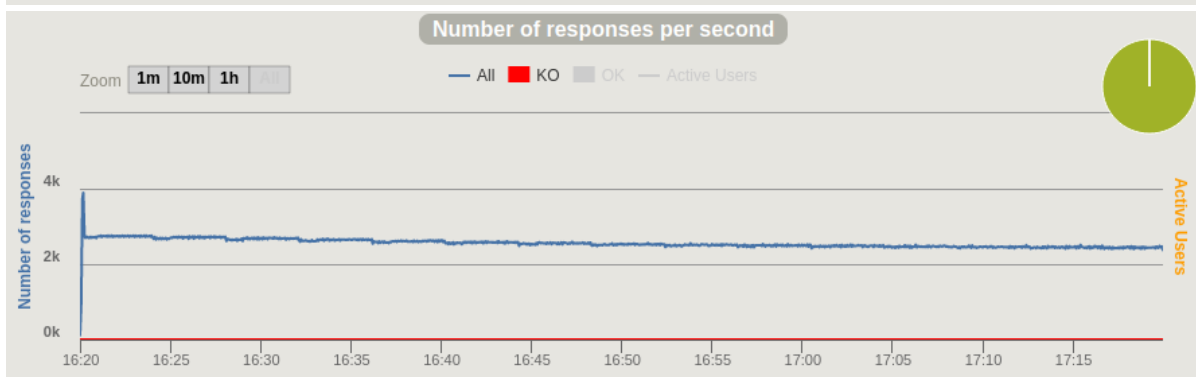
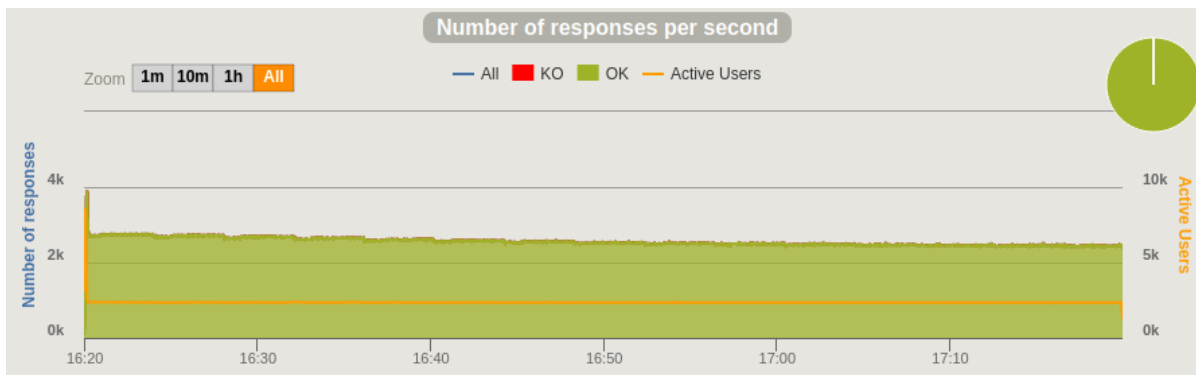
- Начало: 2021-06-14 16:19:55
- Окончание: 2021-06-14 17:19:55

Requests	Total	OK	KO	%KO	Req/s	Min	50th	75th	95th	99th	Max	Mean	Std Dev
Global Information	9192622	9192622	0	0%	2551.38	1	11	38	70	111	8608	28	115
Send SDJD scenario	691200	691200	0	0%	191.84	11	53	63	88	119	8608	61	120
Complete device activation scenario	38400	38400	0	0%	10.658	261	409	454	550	1422	8641	437	243
Get .well-known	38400	38400	0	0%	10.658	2	9	17	38	65	6748	19	119
Get device login challenge	38400	38400	0	0%	10.658	3	14	20	37	58	1055	18	42
Post device login	38400	38400	0	0%	10.658	14	42	55	80	119	3527	48	53
Post device change password	38400	38400	0	0%	10.658	25	63	80	115	158	3933	71	68
Get device code	115200	115200	0	0%	31.973	6	19	27	43	63	3972	24	42
Post device tokens	38400	38400	0	0%	10.658	82	108	122	153	190	1264	114	40
Post complete enrollment	38400	38400	0	0%	10.658	36	88	106	141	193	2432	96	58
Send state scenario	691200	691200	0	0%	191.84	13	53	63	89	119	8248	62	119
Get Next scenario	691200	691200	0	0%	191.84	7	82	120	165	217	9018	89	179
Get next device operation	691200	691200	0	0%	191.84	6	31	39	60	87	7982	39	120
Post acknowledge received	352523	352523	0	0%	97.842	8	31	40	60	90	7051	38	72
Post acknowledge succeed	352523	352523	0	0%	97.842	12	53	63	88	119	3470	59	56
Get application release build access check	846816	846816	0	0%	235.031	1	4	8	22	39	7076	12	115
Get application release info	846816	846816	0	0%	235.031	4	12	20	38	66	7855	21	119
Get application release dependency access check	4223196	4223196	0	0%	1172.133	1	4	8	22	39	7709	12	115
Get application release build content	25548	25548	0	0%	7.091	30	70	90	135	205	7467	87	202
Get application release dependency content	126000	126000	0	0%	34.971	30	61	78	119	192	6991	76	169

Общая статистика по запросам и время ответа



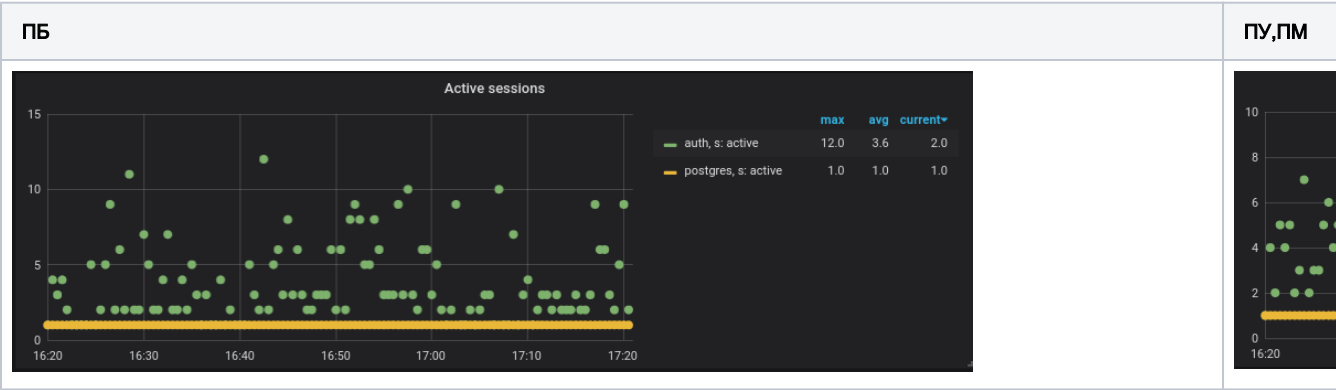
Количество ответов в секунду с разделением по статусу

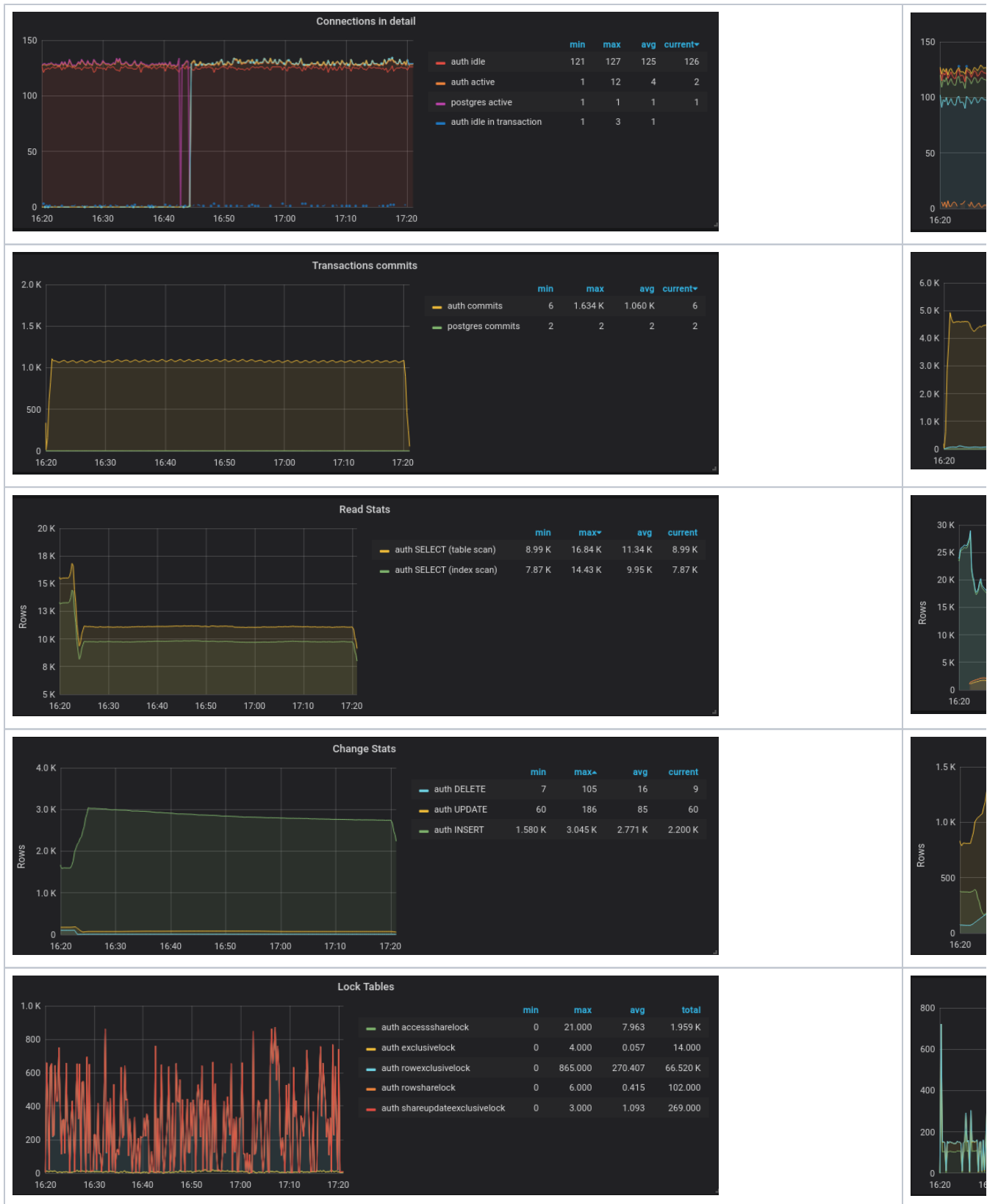


Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений



Показатели производительности сервера СУБД

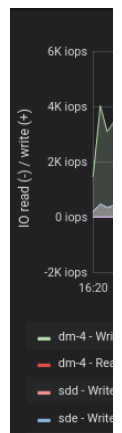
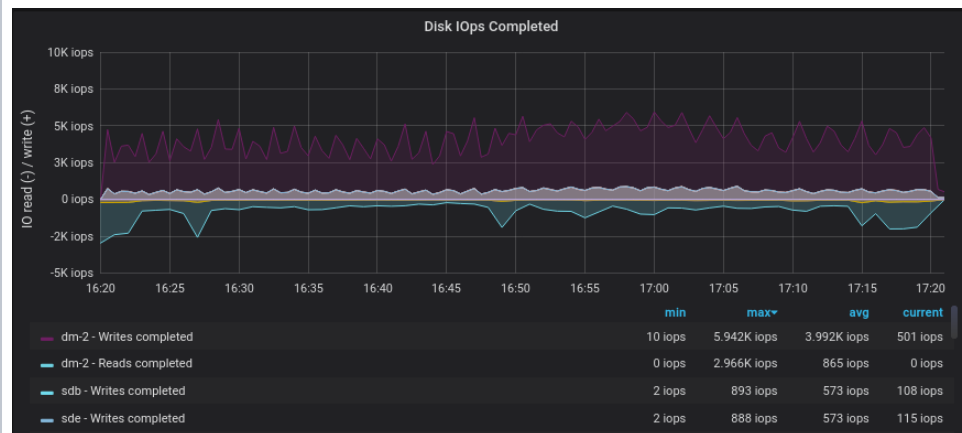
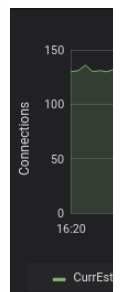
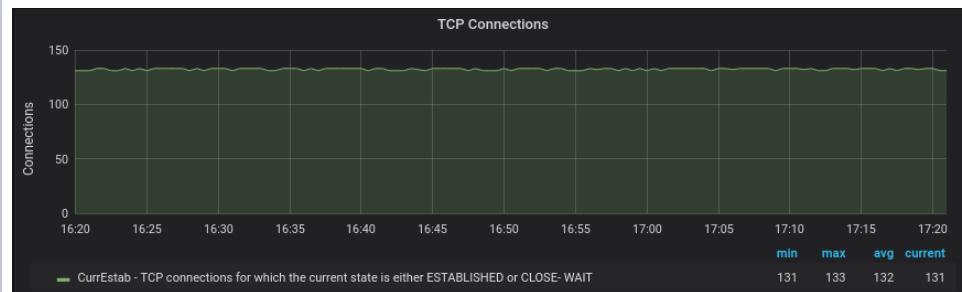
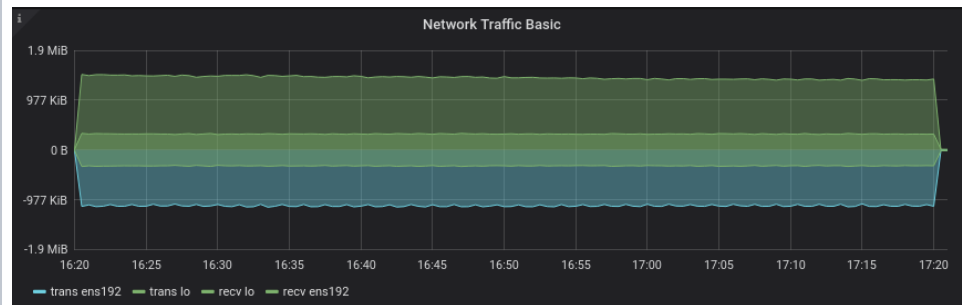
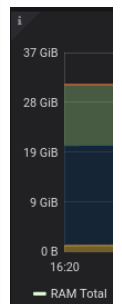
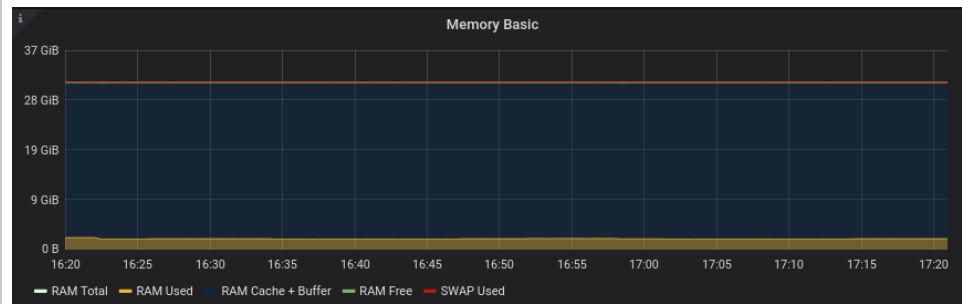
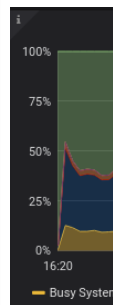
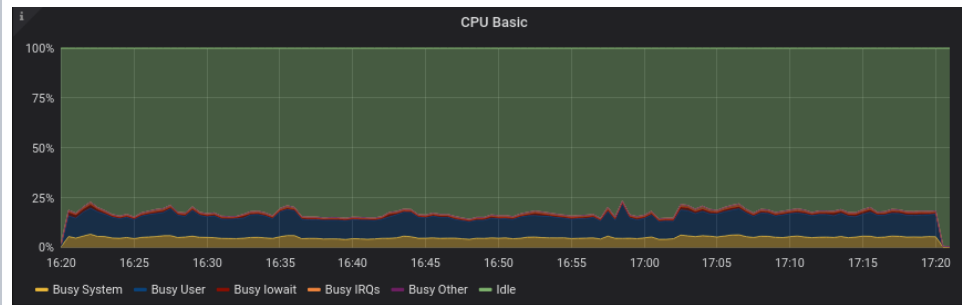




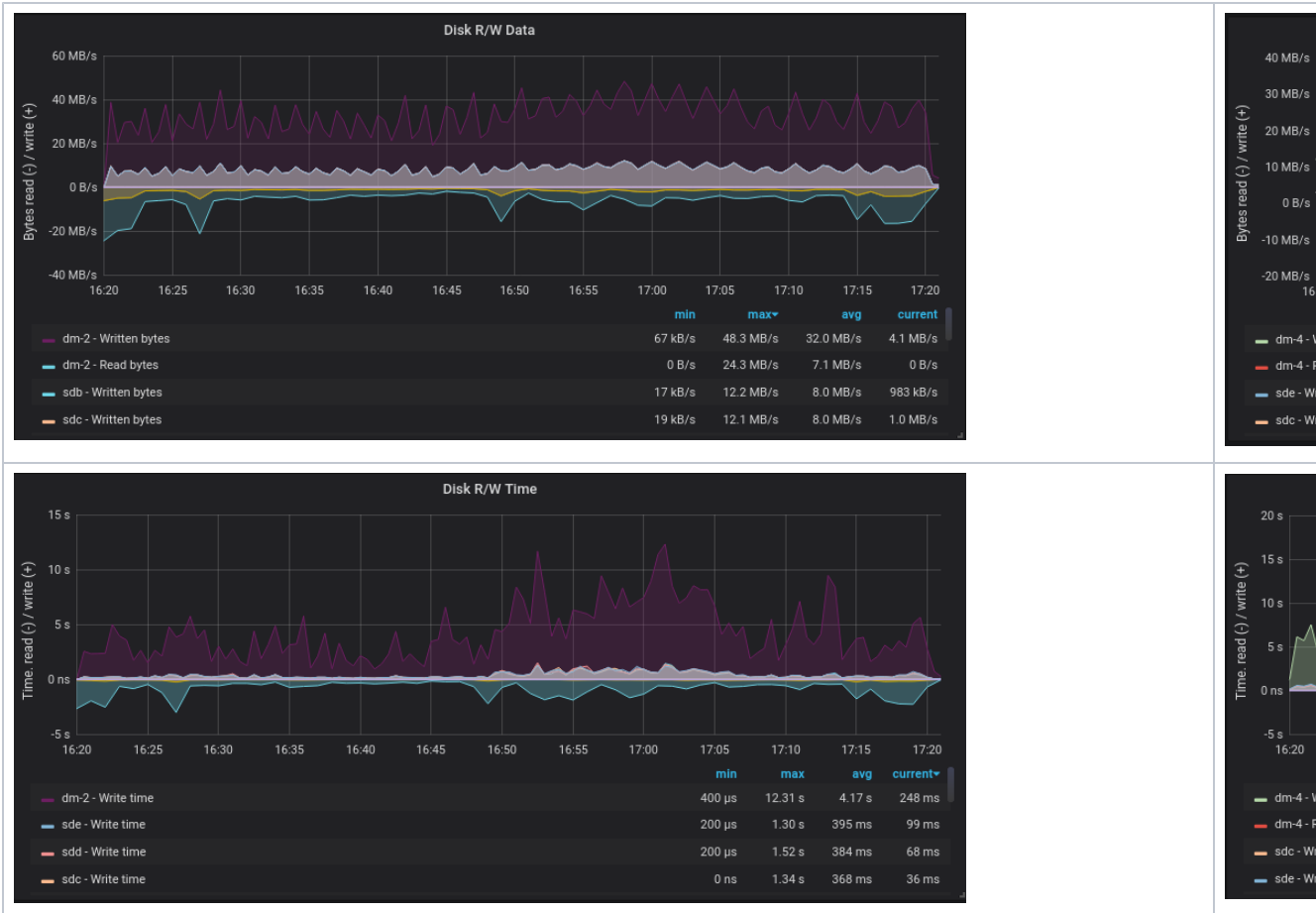
Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД

ПБ

ПУ, ПМ







## Тестирование минимальной конфигурации

По результатам тестов времени отклика на 95-м перцентиле:

- при использовании SSD - не превышают 250 мс
- при использовании HDD - не превышают 200 мс

В моменты обновления кэша происходит их увеличение, стоит отметить, что в случае с SSD увеличение времени отклика в моменты обновления кэша немного ниже:

- при использовании SSD - не превышает 3.5 с
- при использовании HDD - не превышает 4 с

Также, при обновлении имеет место повышение утилизации CPU на СП (используемый nginx и ocs-appstore-client-api-gw) и базе данных, небольшие IO ожидания на СП связаны с процессами чтения с диска и записи на диск. На остальных интервалах времени отклика и утилизация аппаратных ресурсов остаются стабильными.

В случае с минимальной конфигурацией на 10K подключенных устройств медленная дисковая подсистема БД лишь незначительно влияет на общие показатели производительности. Главным образом это отображается на работе самой базы, в моменты использования диска, более длительным чтением/записью и, как следствие, увеличенными интервалами повышения утилизации RAM, CPU, фоновым ожиданием IO, однако, находящимися в рамках предъявляемых требований. В остальном оба теста показали сопоставимые результаты.

По сравнению с релизом 2.5.0 был снижен минимально необходимый объем оперативной памяти на 1 GB, в связи с чем потребовалось уменьшение параметра ОС, отвечающего за использование swp. При тестировании было установлено значение - 10. Тесты показали, что swp используется незначительно (не более 4% от установленного 1GB) в основном компонентами инфраструктуры (redis, nats, consul) и незадействованными сервисами. Утилизация nginx-ом оперативной памяти снизилась на 10%.

По результатам можно сделать вывод, что в минимальной конфигурации система поддерживает стабильную работу с 10,000 устройств и выдерживает нагрузку не менее 300%.

## SSD диск

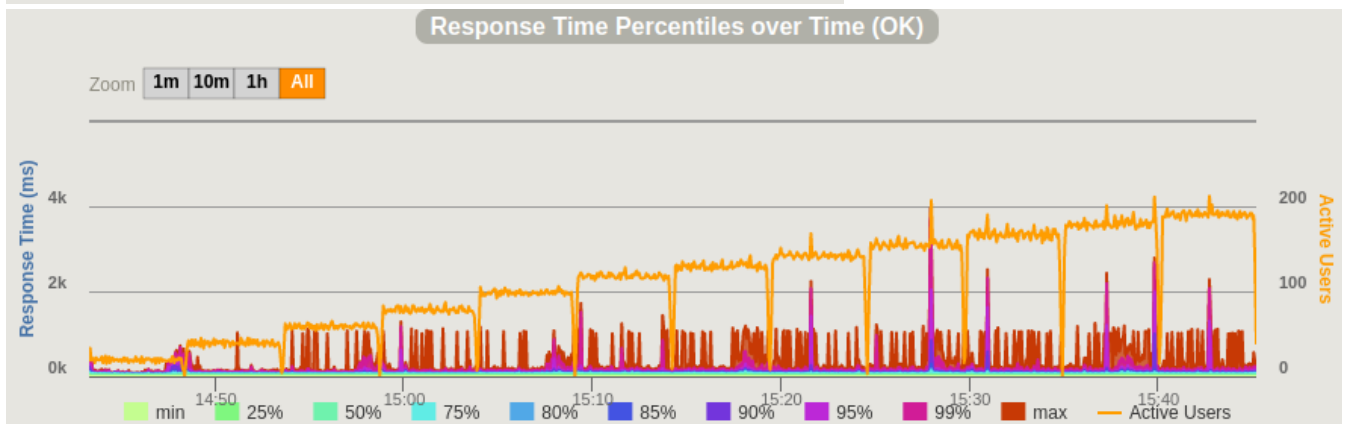
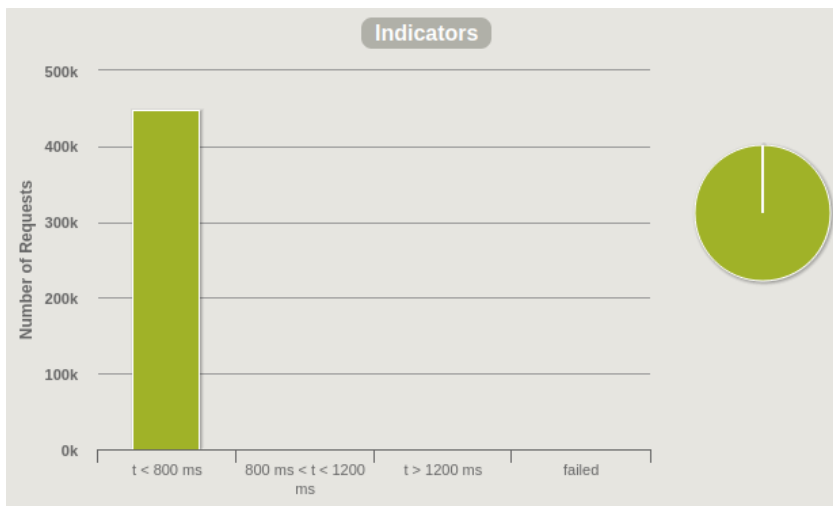
Максимальная производительность

Время проведения тестирования:

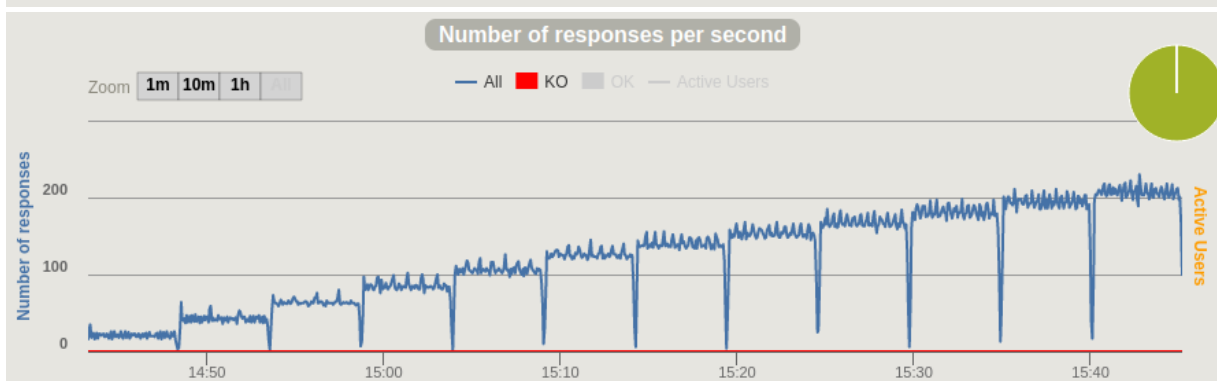
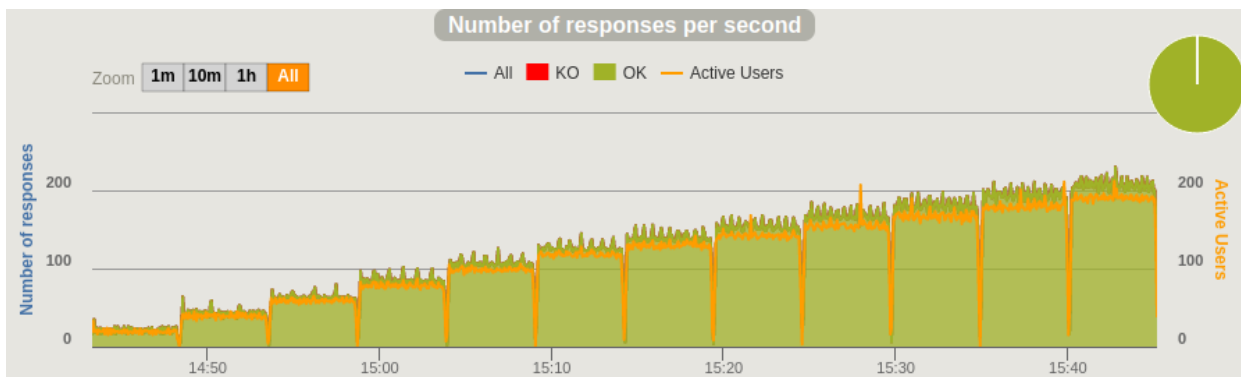
- Начало: 2021-06-10 14:43:15
- Окончание: 2021-06-10 15:44:21

Requests	Total	OK	KO	%KO	Req/s	Min	50th	75th	95th	99th	Max	Mean	Std Dev
Global Information	448830	448830	0	0%	120.718	1	31	60	118	188	3955	44	74
Complete device activation scenario	1308	1308	0	0%	0.352	221	494	587	847	1336	1695	518	188
Get .well-known	1308	1308	0	0%	0.352	3	11	55	124	213	1012	36	53
Get device login challenge	1308	1308	0	0%	0.352	3	25	40	77	112	216	30	25
Post device login	1308	1308	0	0%	0.352	15	60	85	138	198	1070	69	54
Post device change password	1308	1308	0	0%	0.352	23	65	95	165	266	1034	78	55
Get device code	3924	3924	0	0%	1.055	6	19	34	75	121	1016	29	36
Post device tokens	1308	1308	0	0%	0.352	85	131	164	223	274	1112	141	51
Post complete enrollment	1308	1308	0	0%	0.352	19	61	92	191	297	1085	77	67
Send SDJD scenario	23400	23400	0	0%	6.294	5	39	58	96	211	3955	55	148
Get application release build content	28716	28716	0	0%	7.724	2	9	21	50	83	1071	16	22
Send state scenario	23400	23400	0	0%	6.294	5	41	60	97	219	3900	57	147
Get application release info	28716	28716	0	0%	7.724	5	45	70	111	165	1154	51	42
Get Next scenario	23400	23400	0	0%	6.294	6	93	119	183	406	4144	111	164
Get next device operation	23400	23400	0	0%	6.294	4	38	55	90	192	3803	53	145
Post acknowledge received	22443	22443	0	0%	6.036	4	28	40	67	105	2490	32	35
Post acknowledge succeed	22443	22443	0	0%	6.036	5	21	35	64	97	2500	28	43
Get application release build content	20340	20340	0	0%	5.471	36	92	119	179	279	1109	103	50
Get application release dependency access check	143136	143136	0	0%	38.498	1	8	17	40	70	1068	13	23
Get application release dependency content	101064	101064	0	0%	27.182	31	65	93	148	246	1249	79	52

Общая статистика по запросам и время ответа



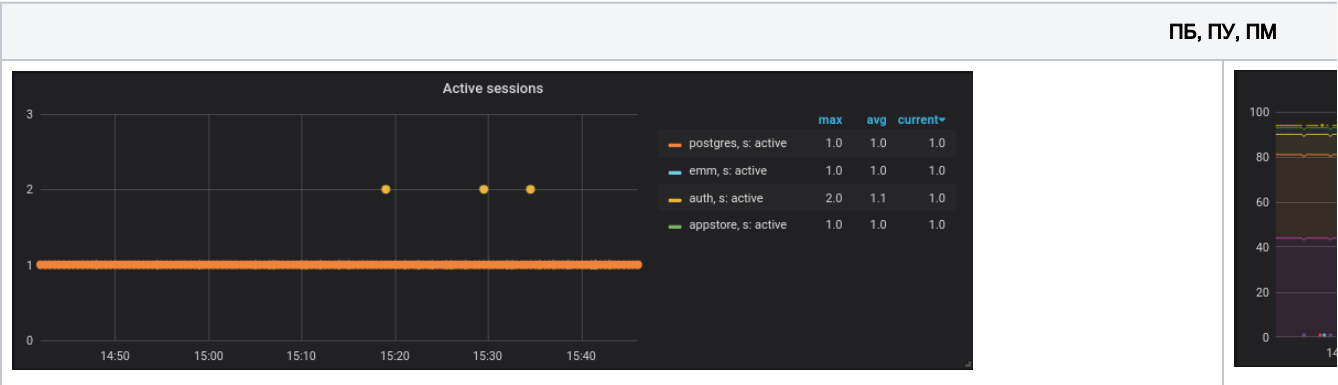
Количество ответов в секунду с разделением по статусу

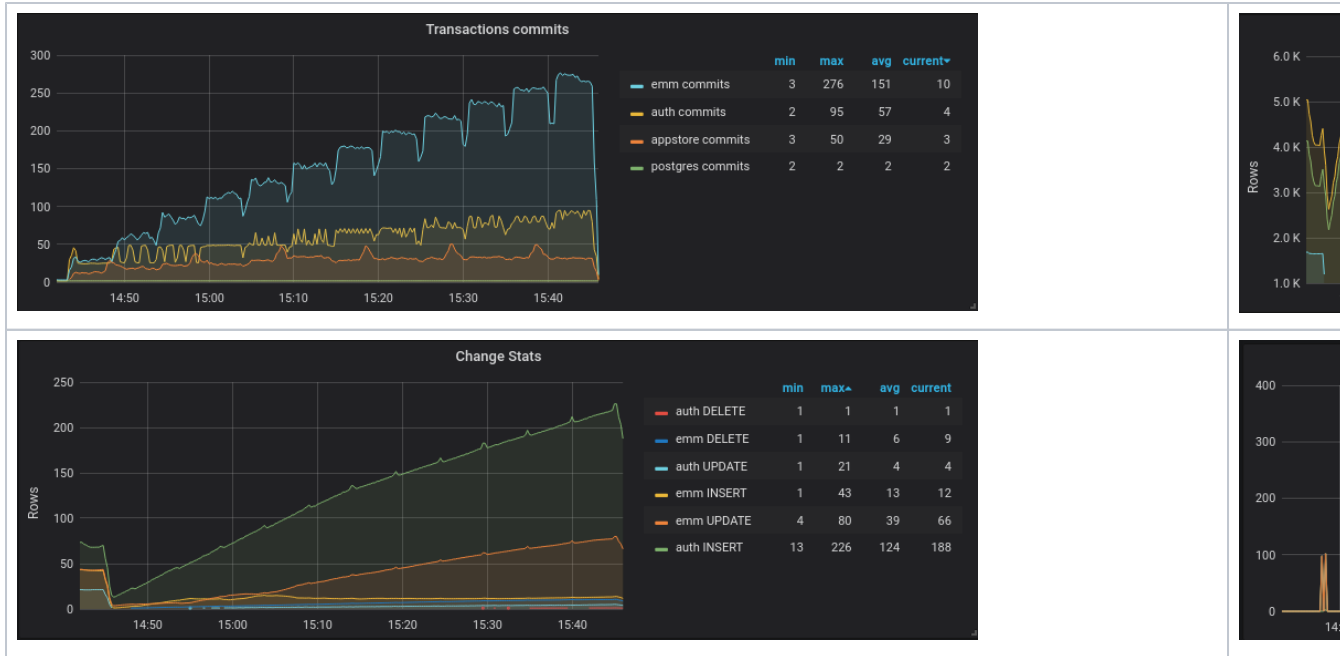


Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений



Показатели производительности сервера СУБД





Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД





## Нагрузка интенсивность 100%, длительностью 1 час

Время отклика:

- на 95-м перцентиле - не выше 250 мс
- на пике - не выше 3.5 с

Утилизация аппаратных ресурсов (среднее значение):

CPU не выше:

- СП - 39%
- БД ПУ + ПМ + ПБ - 11%

RAM не выше:

- СП - 49%
- БД ПУ + ПМ + ПБ - 51%

Диска не выше:

Объема выполняемых диском операций:

- БД ПУ + ПМ + ПБ:
  - read - 137 iops
  - write - 192 iops

Количество записываемых МВ/с в среднем:

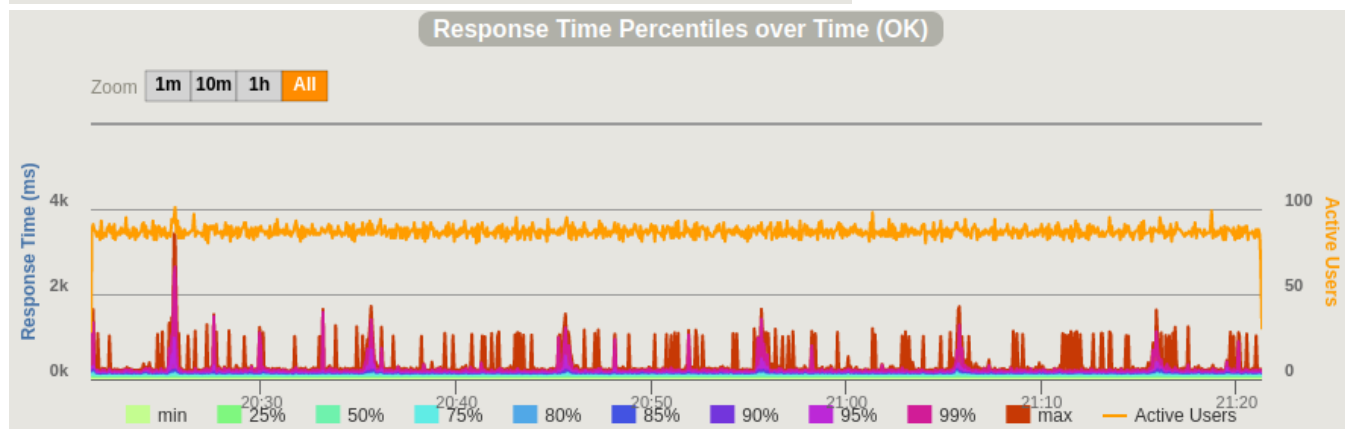
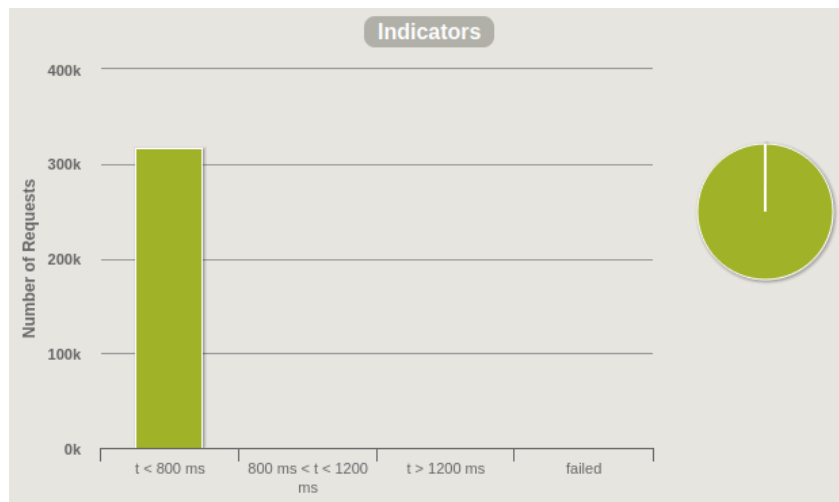
- БД ПУ + ПМ + ПБ:
  - read - 1.12 МВ/с
  - write - 1.54 МВ/с

Время проведения тестирования:

- Начало: 2021-06-10 20:21:16
- Окончание: 2021-06-10 21:21:16

Requests	Total	OK	KO	%KO	Req/s	Min	50th	75th	95th	99th	Max	Mean	Std Dev
<b>Global Information</b>	316724	316724	0	0%	87.808	2	42	74	146	218	3417	53	64
<b>Get application release build access check</b>	18204	18204	0	0%	5.047	2	12	29	80	127	1026	23	31
<b>Send state scenario</b>	14856	14856	0	0%	4.119	5	39	59	108	169	1620	47	58
<b>Complete device activation scenario</b>	<b>828</b>	<b>828</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0.23</b>	<b>227</b>	<b>515</b>	<b>665</b>	<b>857</b>	<b>1303</b>	<b>2417</b>	<b>543</b>	<b>215</b>
Get .well-known	828	828	0	0%	0.23	3	26	57	124	185	400	40	43
Get device login challenge	828	828	0	0%	0.23	4	28	45	85	131	1019	36	42
Post device login	828	828	0	0%	0.23	15	61	92	163	244	404	74	50
Post device change password	828	828	0	0%	0.23	24	70	106	171	252	1118	84	70
Get device code	2484	2484	0	0%	0.689	6	25	44	95	150	1064	35	37
Post device tokens	828	828	0	0%	0.23	84	118	162	257	371	1141	141	82
Post complete enrollment	828	828	0	0%	0.23	19	43	77	180	265	547	63	56
<b>Send SDJD scenario</b>	14856	14856	0	0%	4.119	4	35	56	104	167	1644	44	61
<b>Get Next scenario</b>	<b>14856</b>	<b>14856</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>4.119</b>	<b>5</b>	<b>94</b>	<b>130</b>	<b>210</b>	<b>272</b>	<b>1698</b>	<b>109</b>	<b>81</b>
Get next device operation	14856	14856	0	0%	4.119	4	37	57	109	164	1517	47	55
Post acknowledge received	14242	14242	0	0%	3.948	4	30	47	89	135	1574	38	42
Post acknowledge succeed	14242	14242	0	0%	3.948	5	21	34	61	92	1563	27	33
<b>Get application release info</b>	18204	18204	0	0%	5.047	5	66	99	156	202	1123	73	47
<b>Get application release build content</b>	18204	18204	0	0%	5.047	39	110	154	218	293	3417	125	80
<b>Get application release dependency access check</b>	90804	90804	0	0%	25.174	2	12	23	52	98	1054	18	25
<b>Get application release dependency content</b>	90804	90804	0	0%	25.174	31	72	99	172	257	3380	87	72

## Общая статистика по запросам и время ответа



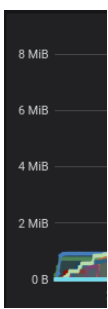
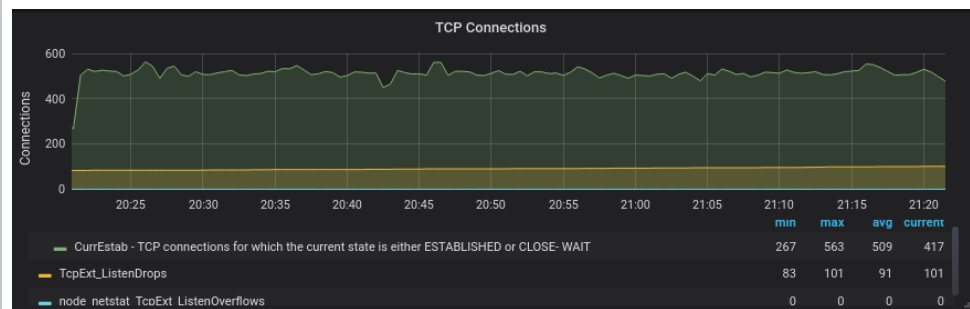
Количество ответов в секунду с разделением по статусу



Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений

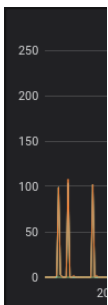
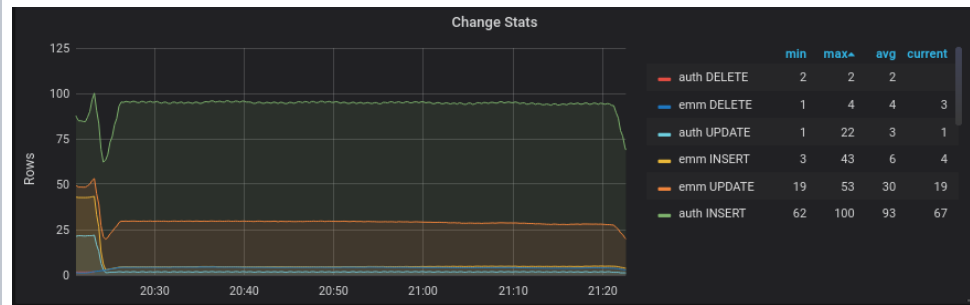
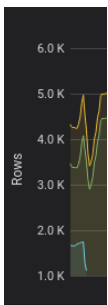
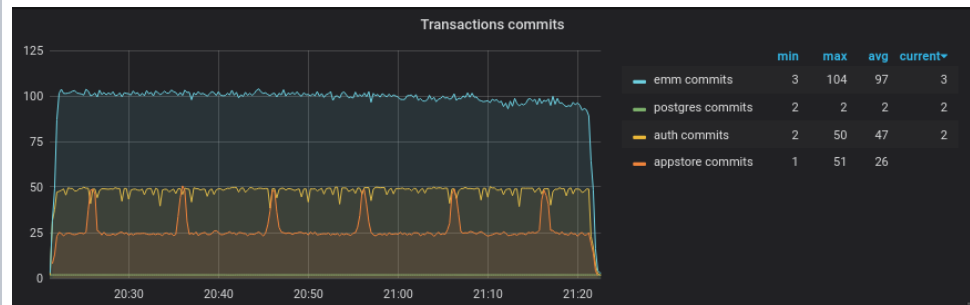
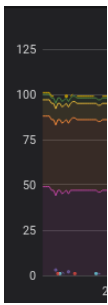
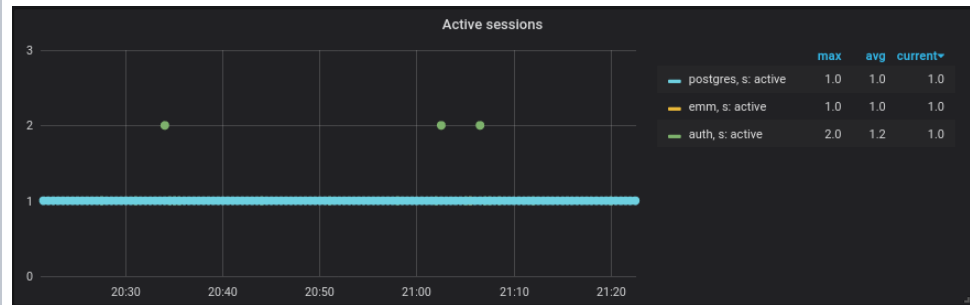






Показатели производительности сервера СУБД

ПБ, ПУ, ПМ



Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД

ПБ, ПУ, ПМ



## HDD диск

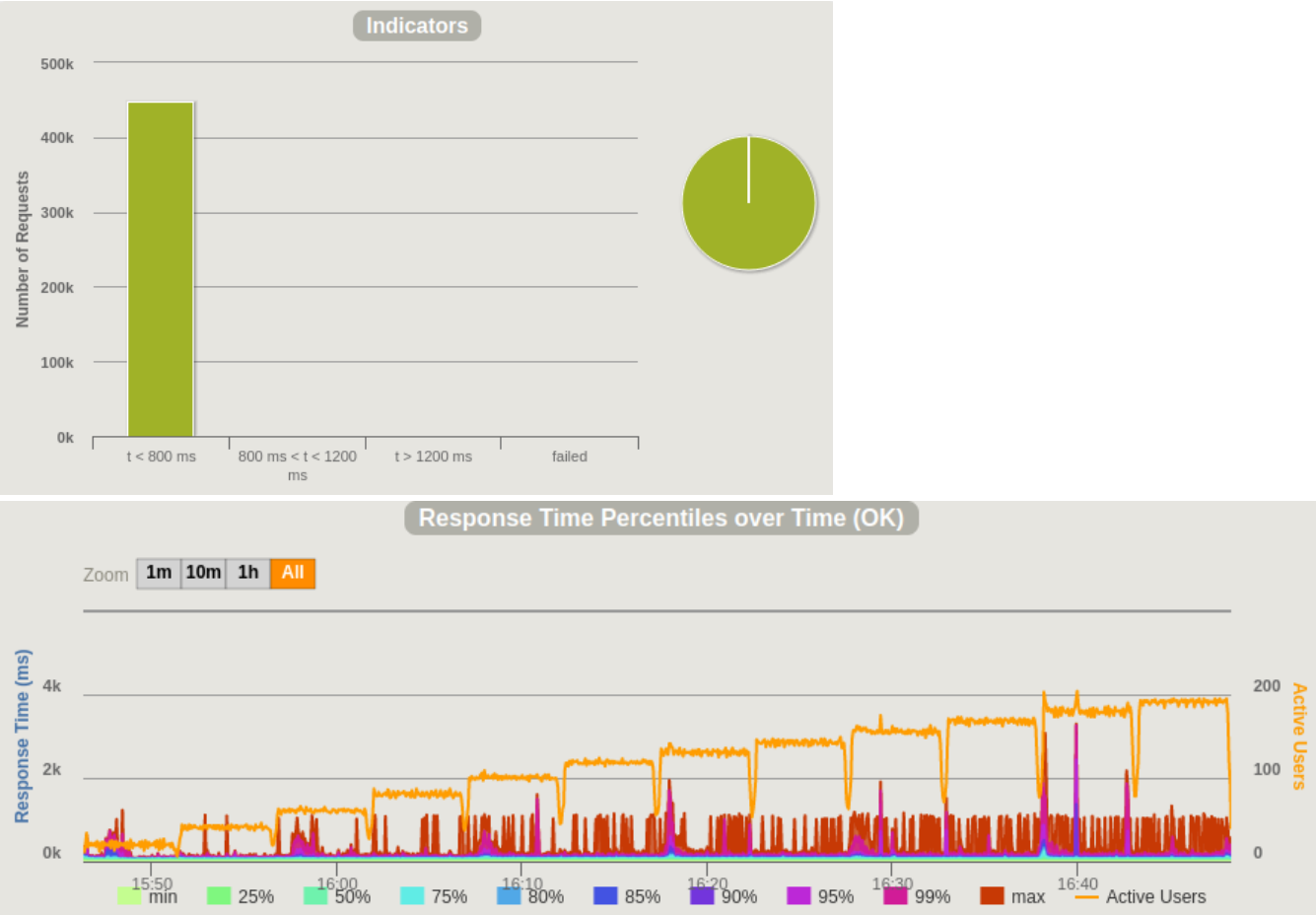
### Максимальная производительность

Время проведения тестирования:

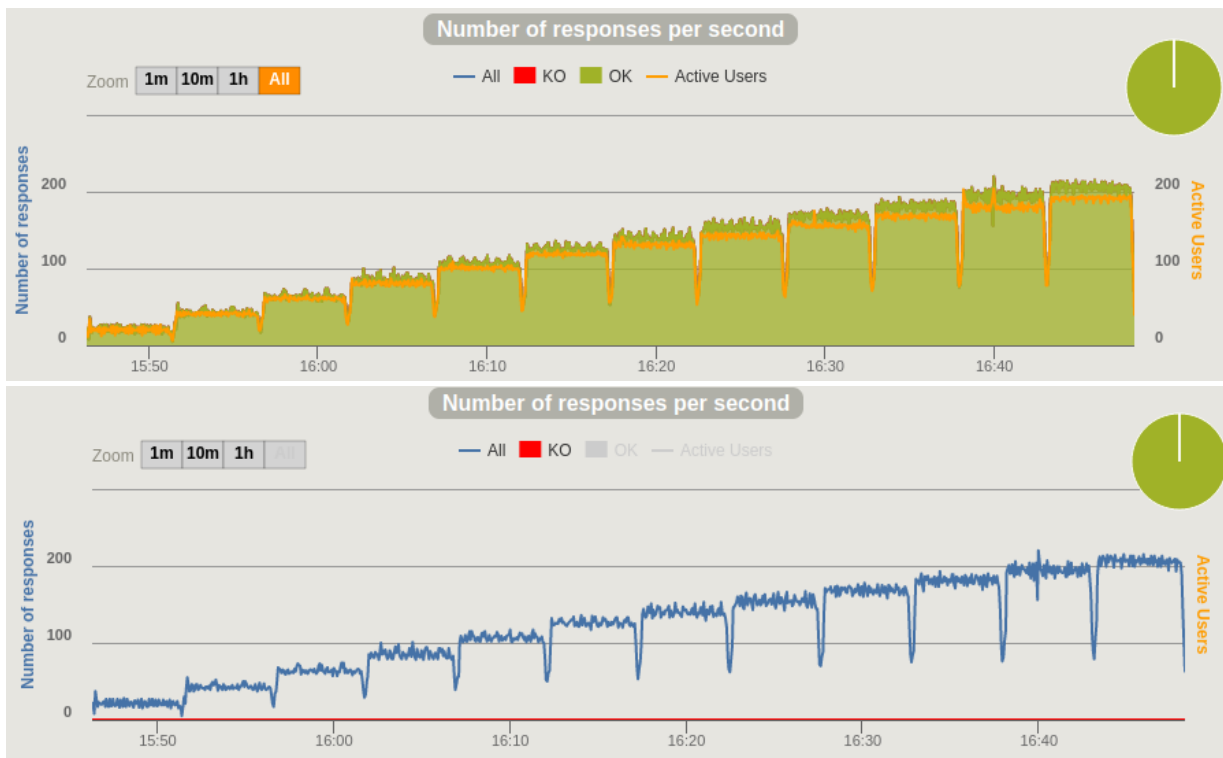
- Начало: 2021-06-09 15:46:15
- Окончание: 2021-06-09 16:47:15

Requests	Total	OK	KO	%KO	Req/s	Min	50th	75th	95th	99th	Max	Mean	Std Dev
Global Information	448014	448014	0	0%	120.337	1	33	65	122	199	3295	46	69
Send SDJD scenario	23400	23400	0	0%	6.285	4	40	62	97	162	3295	49	105
Complete device activation scenario	1308	1308	0	0%	0.351	262	578	676	976	1749	6352	632	350
Get .well-known	1308	1308	0	0%	0.351	3	29	68	121	197	866	43	50
Get device login challenge	1308	1308	0	0%	0.351	5	39	55	89	138	1027	45	42
Post device login	1308	1308	0	0%	0.351	13	67	95	153	234	1590	78	77
Post device change password	1308	1308	0	0%	0.351	23	77	114	182	319	1055	93	80
Get device code	3924	3924	0	0%	1.054	7	30	47	90	148	1065	40	53
Post device tokens	1308	1308	0	0%	0.351	87	151	182	243	345	883	161	55
Post complete enrollment	1308	1308	0	0%	0.351	19	69	100	183	535	1905	90	120
Send state scenario	23400	23400	0	0%	6.285	4	43	64	99	173	3295	52	105
Get Next scenario	23400	23400	0	0%	6.285	6	93	121	192	334	3645	108	129
Get next device operation	23400	23400	0	0%	6.285	4	43	60	92	158	3264	52	106
Post acknowledge received	22035	22035	0	0%	5.919	3	27	40	68	112	3258	33	50
Post acknowledge succeed	22035	22035	0	0%	5.919	4	19	33	70	111	1087	27	32
Get application release dependency access check	143136	143136	0	0%	38.446	1	9	18	44	74	1051	15	28
Get application release build content	20340	20340	0	0%	5.463	39	95	121	189	320	2316	108	65
Get application release info	28716	28716	0	0%	7.713	5	51	73	113	189	1182	55	47
Get application release dependency content	101064	101064	0	0%	27.146	32	71	98	153	285	3075	85	69
Get application release build access check	28716	28716	0	0%	7.713	2	11	25	56	88	1012	18	23

Общая статистика по запросам и время ответа

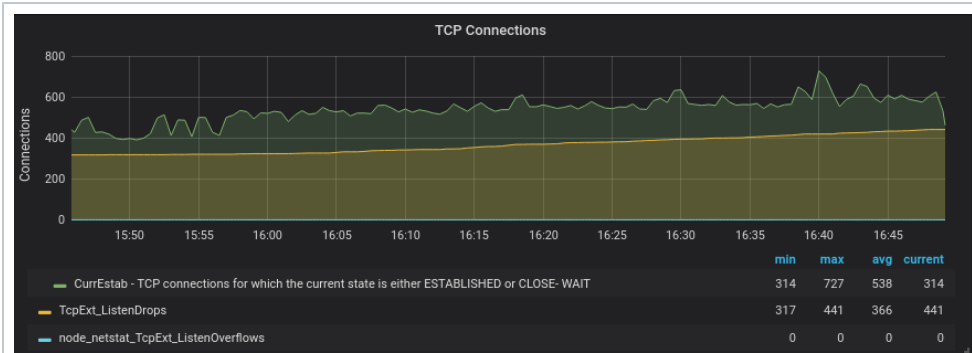


Количество ответов в секунду с разделением по статусу

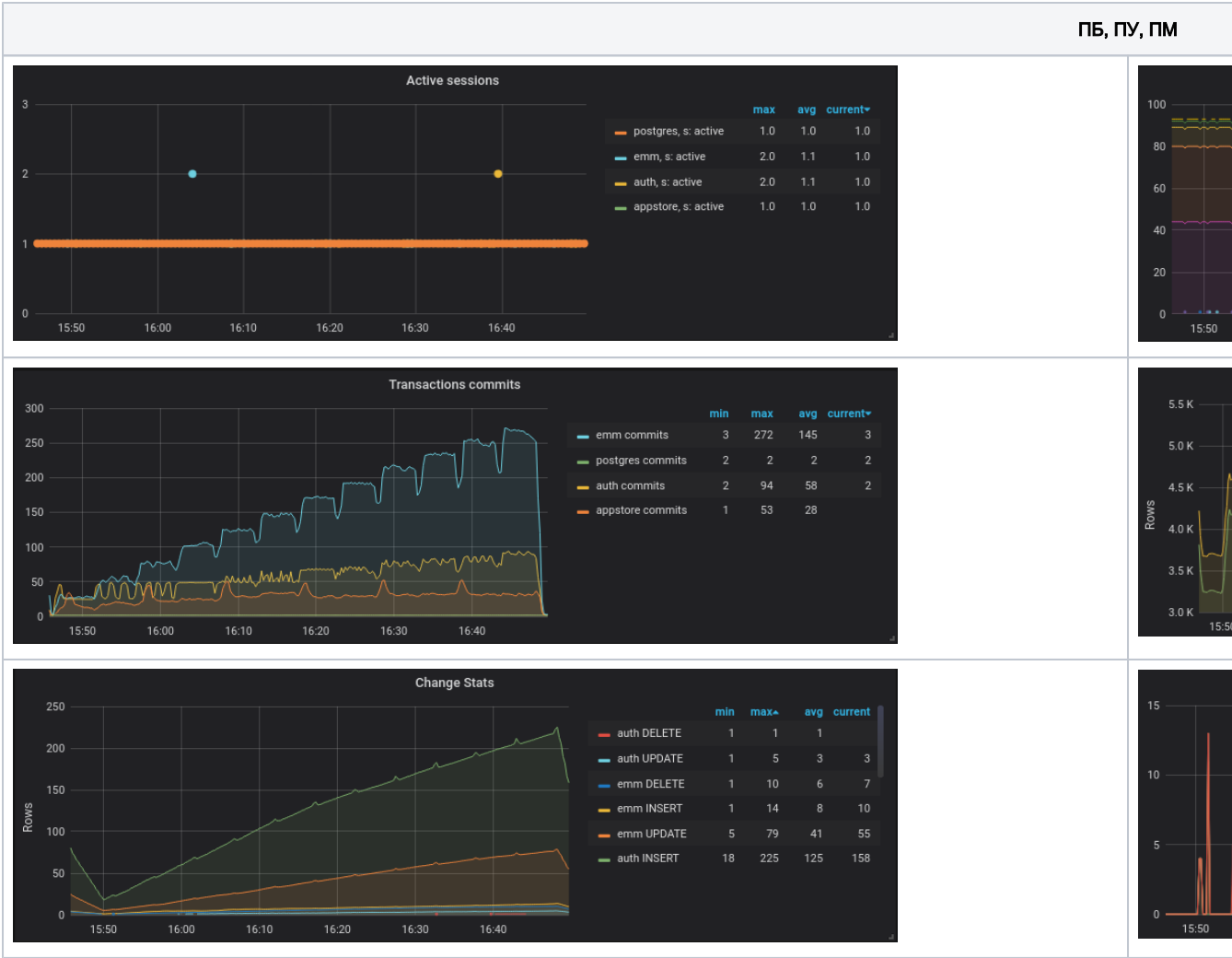


Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений

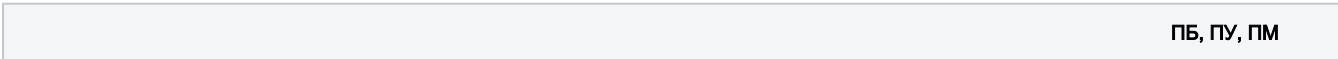




### Показатели производительности сервера СУБД



### Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД





Нагрузка интенсивность 100%, длительностью 1 час

Время отклика:

- на 95-м перцентиле - не выше 200 мс
- на пике - не выше 4 с

Утилизация аппаратных ресурсов (среднее значение):

CPU не выше:

- СП - 36%
- БД ПУ + ПМ + ПБ - 11%

RAM не выше:

- СП - 48%
- БД ПУ + ПМ + ПБ - 51%

Диска не выше:

Объема выполняемых диском операций:

- БД ПУ + ПМ + ПБ:
  - read - 29 iops
  - write - 54 iops

Количество записываемых МВ/с в среднем:

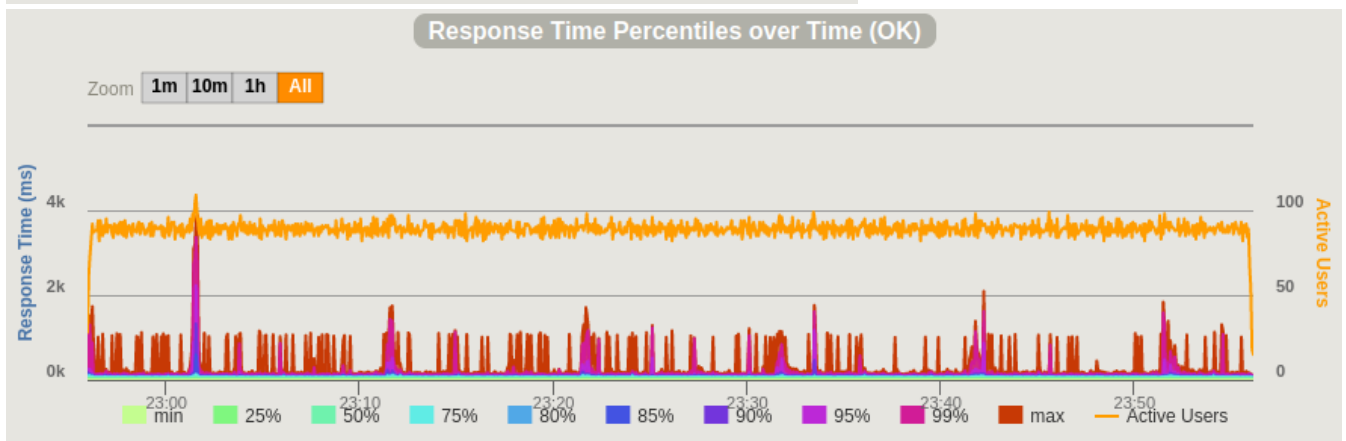
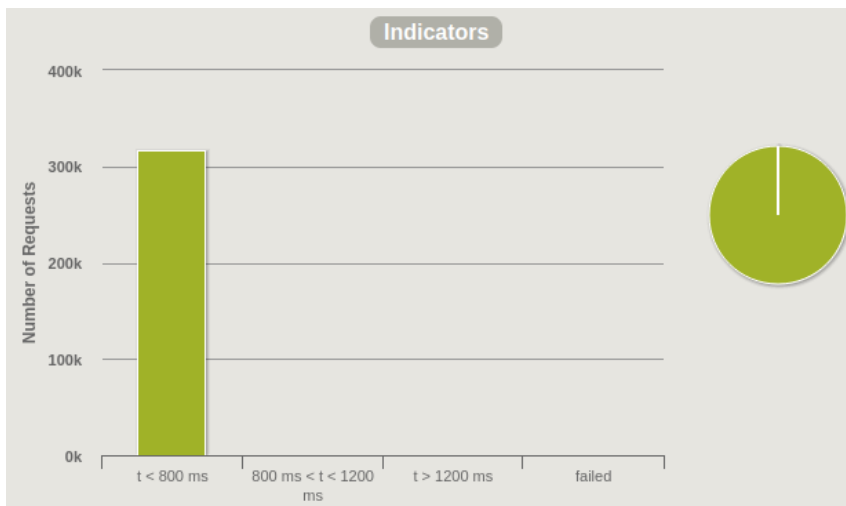
- БД ПУ + ПМ + ПБ:
  - read - 1.32 МВ/с
  - write - 1.57 МВ/с

Время проведения тестирования:

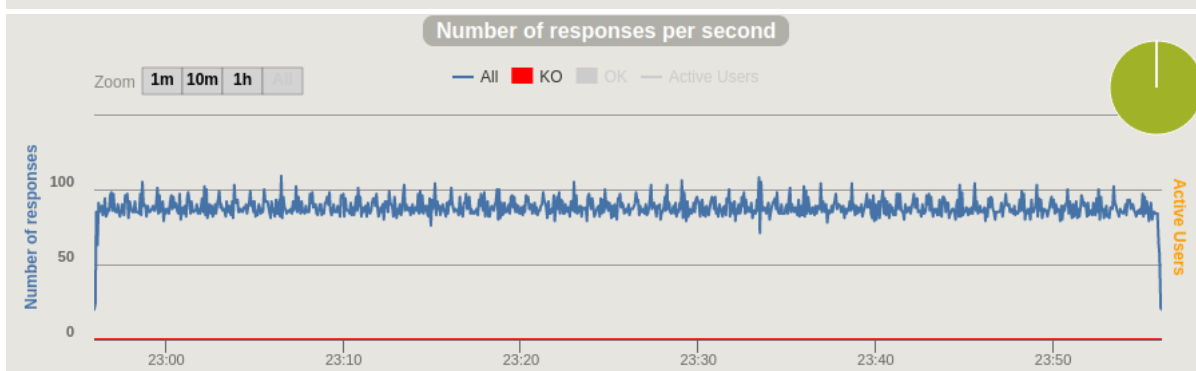
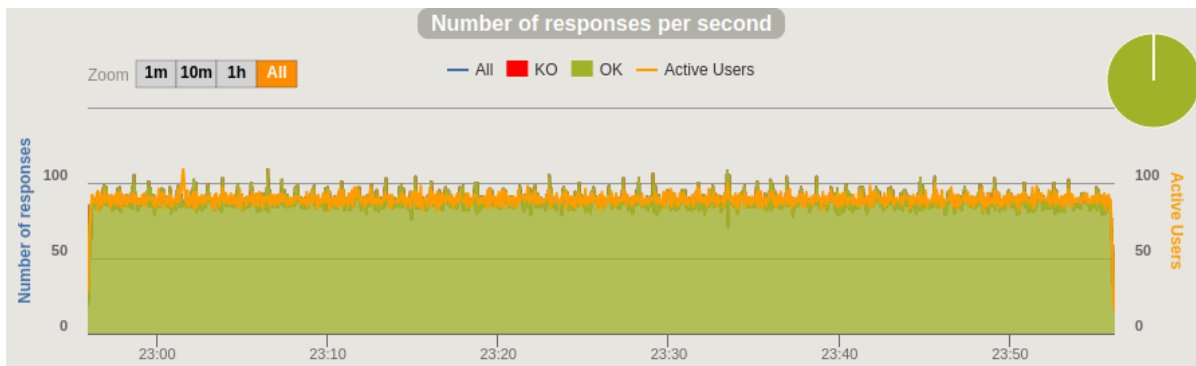
- Начало: 2021-06-09 22:55:59
- Окончание: 2021-06-09 23:56:24

Requests	Total	OK	KO	%KO	Req/s	Min	50th	75th	95th	99th	Max	Mean	Std Dev
Global Information	316922	316922	0	0%	87.693	1	33	61	105	156	3889	43	65
Send SDJD scenario	14856	14856	0	0%	4.111	4	26	45	81	129	2476	37	82
Complete device activation scenario	828	828	0	0%	0.229	267	431	500	676	982	1430	460	127
Get .well-known	828	828	0	0%	0.229	3	13	37	85	122	194	26	28
Get device login challenge	828	828	0	0%	0.229	6	33	45	75	100	197	37	20
Post device login	828	828	0	0%	0.229	14	45	68	109	141	259	53	29
Post device change password	828	828	0	0%	0.229	24	48	73	123	177	310	59	32
Get device code	2484	2484	0	0%	0.687	7	23	33	60	88	1049	29	38
Post device tokens	828	828	0	0%	0.229	87	119	140	194	257	391	129	34
Post complete enrollment	828	828	0	0%	0.229	19	56	87	168	244	1068	71	65
Send state scenario	14856	14856	0	0%	4.111	5	29	48	83	125	2562	40	81
Get Next scenario	14856	14856	0	0%	4.111	5	74	104	146	237	3029	88	105
Get next device operation	14856	14856	0	0%	4.111	4	29	44	75	118	2476	38	81
Post acknowledge received	14341	14341	0	0%	3.968	4	25	38	65	91	1253	31	43
Post acknowledge succeed	14341	14341	0	0%	3.968	4	16	26	49	73	2895	21	48
Get application release dependency access check	90804	90804	0	0%	25.126	1	9	17	37	61	1041	13	21
Get application release build content	18204	18204	0	0%	5.037	35	83	102	145	227	3889	93	74
Get application release dependency content	90804	90804	0	0%	25.126	31	62	81	126	211	3781	74	77
Get application release info	18204	18204	0	0%	5.037	5	48	66	100	133	1020	50	34
Get application release build access check	18204	18204	0	0%	5.037	2	8	17	40	63	1055	13	19

Общая статистика по запросам и время ответа



Количество ответов в секунду с разделением по статусу

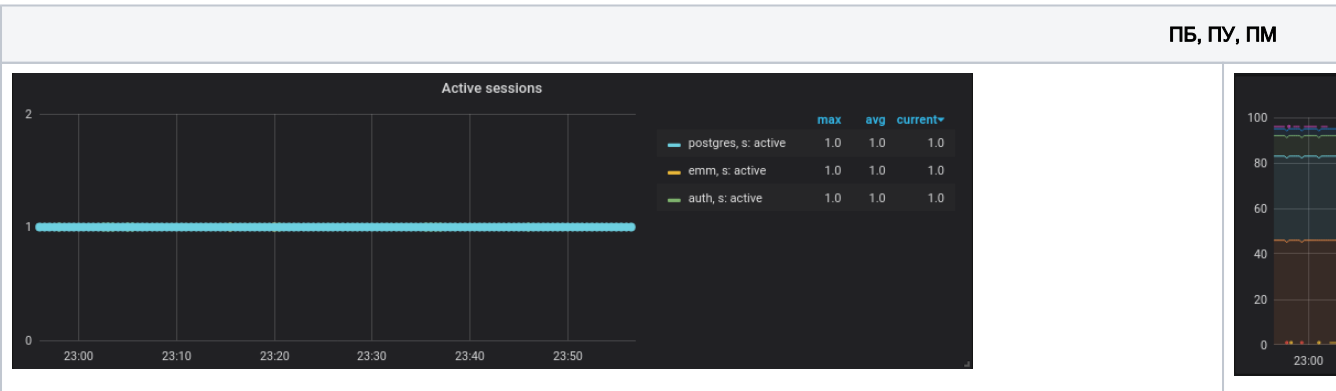


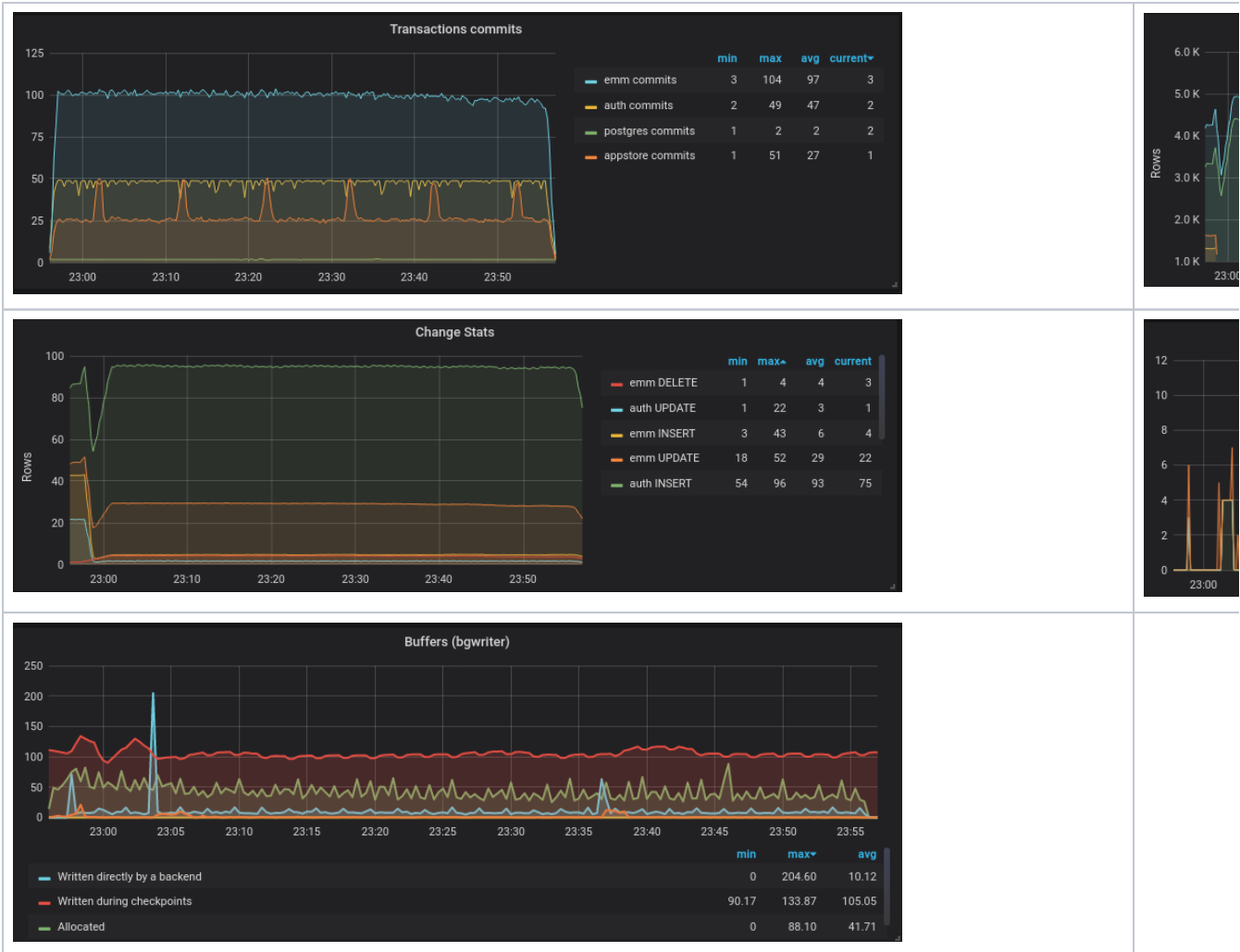


Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений



Показатели производительности сервера СУБД





## Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера СУБД



ПБ, ПУ, ПМ



## Тестирование доступности

### Показатели времени отклика

Нагрузка интенсивностью 100%, длительность 10 min. Тесты проводились на профиле для тестирования стабильности системы, но в процессе выполнения теста имитировалась одна из перечисленных ниже недоступностей:

1. Недоступность серверов приложений
  - a. 1-го сервера
  - b. 3-х серверов
2. Недоступность серверов инфраструктуры
  - a. 1-го сервера
  - b. 2-х серверов
3. Недоступность серверов шины сообщений
  - a. 1-го сервера
  - b. 2-х серверов

Приводятся только графики времени ответа сервера и количества ответов с ошибками для оценки влияния недоступности инфраструктуры на доступность сервиса, а так же графики утилизации CPU и RAM сервера приложений для оценки необходимого запаса ресурсов для предотвращения ситуации каскадной недоступности.

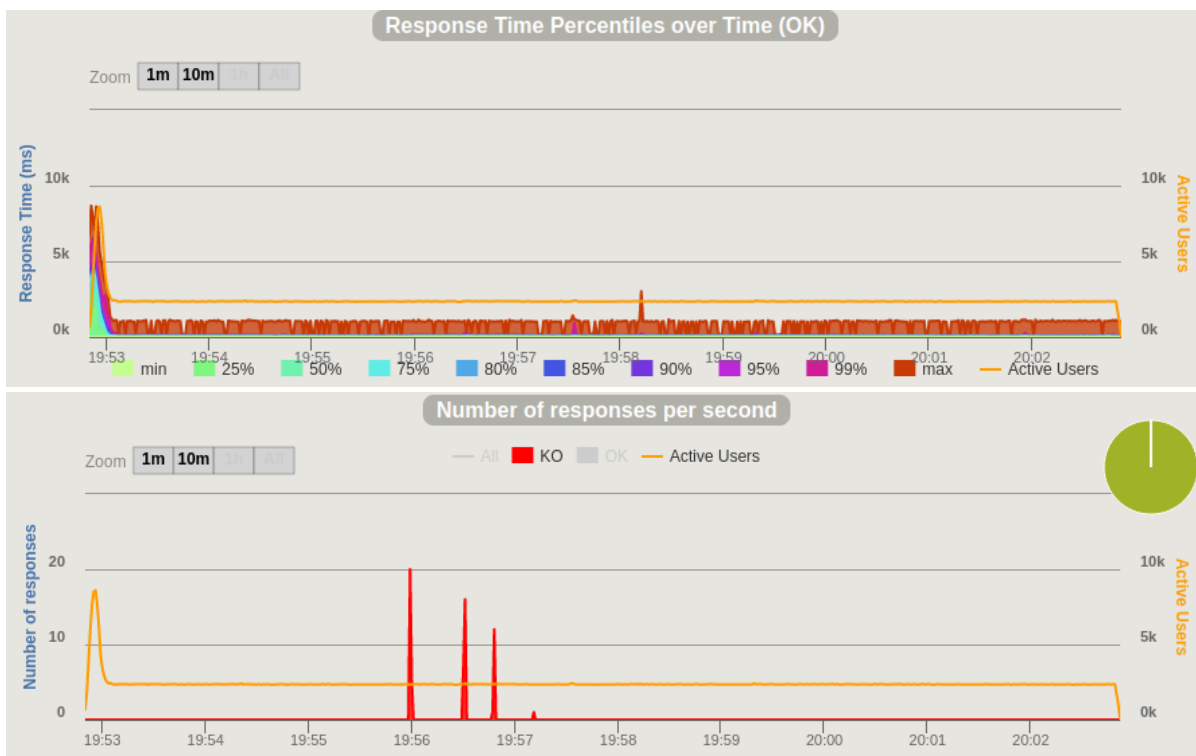
### Выключение и включение 1-го App сервера

Выключение одного сервера приложений незначительно влияет на работу системы, количество ошибок составляет менее 1 %, период возникновения ошибок связан с моментом наступления недоступности. Ошибки появляются несколькими короткими спайками.

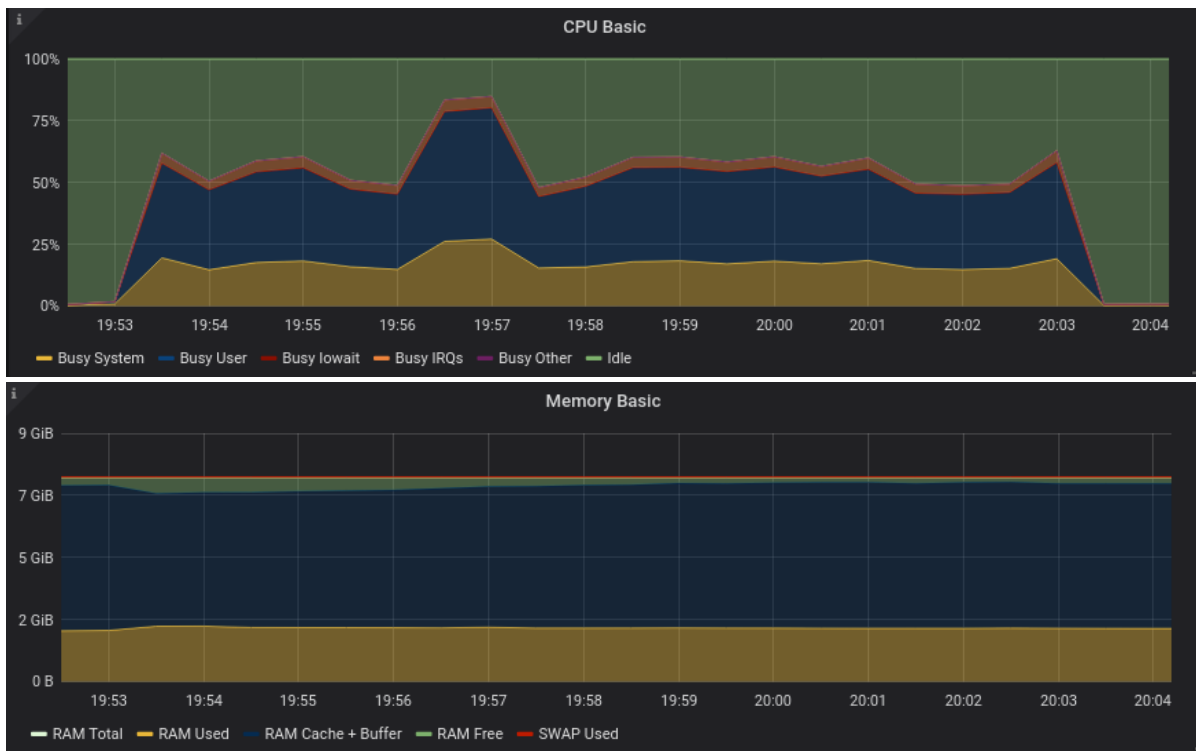
~40%-й рост утилизации CPU наблюдается только на одном из серверов приложений, на другие ноды нагрузка практически не изменяется. Такое поведение связано с конфигурацией тестового стенда, при которой нагрузка равномерно распределяется на 3 группы, в каждой из которых по 2 сервера. Выход из строя одного сервера в группе приводит к перераспределению всего трафика группы на 2-й сервер, двукратно увеличивая нагрузку. Данная конфигурация среды была реализована для обеспечения требуемой пропускной способности сети. Таким образом, в случае с равномерной балансировкой между всеми узлами увеличение утилизации составит не более 10%. После восстановления сервер автоматически включается в работу кластера, и утилизация ресурсов возвращается к прежнему уровню.

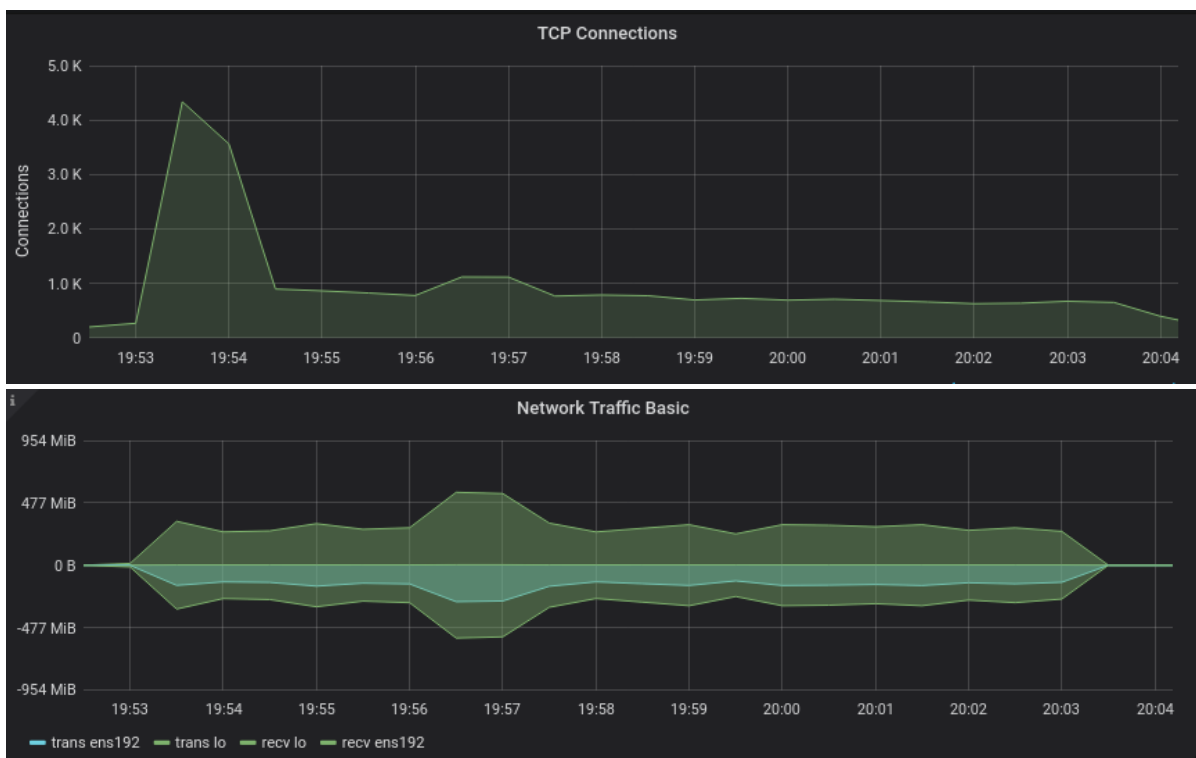
Requests ^	Executions					Response Time (ms)							
	Total ↕	OK ↕	KO ↕	% KO ↕	Cnt/s ↕	Min ↕	50th pct ↕	75th pct ↕	95th pct ↕	99th pct ↕	Max ↕	Mean ↕	Std Dev ↕
Global Information	1478080	1478018	62	0%	2451.211	1	10	40	78	588	8661	44	243
▶ Send SDJD scenario	115200	115176	24	0%	191.045	4	57	68	95	667	6542	82	247
▼ Complete...scenario	6396	6392	4	0%	10.607	62	440	490	792	5049	11297	559	758
Get .well-known	6396	6396	0	0%	10.607	2	8	18	49	1032	5283	44	300
Get devi...hallenge	6396	6396	0	0%	10.607	4	16	26	51	202	1797	27	76
Post device login	6396	6395	1	0%	10.607	16	45	60	95	273	3852	61	134
Post dev...password	6395	6394	1	0%	10.605	29	70	90	144	625	4440	94	194
Get device code	19182	19182	0	0%	31.811	7	21	31	63	160	3601	32	84
Post device tokens	6394	6392	2	0%	10.604	13	115	133	176	296	2361	127	79
Post com...rollment	6392	6392	0	0%	10.6	45	99	119	172	282	3360	111	91
▶ Send state scenario	115200	115181	19	0%	191.045	4	58	68	95	771	6878	84	251
▼ Get Next scenario	115200	115185	15	0%	191.045	7	38	100	162	1048	8158	91	312
Get next...peration	115200	115200	0	0%	191.045	7	32	41	64	653	6109	57	238
Post ack...received	31775	31770	5	0%	52.695	5	33	42	71	606	3044	51	121
Post ack... succeed	31770	31760	10	0%	52.687	8	57	67	98	497	2425	72	105
▶ Get appl...ase info	141132	141132	0	0%	234.05	4	12	21	46	945	7556	44	281
▶ Get appl...ss check	141132	141132	0	0%	234.05	1	4	8	23	527	6285	28	241
▶ Get appl...ss check	703860	703860	0	0%	1167.264	1	4	7	23	525	6591	28	237
▶ Get appl... content	21000	21000	0	0%	34.826	31	55	68	113	1629	8661	105	427
▶ Get appl... content	4260	4260	0	0%	7.065	33	63	79	126	1950	7060	123	498

Error ↕	Count ↕	Percentage ↕
status.find.is(201), but actually found 500	46	74.194 %
status.find.is(201), but actually found 502	12	19.355 %
status.find.in(200,201,202,203,204,205,206,207,208,209,304), found 500	2	3.226 %
status.find.is(200), but actually found 500	1	1.613 %
status.find.is(401), but actually found 502	1	1.613 %

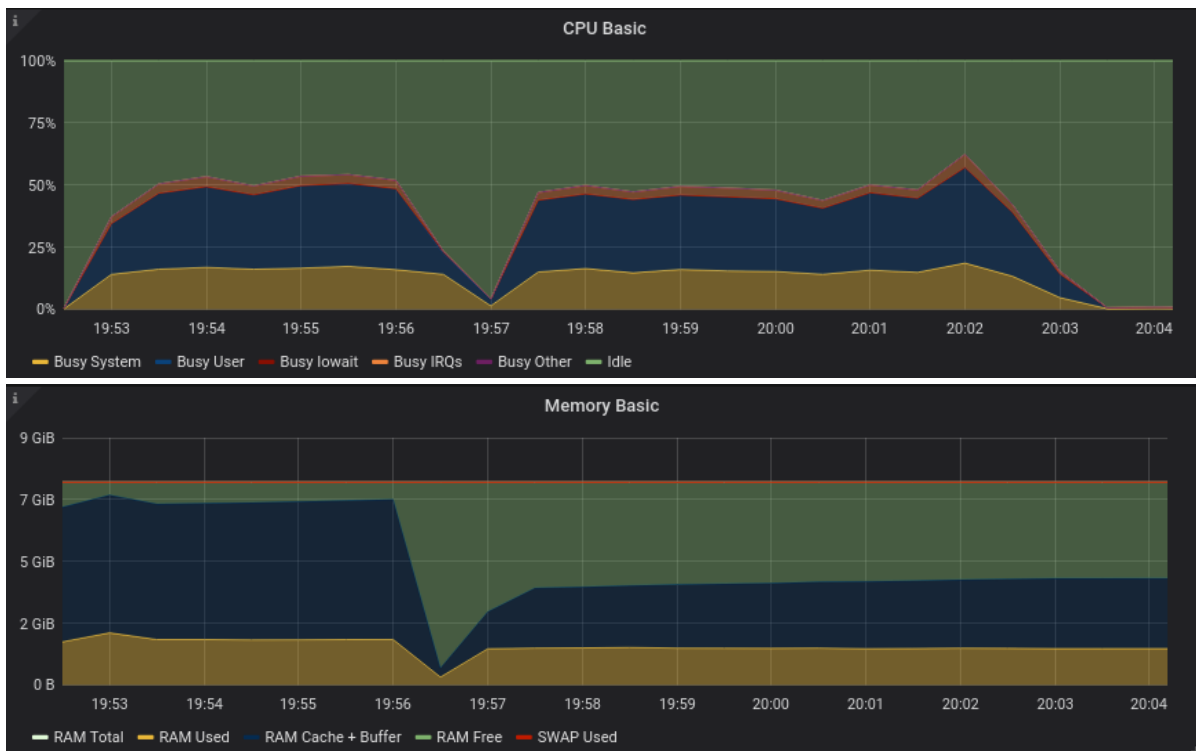


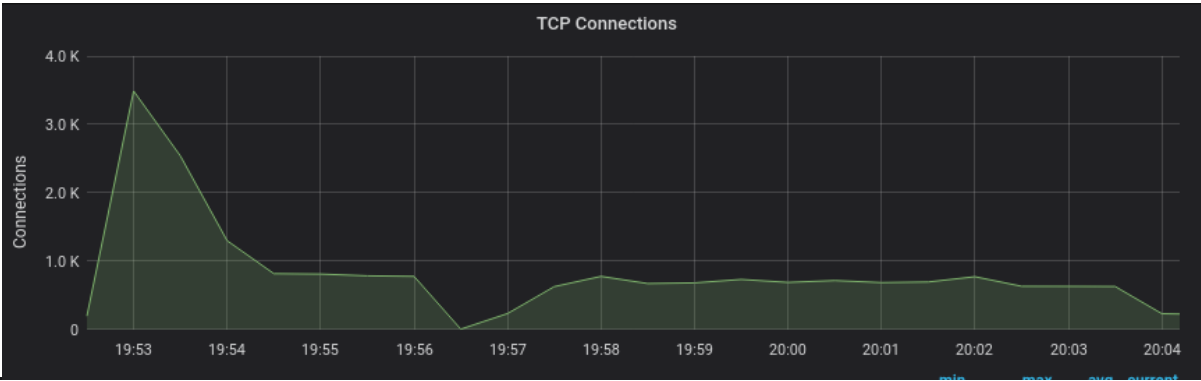
Показатели производительности сервера приложений





## Отключаемый узел





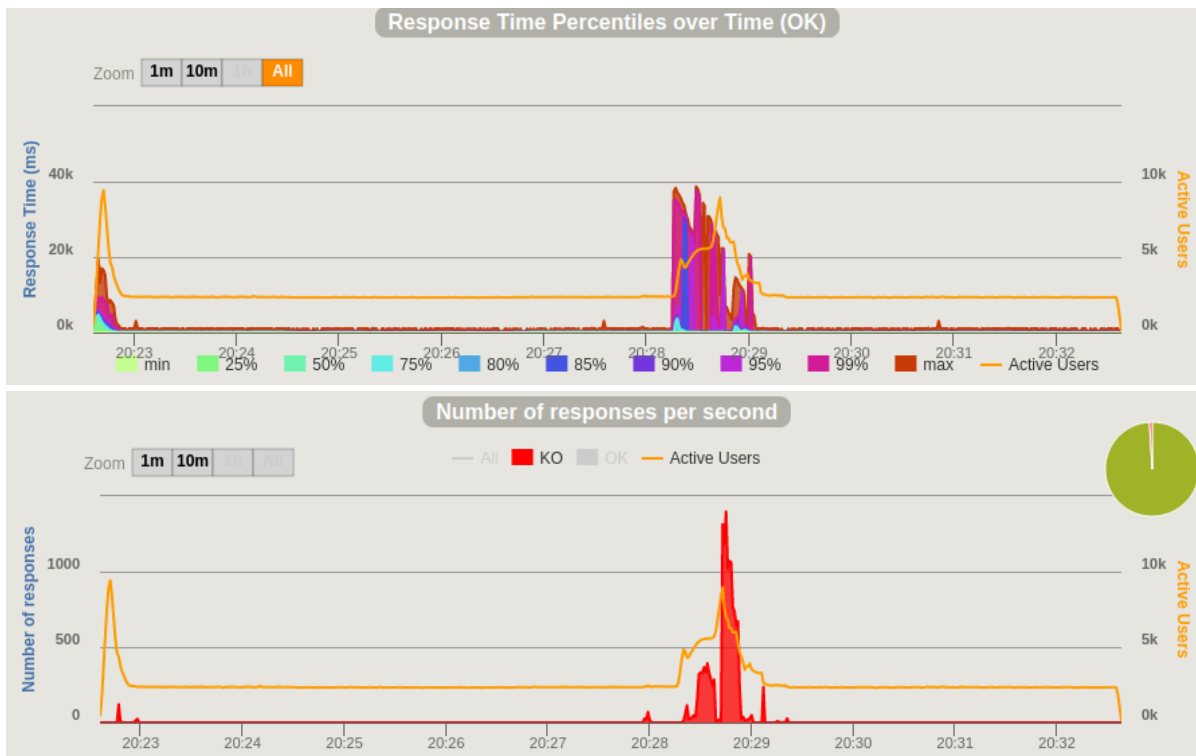
### Выключение и включение 3-х App серверов

При выходе из строя 3-х из 6-ти серверов, количество ошибок увеличивается до 1%, однако, ~81% всех ошибок с кодом 429 (Too Many Requests), что свидетельствует о срабатывании защиты сервера от перегрузки. Данные ошибки появились в результате достижения установленного лимита одновременных соединений к gateway-ям, принимающим запросы от мобильных устройств. Отклонение соединений, превышающих лимит, позволяет не перегружать сервера приложений сохраняя их работоспособность при превышении предельной нагрузки. Включение серверов возвращает кластер в режим стабильной обработки запросов, показатели утилизации ресурсов и метрики производительности восстанавливаются до прежнего уровня.

### Показатели времени отклика

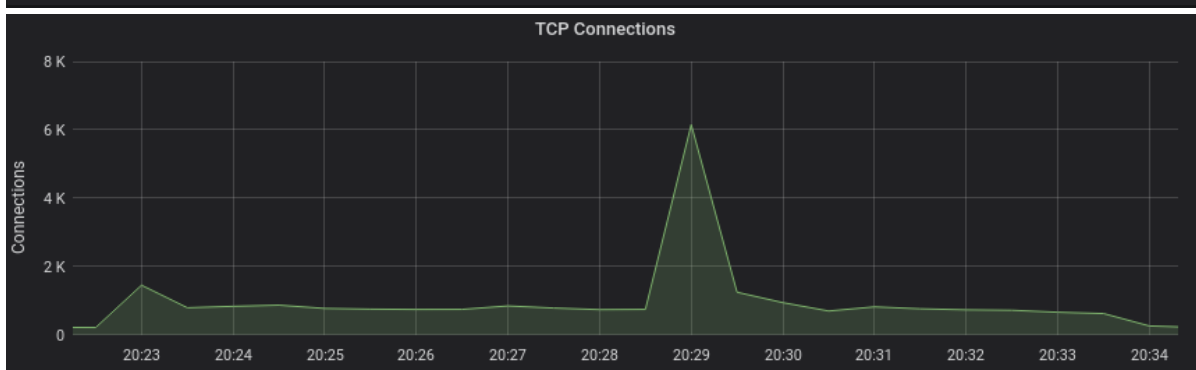
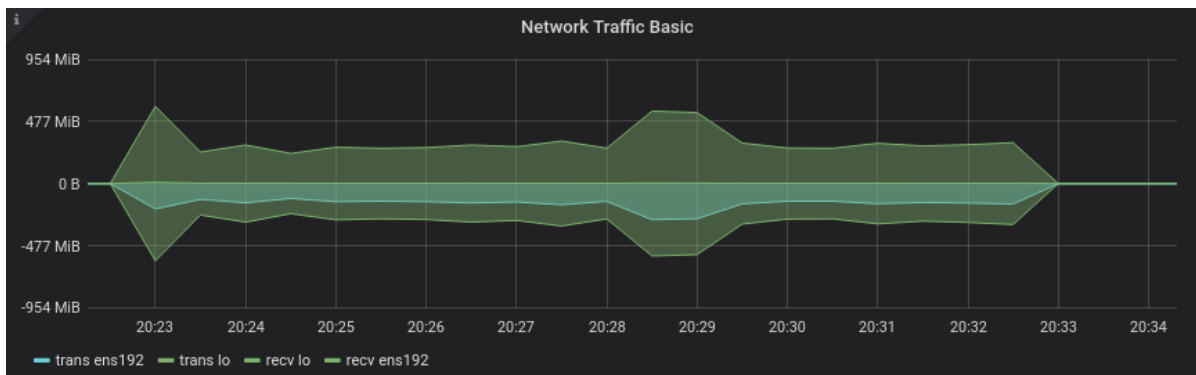
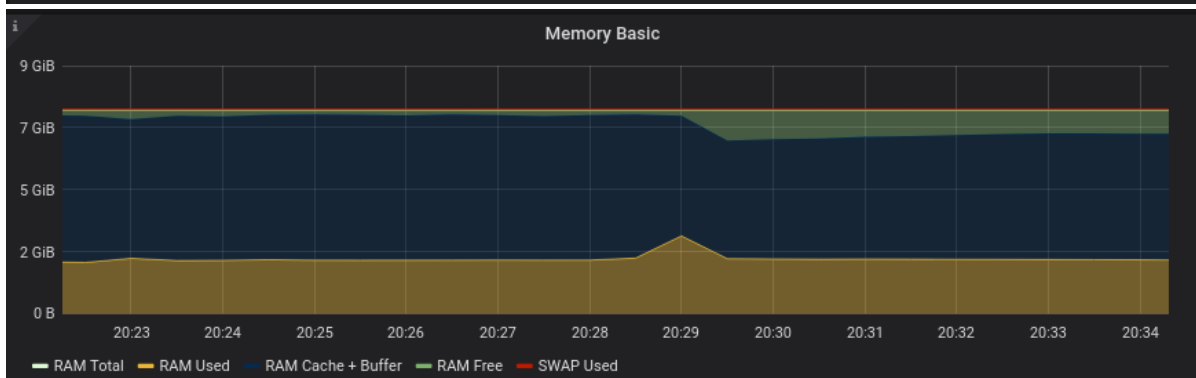
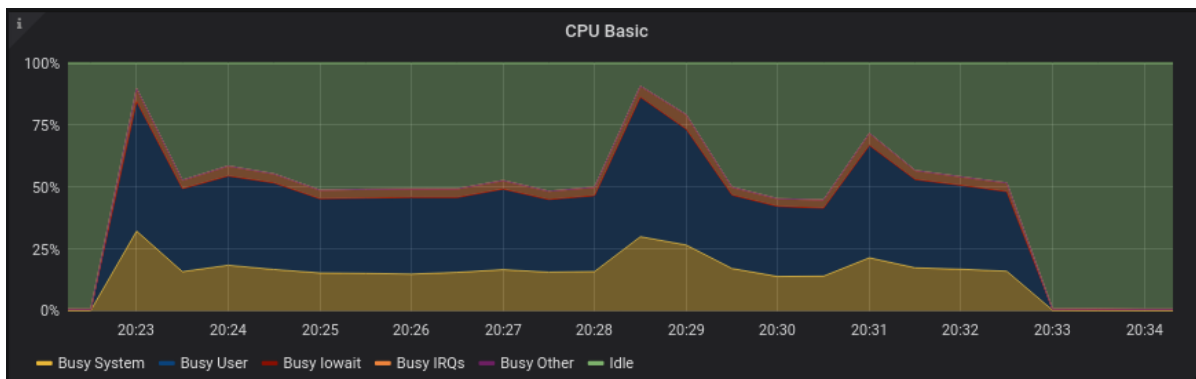
Requests ^	Executions					Response Time (ms)							
	Total ↕	OK ↕	KO ↕	% KO ↕	Cnt/s ↕	Min ↕	50th pct ↕	75th pct ↕	95th pct ↕	99th pct ↕	Max ↕	Mean ↕	Std Dev ↕
Global Information	1543220	1528568	14652	1%	2559.237	0	12	45	94	2352	38706	142	1482
▶ Send SDJD scenario	115200	113665	1535	1%	191.045	1	58	69	113	2988	37777	195	1586
▼ Complete...scenario	6396	6200	196	3%	10.607	1	434	515	1645	30666	60451	1290	4622
Get .well-known	6396	6302	94	1%	10.607	1	10	24	93	6248	37825	281	2447
Get devi...hallenge	6302	6302	0	0%	10.451	3	17	30	64	795	36945	72	947
Post device login	6302	6281	21	0%	10.451	14	44	61	123	1045	38119	164	1632
Post dev...password	6281	6260	21	0%	10.416	12	64	88	191	1170	38706	195	1716
Get device code	18780	18778	2	0%	31.144	6	21	34	75	303	36973	51	695
Post device tokens	6258	6244	14	0%	10.378	4	115	135	195	344	37955	178	1200
Post com...rollment	6244	6200	44	1%	10.355	1	101	125	228	2227	37544	268	1825
▶ Send state scenario	115200	113615	1585	1%	191.045	1	58	69	113	2990	37809	194	1567
▶ Get appl...ss check	141132	139881	1251	1%	234.05	1	4	9	31	2116	37653	106	1311
▼ Get Next scenario	115200	113193	2007	2%	191.045	1	106	139	257	7020	40982	369	2388
Get next...peration	115200	113836	1364	1%	191.045	0	34	44	96	3762	37791	203	1715
Post ack...received	65027	64646	381	1%	107.839	1	35	46	98	1934	37782	170	1621
Post ack... succeed	64646	64384	262	0%	107.207	1	59	70	106	560	37956	125	1231
▶ Get appl...ase info	141132	139381	1751	1%	234.05	1	13	24	72	3285	37824	190	1874
▶ Get appl... content	4260	4217	43	1%	7.065	1	66	87	184	5935	38331	308	2250
▶ Get appl...ss check	703860	697764	6096	1%	1167.264	1	4	9	30	2017	38015	105	1320
▶ Get appl... content	21000	20812	188	1%	34.826	1	59	78	162	5041	38331	290	2219

Error	Count	Percentage
status.find.is(200), but actually found 429	8856	60.057 %
status.find.is(201), but actually found 429	2066	14.011 %
status.find.in(200,404), but actually found 429	1053	7.141 %
status.find.is(201), but actually found 500	897	6.083 %
status.find.is(201), but actually found 504	746	5.059 %
status.find.is(200), but actually found 504	504	3.418 %
status.find.in(200,404), but actually found 504	311	2.109 %
Get device login challenge: Failed to build request: Failed to build request: j.u.NoSuchElementException: No attribute named 'wellKnownModel' is defined	94	0.637 %
status.find.is(201), but actually found 502	54	0.366 %
status.find.in(200,201,202,203,204,205,206,207,208,209,304), found 429	53	0.359 %
status.find.in(200,201,202,203,204,205,206,207,208,209,304), found 504	41	0.278 %
status.find.is(200), but actually found 500	32	0.217 %
status.find.is(401), but actually found 500	21	0.142 %
status.find.in(200,201,202,203,204,205,206,207,208,209,304), found 500	11	0.075 %
status.find.in(200,201,202,203,204,205,206,207,208,209,304), found 502	3	0.02 %
status.find.is(200), but actually found 502	2	0.014 %
header(Location).find.exists, found nothing	2	0.014 %



Показатели производительности сервера приложений





Отключаемый узел

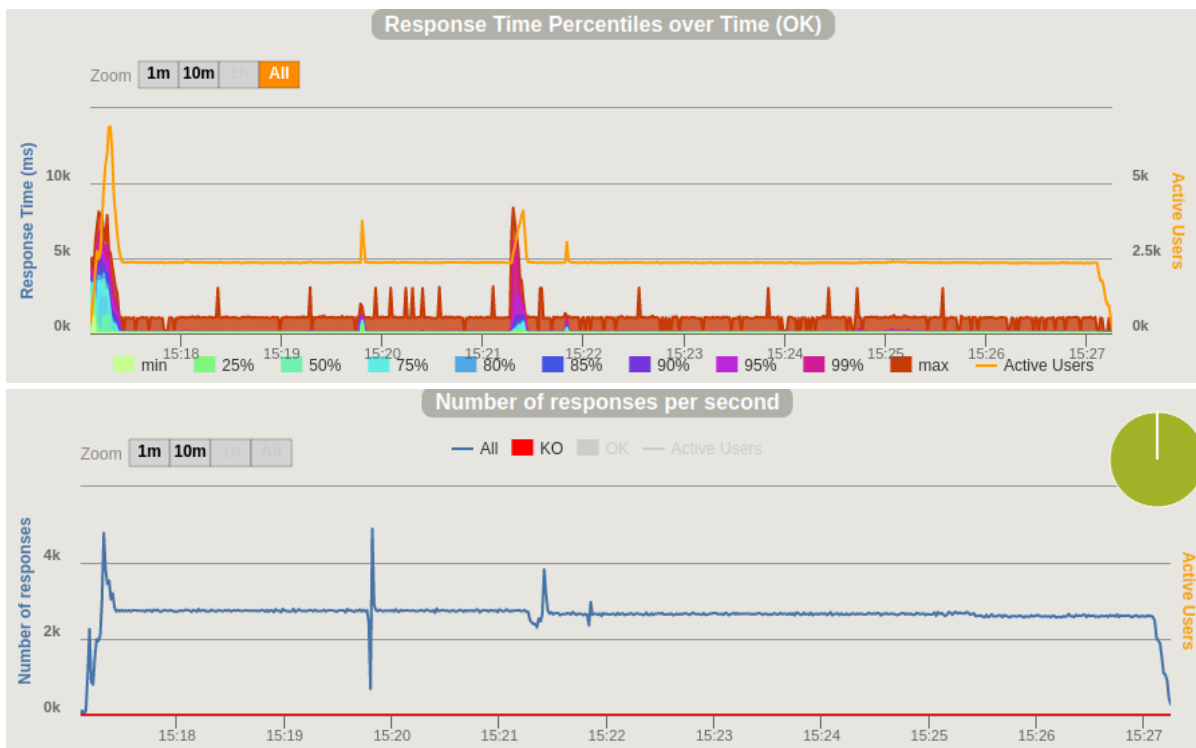


### Выключение и включение 1-ого Infra сервера

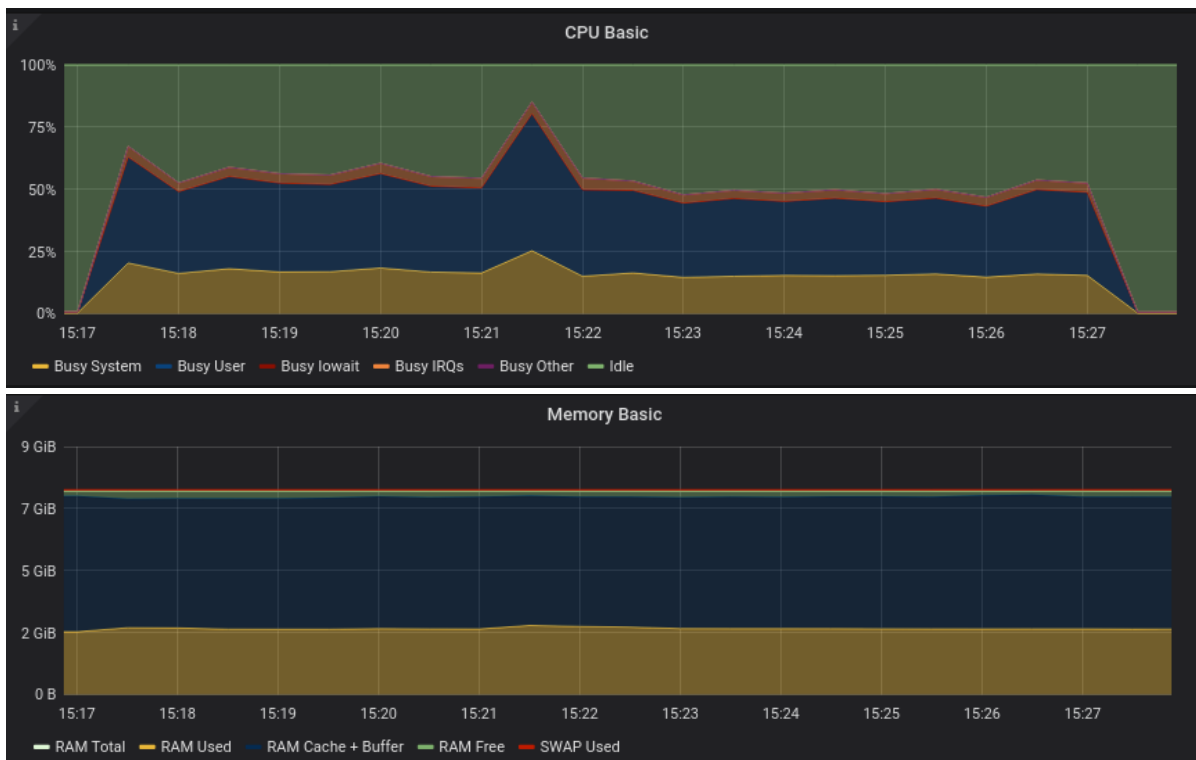
Выключение сервера Infra, являющегося лидером, незначительно влияет на работу системы. На графиках видно кратковременное увеличение времени отклика и утилизации CPU на серверах приложений. В связи с быстрым переключением на резервную ноду какие-либо ошибки отсутствуют. Во время переключения ведущего узла происходит значительный всплеск утилизации CPU на новом лидере. После включения сервер присоединяется к infra кластеру без заметного влияния на серверы приложений и процесс обработки запросов.

### Показатели времени отклика

Requests ^	Executions					Response Time (ms)							
	Total ▾	OK ▾	KO ▾	% KO ▾	Cnt/s ▾	Min ▾	50th pct ▾	75th pct ▾	95th pct ▾	99th pct ▾	Max ▾	Mean ▾	Std Dev ▾
Global Information	1608974	1608974	0	0%	2637.662	1	14	46	86	951	8369	53	271
▶ Complete...scenario	6396	6396	0	0%	10.485	246	417	475	794	4069	8012	539	630
▶ Send SDJD scenario	115200	115200	0	0%	188.852	8	57	67	98	1047	7874	89	273
▶ Send state scenario	115200	115200	0	0%	188.852	9	57	68	100	1056	7108	90	278
▶ Get appl...ss check	141132	141132	0	0%	231.364	1	5	9	29	964	7786	36	273
▶ Get appl...ase info	141132	141132	0	0%	231.364	5	14	22	53	1481	8369	64	398
▶ Get appl...ss check	703860	703860	0	0%	1153.869	1	5	9	29	976	8114	36	270
▶ Get appl... content	4260	4260	0	0%	6.984	35	66	83	148	1775	7474	126	456
▶ Get Next scenario	115200	115200	0	0%	188.852	6	123	144	208	1742	8863	167	383
▶ Get appl... content	21000	21000	0	0%	34.426	31	59	74	134	1715	7761	112	394

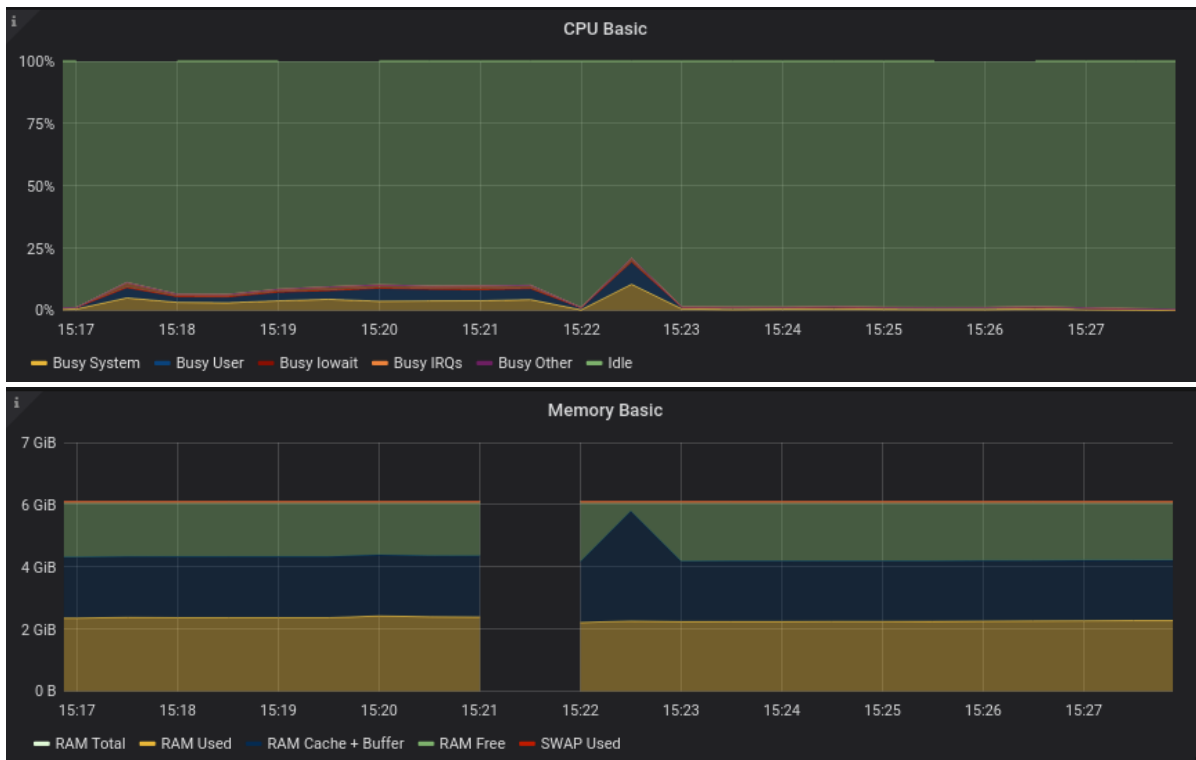


Показатели производительности сервера приложений

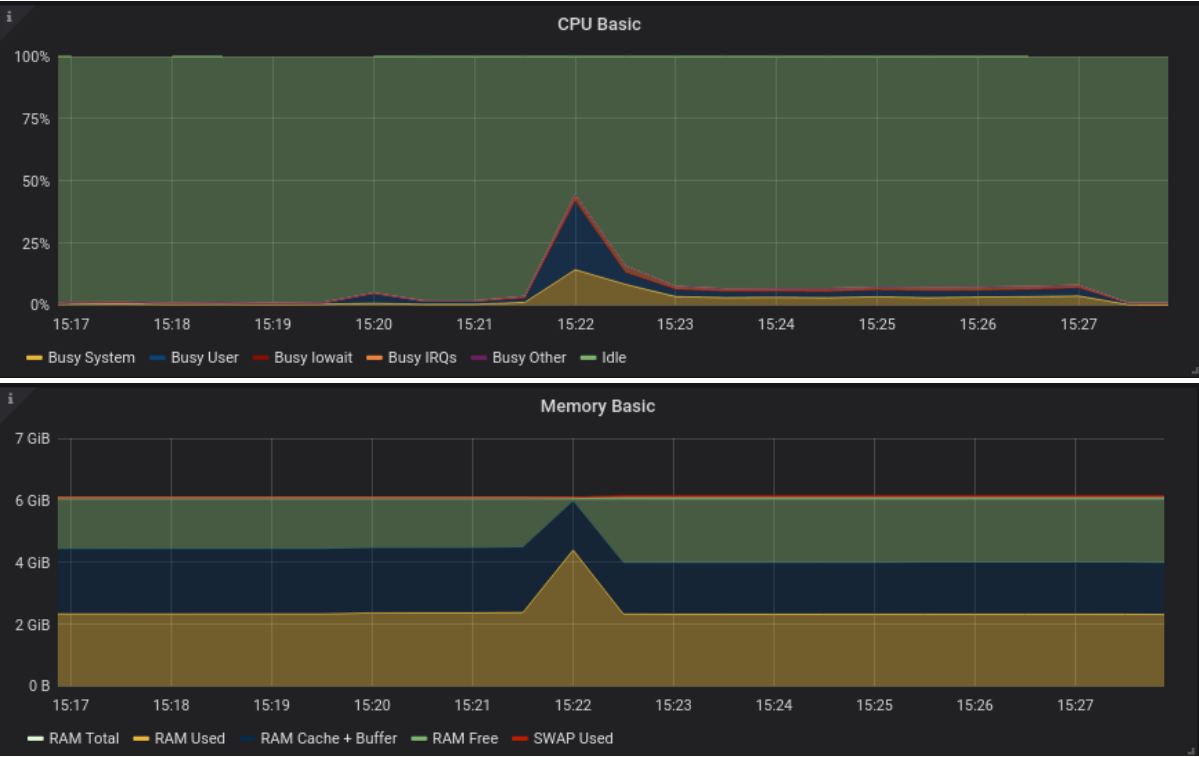


## Показатели производительности сервера Infra

Отключаемый узел



Новый master узел



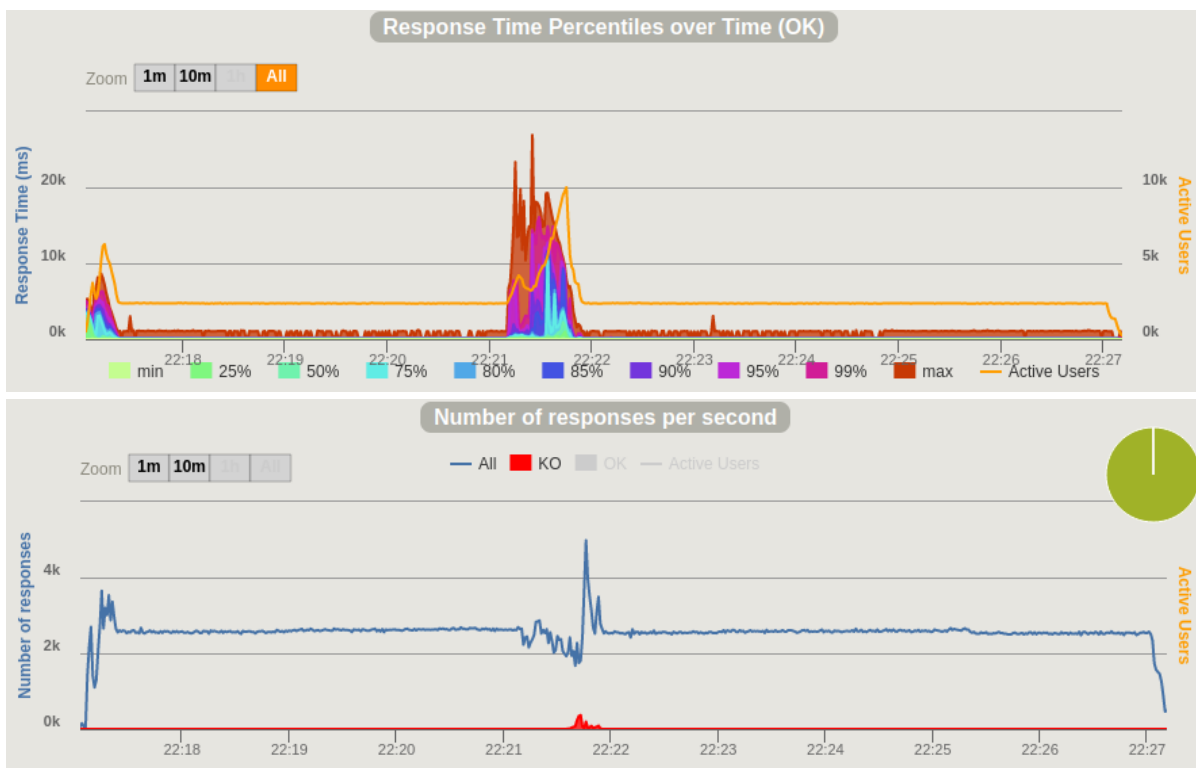
Выключение и включение 2-х Infra серверов

После выключения 2-х из 3-х серверов распадется кластер infra ввиду отсутствия кворума. Это приводит к недоступности БД Redis и Consul. Как следствие происходит увеличение времени ответа на запросы, рост количества соединений на сервер приложений и нестабильная работа системы. Появляются ошибки обработки запросов со стороны сервера и ошибки таймаута. Общее время стабилизации после восстановления инфраструктуры заняло ~1 минуту, что в 3 раза быстрее чем для релиза 2.5.0 (3 минуты).

Показатели времени отклика

Requests ^	Executions					Response Time (ms)							
	Total ↕	OK ↕	KO ↕	% KO ↕	Cnt/s ↕	Min ↕	50th pct ↕	75th pct ↕	95th pct ↕	99th pct ↕	Max ↕	Mean ↕	Std Dev ↕
Global Information	1545381	1543572	1809	0%	2537.571	0	12	48	159	2741	26913	120	772
▶ Send SDJD scenario	115200	114915	285	0%	189.163	1	58	70	186	2649	18528	154	756
▶ Complete...scenario	6396	6313	83	1%	10.502	2	437	514	5961	15890	28345	1142	2829
▶ Send state scenario	115200	114889	311	0%	189.163	1	58	71	193	2676	18461	153	739
▶ Get appl...ss check	141132	141032	100	0%	231.744	1	5	9	118	2401	18357	94	711
▶ Get Next scenario	115200	114872	328	0%	189.163	1	106	136	437	4489	23621	244	1079
▶ Get appl...ase info	141132	140955	177	0%	231.744	1	13	22	383	6611	26913	219	1217
▶ Get appl...ss check	703860	703355	505	0%	1155.764	1	4	9	118	2421	18733	93	711
▶ Get appl... content	4260	4258	2	0%	6.995	2	62	80	298	3942	14850	189	805
▶ Get appl... content	21000	20982	18	0%	34.483	1	54	68	313	3815	19221	185	877

Error ↕	Count ↕	Percentage ↕
status.find.is(200), but actually found 429	700	38.631 %
status.find.is(201), but actually found 500	653	36.038 %
status.find.is(201), but actually found 429	181	9.989 %
status.find.in(200,404), but actually found 429	83	4.581 %
status.find.is(200), but actually found 504	80	4.415 %
status.find.is(200), but actually found 500	66	3.642 %
status.find.is(401), but actually found 500	19	1.049 %
status.find.in(200,201,202,203,204,205,206,207,208,209,304), found 500	15	0.828 %
status.find.in(200,404), but actually found 500	7	0.386 %
Get device login challenge: Failed to build request: Failed to build request: j.u.NoSuchElementException: No attribute named 'wellKnownModel' is defined	3	0.166 %
status.find.in(200,201,202,203,204,205,206,207,208,209,304), found 429	3	0.166 %
header(Location).find.exists, found nothing	2	0.11 %



Показатели производительности сервера приложений



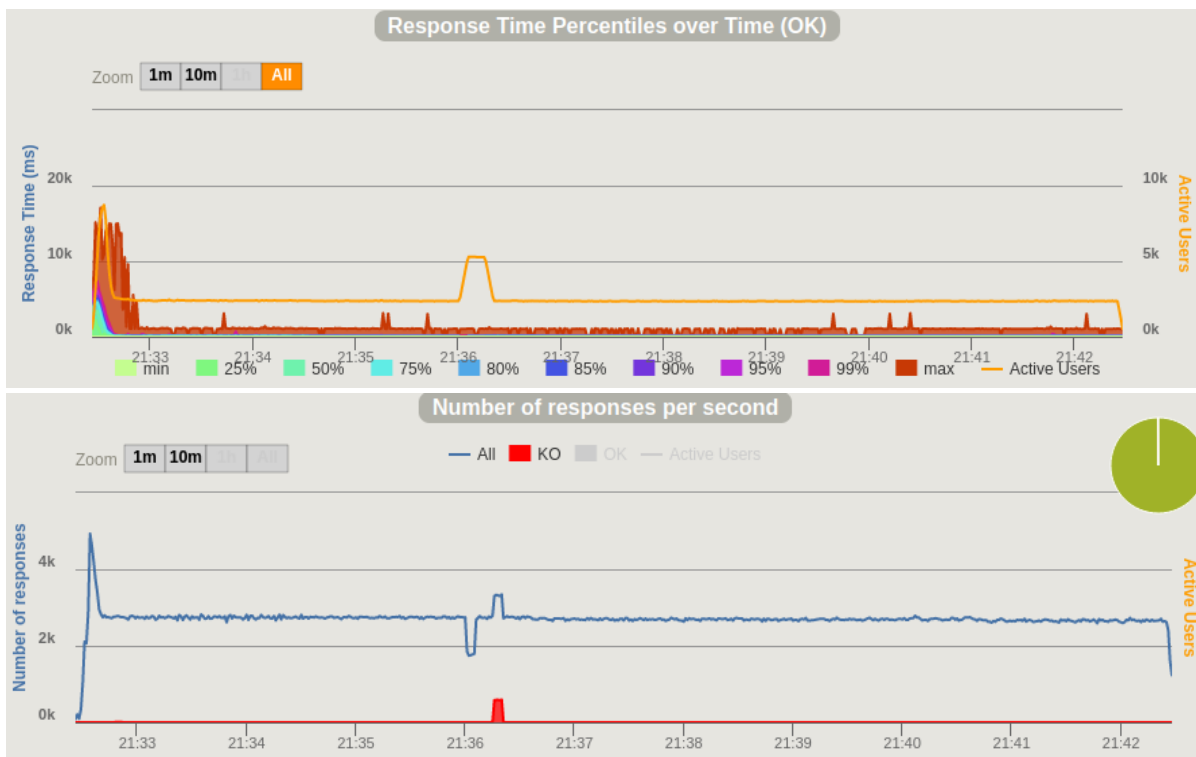
### Выключение и включение сервера NATS Streaming

Выключение одного сервера NATS Streaming сопровождается коротким периодом появления ошибок, связанных с переключением лидера на резервную ноду. Включенный сервер автоматически подключился к кластеру NATS в роли реплики. Изменение в утилизации ресурсов наблюдается лишь на узлах шины и является следствием переключения лидера. Время недоступности аналогично релизу 2.5.0 - менее 10 секунд, после чего состояние системы стабилизировалось. Система сохранила доступность, в функциональности не связанной с NATS.

#### Показатели времени отклика

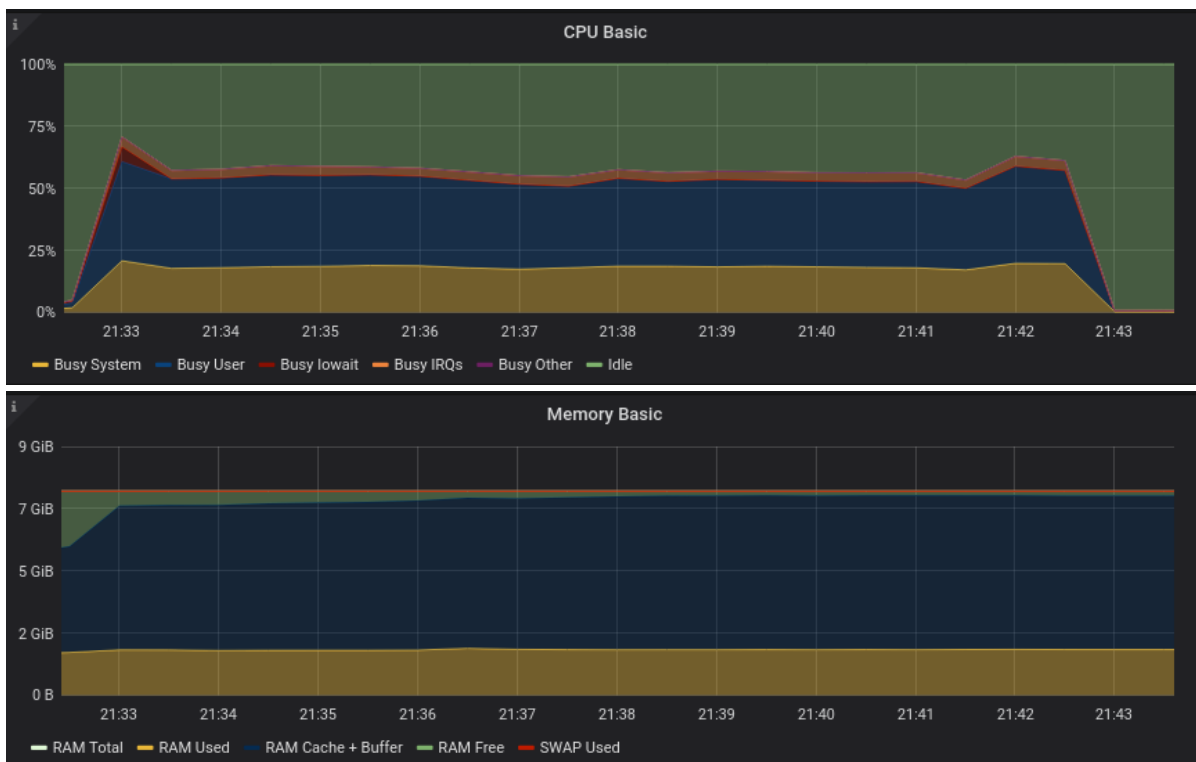
Requests ^	Executions					Response Time (ms)							
	Total ↕	OK ↕	KO ↕	% KO ↕	Cnt/s ↕	Min ↕	50th pct ↕	75th pct ↕	95th pct ↕	99th pct ↕	Max ↕	Mean ↕	Std Dev ↕
Global Information	1622115	1619151	2964	0%	2690.075	1	13	46	94	814	18099	77	692
▶ Complete...scenario	6396	6347	49	1%	10.607	278	459	522	825	7576	15535	674	1435
▶ Send SDJD scenario	115200	114246	954	1%	191.045	11	61	78	121	3893	16020	214	1379
▶ Send state scenario	115200	114249	951	1%	191.045	10	62	78	122	3904	16020	214	1377
▶ Get Next scenario	115200	114233	967	1%	191.045	10	132	170	278	4984	16078	300	1401
▶ Get appl...ase info	141132	141089	43	0%	234.05	5	13	22	46	882	18099	54	463
▶ Get appl...ss check	141132	141132	0	0%	234.05	1	4	8	23	515	7897	31	270
▶ Get appl...ss check	703860	703860	0	0%	1167.264	1	4	8	23	497	8342	31	265
▶ Get appl... content	4260	4260	0	0%	7.065	35	67	86	138	2320	8085	130	520
▶ Get appl... content	21000	21000	0	0%	34.826	32	58	73	115	1487	15144	110	460

Error ↕	Count ↕	Percentage ↕
status.find.is(201), but actually found 504	1925	64.946 %
status.find.in(200,404), but actually found 504	947	31.95 %
status.find.is(200), but actually found 504	92	3.104 %



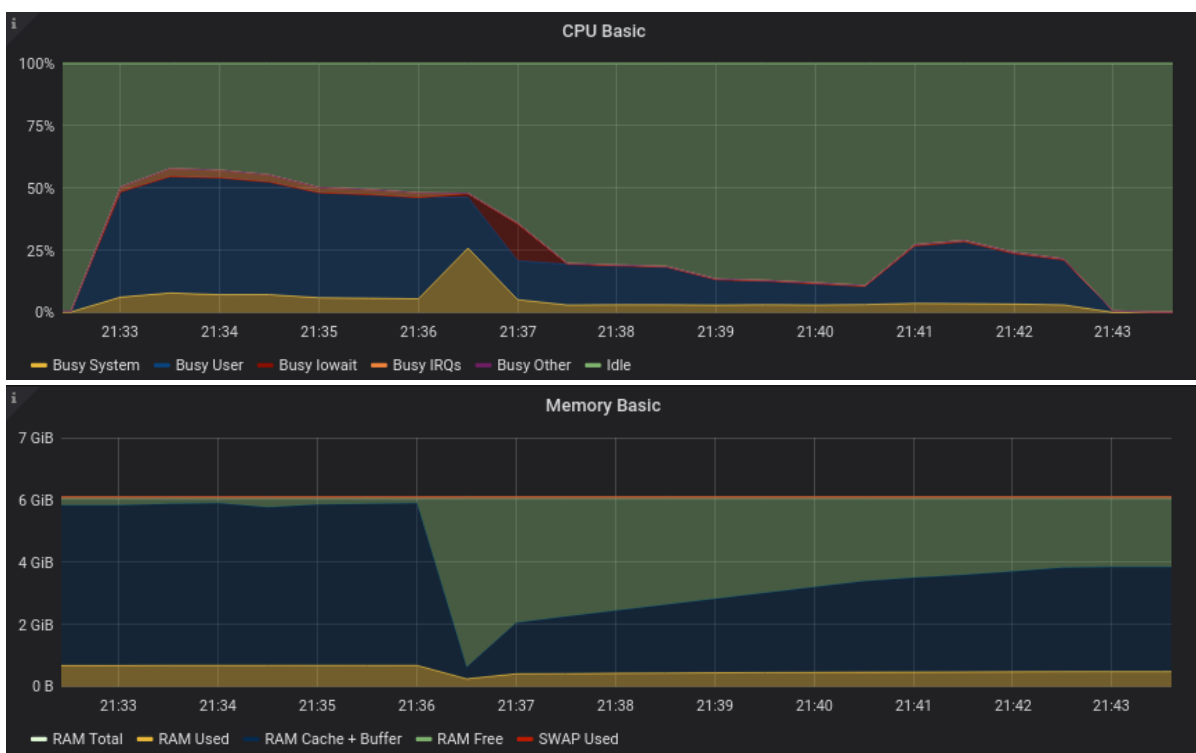
Показатели производительности сервера приложений



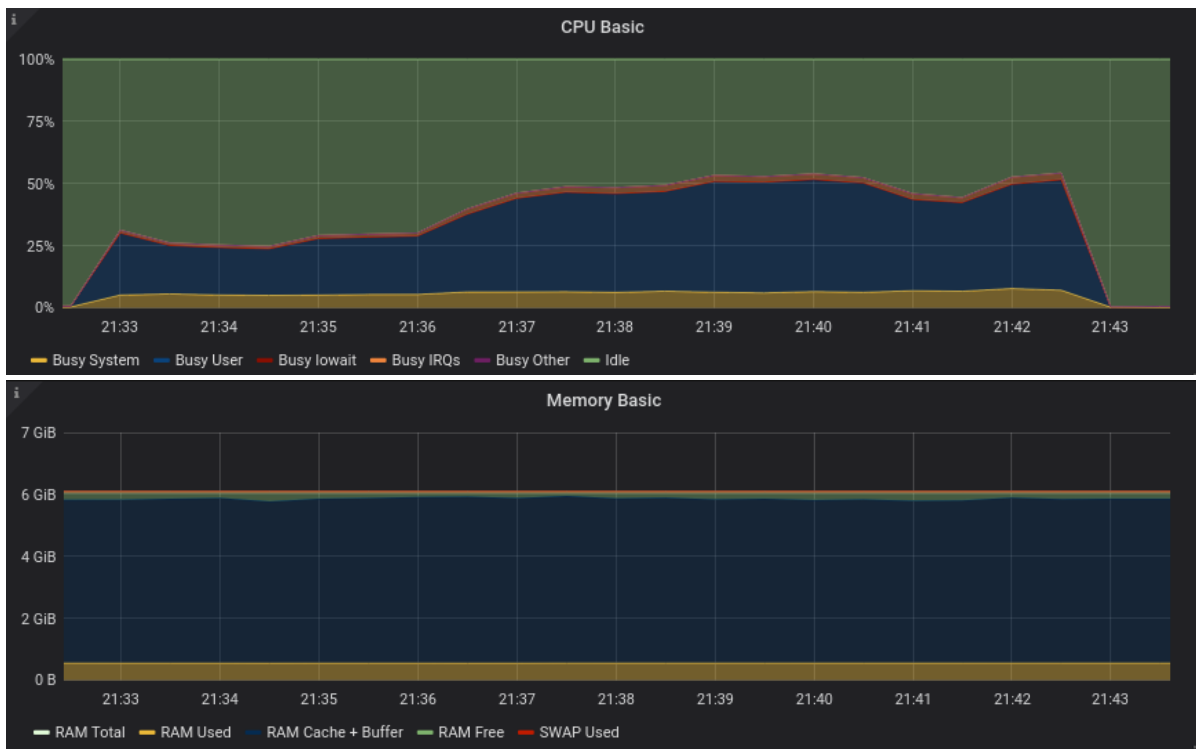


## Показатели производительности сервера NATS

Отключаемый узел



Новый primary узел

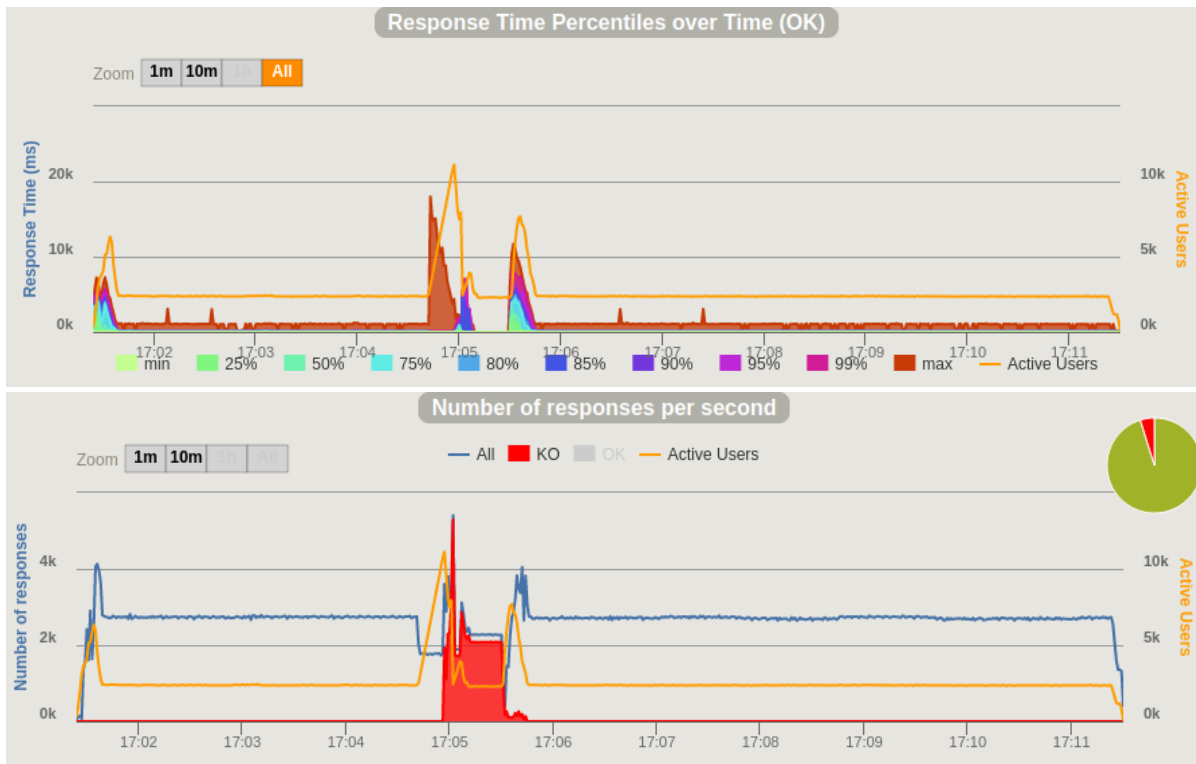


Выключение и включение 2-х серверов NATS Streaming

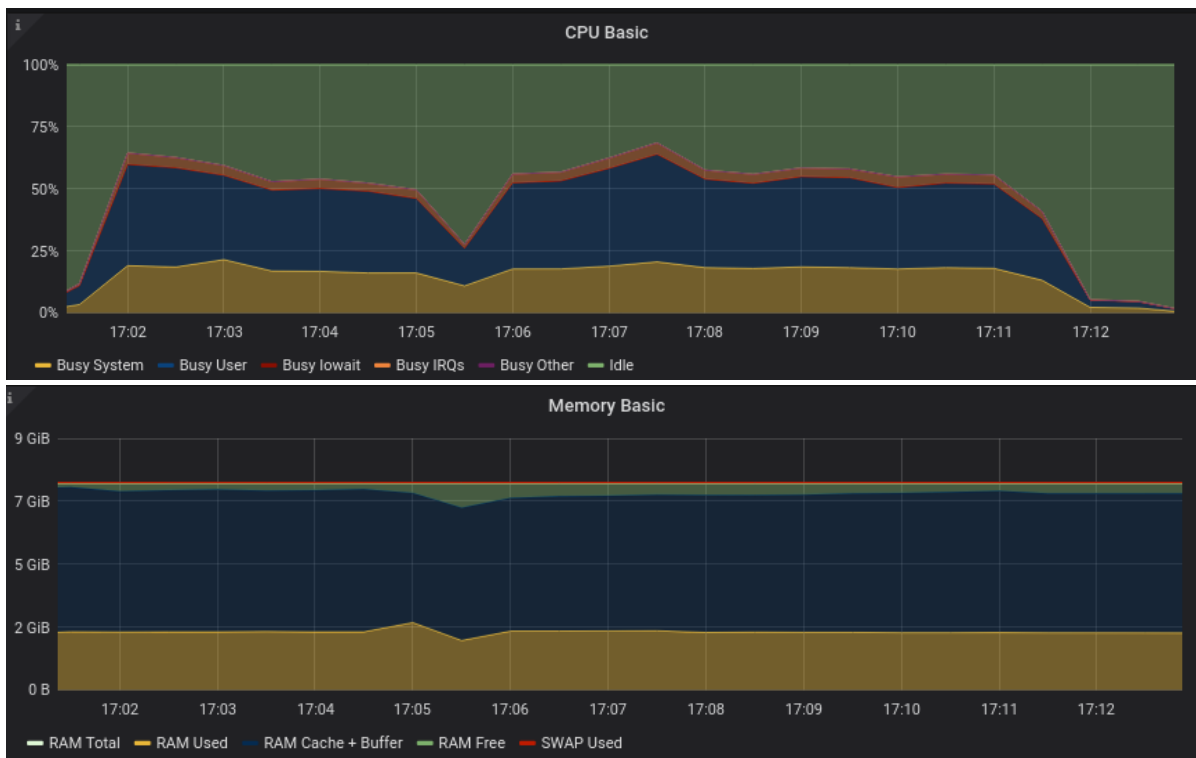
Выключение 2-х серверов NATS Streaming (один из которых мастер) приводит к распаду кластера и остановке обработки запросов системой. Даже после восстановления всех узлов NATS, высокая интенсивность поступающих запросов приводит активному росту количества соединений на серверах приложений и не позволяет мгновенно восстановить стабильность системы. Доработки по ограничению количества одновременных соединений на nginx позволили уменьшить период полного восстановления системы до 1 минуты, что в 3 раза лучше по сравнению с релизом 2.5.0 (3 минуты).

Показатели времени отклика

Requests ^	Executions					Response Time (ms)							
	Total ↕	OK ↕	KO ↕	% KO ↕	Cnt/s ↕	Min ↕	50th pct ↕	75th pct ↕	95th pct ↕	99th pct ↕	Max ↕	Mean ↕	Std Dev ↕
Global Information	1611332	1533744	77588	5%	2654.583	0	13	45	99	3555	20875	134	909
▶ Send SDJD scenario	115200	105133	10067	9%	189.786	1	56	67	653	11110	15657	351	1648
▶ Complete...scenario	6396	5823	573	9%	10.537	1	453	524	1874	11130	15562	781	1685
▶ Send state scenario	115200	105089	10111	9%	189.786	1	56	68	684	11054	15593	352	1650
▶ Get appl...ss check	141132	133837	7295	5%	232.507	1	5	9	31	2411	9167	65	434
▶ Get Next scenario	115200	110726	4474	4%	189.786	1	125	150	1605	13903	20875	525	2034
▶ Get appl...ase info	141132	133815	7317	5%	232.507	1	14	23	60	2473	9315	77	430
▶ Get appl...ss check	703860	667414	36446	5%	1159.572	1	5	9	31	2367	11461	64	430
▶ Get appl... content	21000	19919	1081	5%	34.596	1	57	73	158	3709	11692	153	641
▶ Get appl... content	4260	4037	223	5%	7.018	1	66	84	174	4369	9914	172	690



Показатели производительности сервера приложений



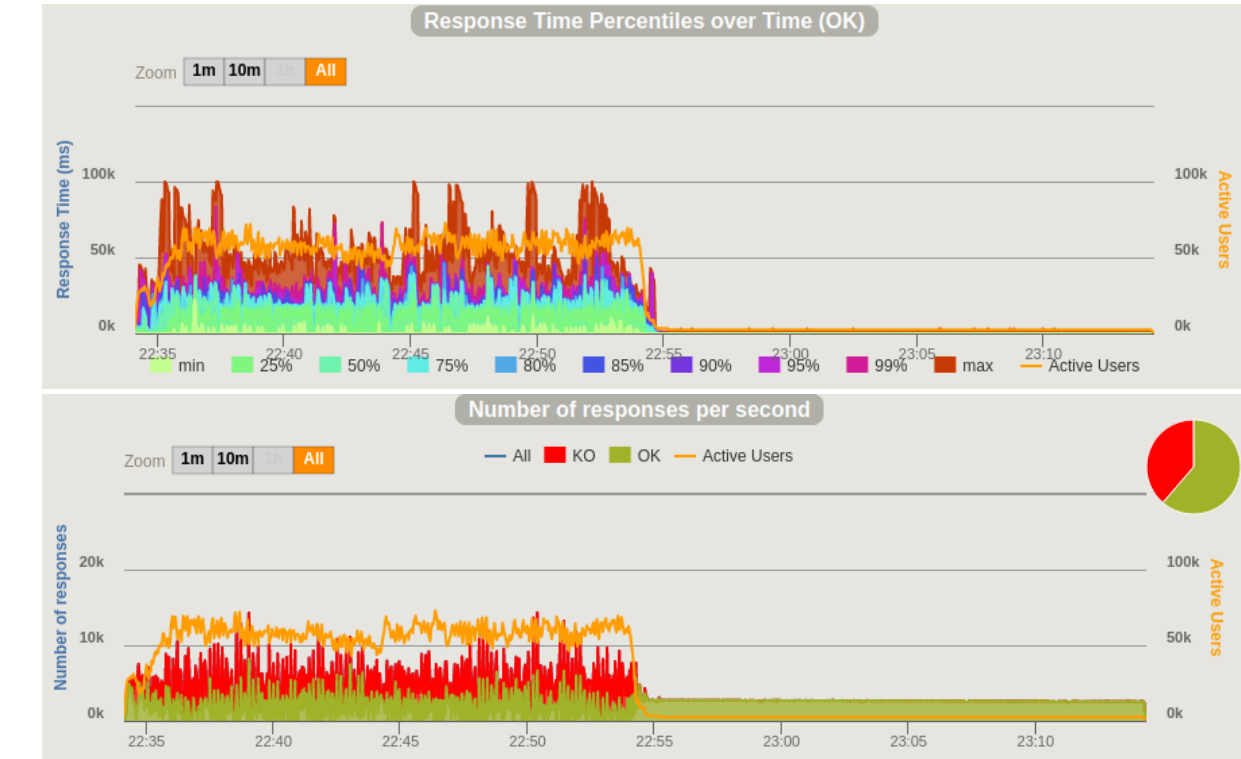
Стресс тестирование

Восстановление после стрессовой нагрузки 225%-100%

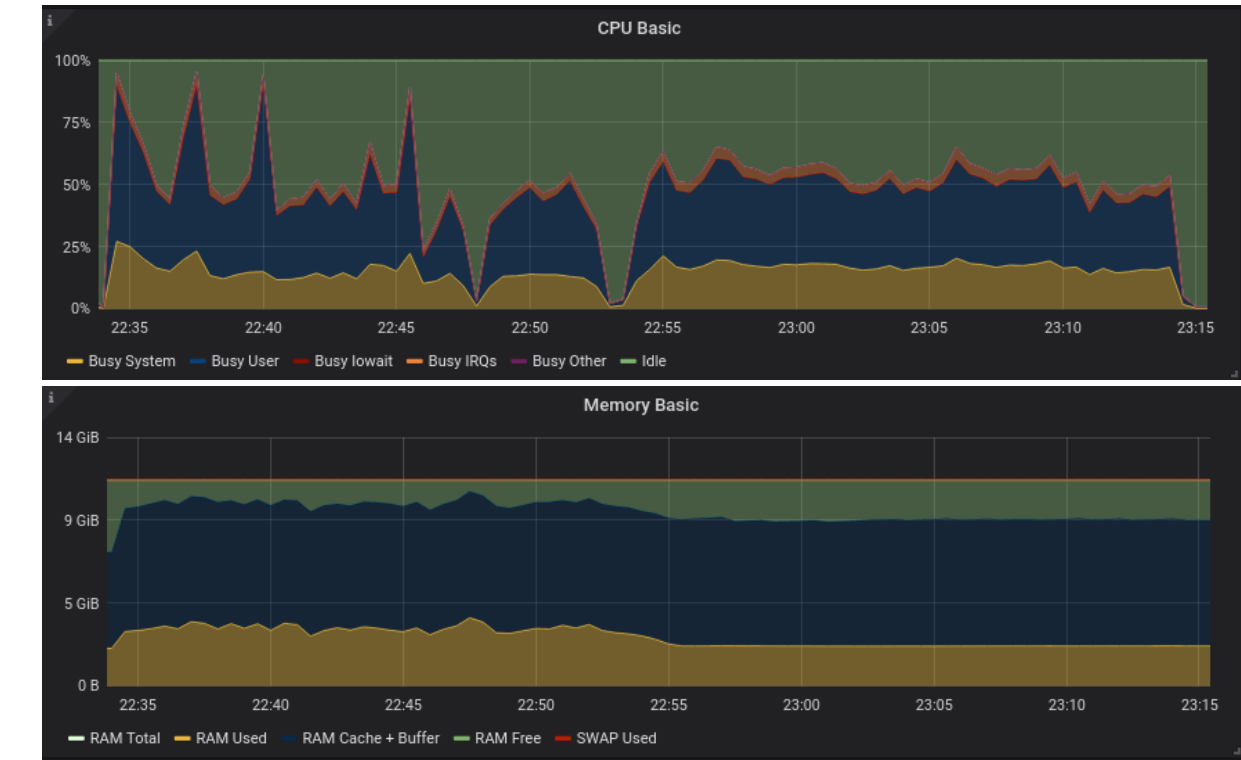
При возвращении с нагрузки равной 225% от уровня прогнозируемой пиковой нагрузки до 100% восстановление системы занимает ~1 минуту, что соответствует предъявляемым требованиям. После указанного времени состояние системы стабилизируется. Какие-либо ошибки в логах отсутствуют. Время восстановления снизилось в 5 раз по сравнению с релизом 2.5.0 (~5 минут) , количество ошибок уменьшился на 12%.

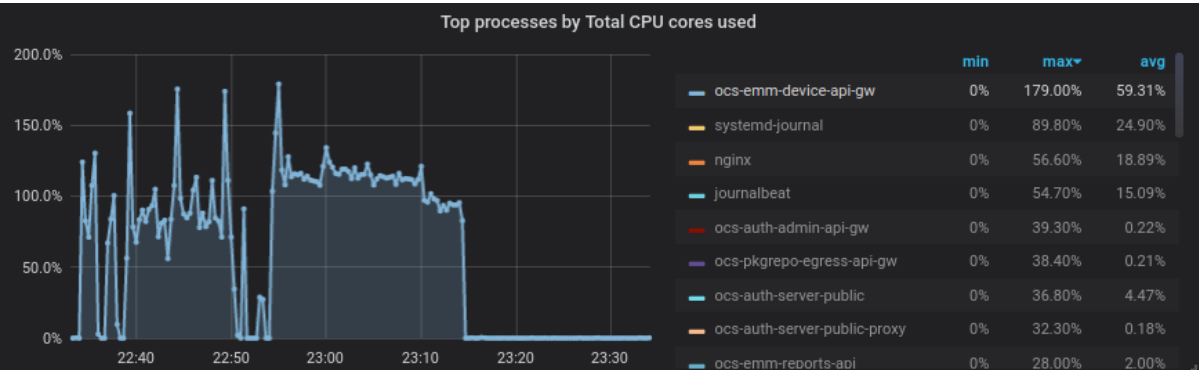
Показатели производительности сервера приложений

Requests	Total	OK	KO	%KO	Req/s	Min	50th	75th	95th	99th	Max	Mean	Std Dev
Global Information	8914220	5468632	3445588	39%	3688.134	0	4304	10001	23750	33797	100076	7022	8362



Метрики утилизации аппаратных ресурсов сервера приложений





## Использование дискового пространства

### База данных ПБ

Скорость потребления ресурсов диска при 100% нагрузке ~ 4.91 Гб в час, то есть ~ 117,84 Гб в день, что аналогично релизу 2.5.0.

Основную часть данных составляет схема "audit" ~75% всего объема. Глубина хранения аудита по умолчанию - 3 мес, после чего происходит очистка более старых данных.

Минимальный необходимый размер диска для хранения данных за 3 месяца: **10,6 Тб**.

### База данных ПУ

Скорость потребления ресурсов диска ~ 600Мб в час, то есть ~14 Гб в день. Основная часть данных 95% - это таблица journal.

journal: хранение до 8 month => таблица может вырасти до 3,13 Тб

Минимальный необходимый размер диска для хранения данных: **3.2 Тб**.

### База данных ПМ

Объем данных зависит от количества загруженных приложений и билдов.

База ПМ, заполненная согласно требованиям к системе "Аврора Центр" версии 2.5.1 (7 приложений, в каждом из которых: 41 релиз, 5 зависимостей, 3 скриншота и иконка), занимает не более 80МВ.

В процессе эксплуатации ее увеличение может происходить в связи с созданием подписей для зависимостей и билдов, расходуя ~3 kB на одну подпись.

Минимальный необходимый размер диска для хранения данных: **100МБ**.

## Пространство, требуемое для хранения кэша контента NGINX

Учитывая, что скачивается только последний релиз:

1. 7 приложения по 20 Мб => 140 Мб
2. Зависимости каждого приложения => 700 Мб

Так как кэширование контента осуществляется в EMM и Appstore, то =>  $(700 + 140) * 2 = 1,68 \text{ Гб}$ .

## Выводы

Определена и подтверждена максимальная производительность системы, совпадающая с пиковой, на уровне 150%. Для обеспечения такой производительности необходимо использование CDN в связи с полной утилизацией сети (пропускной способностью в 10 Gbit) при скачивании контента. К системе без CDN не рекомендуется подключать свыше 50K устройств. До момента достижения пороговых значений утилизация системных ресурсов растет линейно с ростом количества запросов. Снижения производительности системы по сравнению с релизом 2.5.0 в процессе тестирования выявлено не было.

Ниже приводится таблица рекомендованных требований к ресурсам в зависимости от количества подключенных устройств:

Количество	Сервер	Сервер БД	Комментарий
------------	--------	-----------	-------------

устройств	приложений			
10,000	CPU: 2 RAM: 3GB HDD: 60GB  Количество серверов: 3	<b>БД ПБ, ПМ, ПУ</b>  CPU: 2 RAM: 3GB HDD: 275GB  Количество серверов: 1		<b>Минимальная конфигурация</b>  Требуется понижение значение параметра swappiness в ОС для минимизации использования файла подкачки. Рекомендуемое значение в интервале: 5 - 10
50,000	CPU: 3 RAM: 4GB HDD: 80GB  Количество серверов: 3	<b>БД ПБ, ПМ, ПУ</b>  CPU: 3 RAM: 6GB SSD: 1.3TB  Количество серверов: 1		
100,000	CPU: 3 RAM: 6GB HDD: 110GB  Количество серверов: 3	<b>БД ПБ, ПМ, ПУ</b>  CPU: 3 RAM: 8GB SSD: 3TB  Количество серверов: 1		Необходимо использование CDN
275,000	CPU: 6 RAM: 8GB HDD: 130GB  Количество серверов: 3	<b>БД ПБ</b>  CPU: 3 RAM: 12GB SSD: 5.5TB  Количество серверов: 1	<b>БД ПМ + ПУ</b>  CPU: 4 RAM: 12GB SSD: 2TB  Количество серверов: 1	Необходимо использование CDN
550,000	CPU: 6 RAM: 8GB HDD: 160GB  Количество серверов: <b>6</b>	<b>БД ПБ</b>  CPU: 3 RAM: 24GB SSD: 11TB  Количество серверов: 1	<b>БД ПМ + ПУ</b>  CPU: 6 RAM: 24GB SSD: 3.5TB  Количество серверов: 1	<b>Целевая конфигурация</b>  Необходимо использование CDN

\* В таблице не учитывается резервный сервер БД.

Вовремя 12-часового теста была подтверждена стабильная работа системы при длительной эксплуатации. Утилизация аппаратных ресурсов и показатели производительности оставались устойчивыми на протяжении всего теста и находились в рамках предъявляемых требований.

Тестирование показало, что вертикальное масштабирование серверов приложений является недостаточно эффективным вариантом. Горизонтальное имеет больший коэффициент и позволяет наращивать производительность пропорционально добавляемым узлам.

Установка ограничения максимального количества одновременных соединений на nginx позволила стабилизировать работу системы при нагрузках превышающих ее возможности и исключить проблему неконтролируемого роста соединений, которая приводила к полной утилизации памяти узла, и как следствие, недоступности всех сервисов развернутых на нем. Данная доработка положительно повлияла не только на процесс восстановления после аномально высокой нагрузки, но и на восстановление после различных отказов компонентов инфраструктуры, улучшив его в среднем 3 раза по сравнению с релизом 2.5.0.

Также, по сравнению с предыдущим релизом был снижен объем минимально необходимой памяти на СП с 4-х до 3-х GB. Такой объем RAM требует уменьшения параметра swappiness операционной системы для минимизации использования файла подкачки. Утилизация nginx-ом оперативной памяти уменьшилась на 10%. Тест минимальной конфигурации с использованием медленной дисковой подсистемы БД позволил проверить и подтвердить возможность ее использования при подключении к системе не более 50к устройств.

На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что показатели производительности системы соответствуют нефункциональным требованиям.

## Вывод по использованию дискового пространства

Так как начиная с релиза 2.5.0 в соответствии с требованиями выросло числа операций в тестовом профиле, то пропорционально выросла утилизация дискового пространства БД ПБ. Рекомендуется обратить внимание на эффективность хранения данных в схеме audit в ПБ и схеме journal в ПУ в связи со значительным конечным объемом дисковых ресурсов, необходимых для ее хранения. Потребление ресурсов диска БД ПУ осталось на уровне аналогичном релизу 2.5.0.