

Отчёт по нагрузочному тестированию сервиса “book”” и базы данных PostgreSQL

Оглавление

Цели, задачи и результаты тестирования	3
Цели и задачи тестирования	3
Профиль нагрузки	3
Результаты тестирования (до оптимизации БД).....	4
Результаты тестирования (после оптимизации БД)	5
Проведенные тесты.....	6
Максимальная производительность (до оптимизации БД).....	6
Подтверждение максимальной производительности (до оптимизации БД)	7
Анализ производительности БД.....	8
Оптимизация скорости выполнения запросов на БД.....	9
Максимальная производительность (после оптимизации БД).....	10
Подтверждение максимальной производительности (после оптимизации БД)	11
Тест надёжности (после оптимизации БД)	12
Количество коннектов от сервиса к БД.....	13
Изменение количества потоков и коннектов (Threads-5 Maximum pool size-3)	14
Threads-10 Maximum pool size-3 tps-N19.....	14
Threads-5 Maximum pool size-6 tps-N19	15
Threads-20 Maximum pool size-12 tps-N19.....	16
Threads-40 Maximum pool size-24 tps-N19.....	17
Threads-80 Maximum pool size-48 tps-N19.....	18
Threads-160 Maximum pool size-96 tps-N19.....	19
Threads-80 Maximum pool size-3 tps-N19.....	20
Threads-5 Maximum pool size-48 tps-N19	21
Инструменты тестирования.....	22
Тестовый стенд.....	22

Цели, задачи и результаты тестирования

Цели и задачи тестирования

- 1) Определить максимальную производительность.
- 2) Определить надёжность на 100% профиля.
- 3) Выполнить анализ производительности БД.
- 4) Оптимизировать скорость выполнения запросов на БД.
- 5) Оптимизировать скорость выполнения запросов на БД.
- 6) Повторить тест после оптимизаций
- 7) Определить количество коннектов от сервиса к БД.
- 8) Подобрать оптимальное количество потоков и коннектов и сравнить производительность.

Профиль нагрузки

№	Операция	Интенсивность	%
1	Информация о книге (по автору)	10 в секунду.	≈29,41
2	Информация о книге (по имени)	10 в секунду.	≈29,41
3	Изменить цену	6 в секунду	≈17,65
4	Информация о книге (по имени и автору)	5 в секунду.	≈14,71
5	Список книг с одной страницы	1 в секунду	≈2,94
6	Удалить книгу	1 в секунду	≈2,94
7	Добавить книгу	1 в секунду	≈2,94

Результаты тестирования (до оптимизации БД)

1) Максимальная производительность составляет, около **23.8 запросов в секунду**.

№	Операция	Интенсивность
1	Информация о книге (по автору)	7 в секунду.
2	Информация о книге (по имени)	7 в секунду.
3	Изменить цену	4.2 в секунду
4	Информация о книге (по имени и автору)	3.5 в секунду.
5	Список книг с одной страницы	0.7 в секунду
6	Удалить книгу	0.7 в секунду
7	Добавить книгу	0.7 в секунду

2) Среднее время выполнения базой данных запросов, с поиском книг по имени или автору около **100мс**.

123 calls	123 total_exec_time	123 mean_exec_time	ABC query
4 985	510 749,4615999996	102,4572641123	select bookv2x0_id as id1_0_ bookv2x0_author as author2_0_ bo
5 029	502 209,1639999999	99,8626295486	select bookv2x0_id as id1_0_ bookv2x0_author as author2_0_ bo
3 105	357 309,6287000003	115,0755647987	update bookv2 set price=\$1 where author=\$2 and name=\$3
2 615	264 353,1600999999	101,091074608	select bookv2x0_id as id1_0_ bookv2x0_author as author2_0_ bo
547	62 879,7653	114,9538670932	delete from bookv2 where author=\$1 and name=\$2
547	51 033,5837	93,2972279707	select count(bookv2x0_id) as col_0_0_ from bookv2 bookv2x0_
547	5 769,9628	10,5483780622	select bookv2x0_id as id1_0_ bookv2x0_author as author2_0_ bo
547	33,8886	0,0619535649	insert into bookv2 (author, name, price, id) values (\$1, \$2, \$3, \$4)

Результаты тестирования (после оптимизации БД)

1) Максимальная производительность составляет, около 646 запросов в секунду.

№	Операция	Интенсивность
1	Информация о книге (по автору)	190 в секунду.
2	Информация о книге (по имени)	190 в секунду.
3	Изменить цену	114 в секунду
4	Информация о книге (по имени и автору)	95 в секунду.
5	Список книг с одной страницы	19 в секунду
6	Удалить книгу	19 в секунду
7	Добавить книгу	19 в секунду

2) Среднее время выполнения запросов базой данных, с поиском книг по имени или автору около 0,05мс.

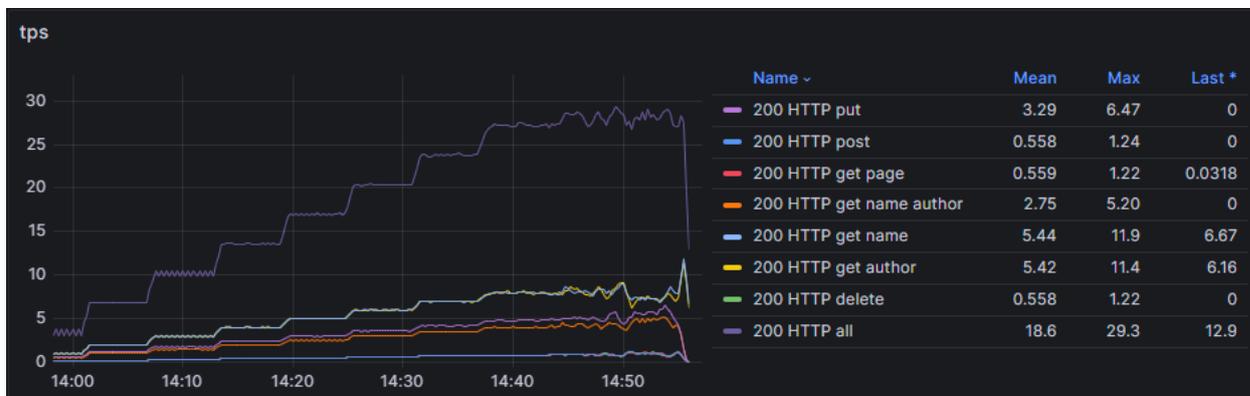
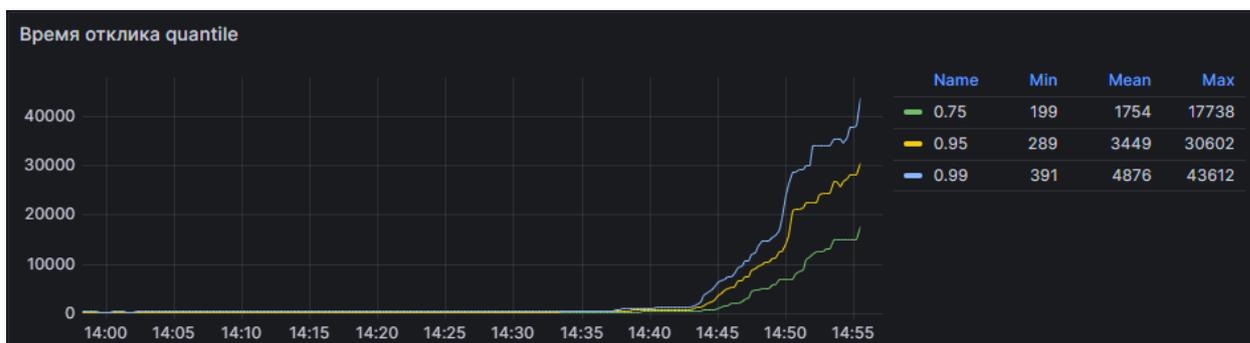
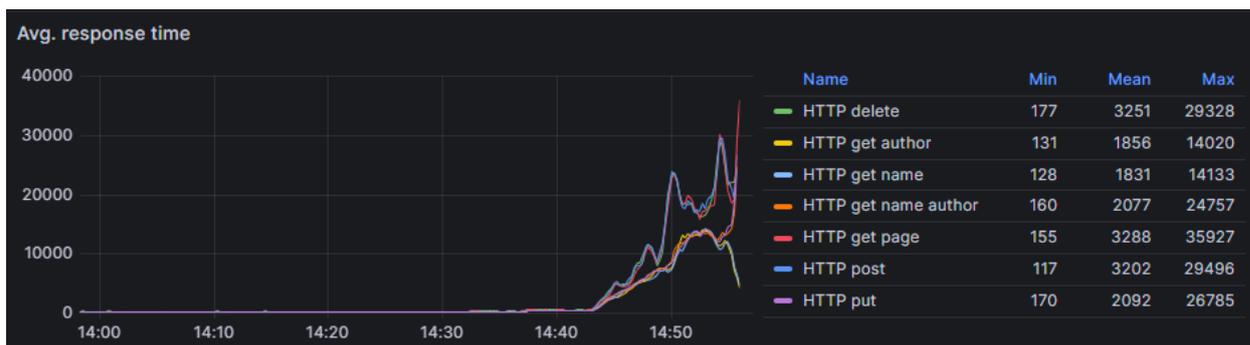
	123 calls	123 total_exec_time	123 mean_exec_time	ABC query
1	3 467	132,2776	0,0381533314	select bookv2x0_id as id1_0_, bookv2x0_.author as author2_0_, boo
2	3 455	159,9176	0,0462858466	select bookv2x0_id as id1_0_, bookv2x0_.author as author2_0_, boo
3	2 072	113,6916	0,0548704633	update bookv2 set price=\$1 where author=\$2 and name=\$3
4	1 729	66,1347	0,0382502603	select bookv2x0_id as id1_0_, bookv2x0_.author as author2_0_, boo
5	348	4 012,589	11,5304281609	select bookv2x0_id as id1_0_, bookv2x0_.author as author2_0_, boo
6	347	36,6957	0,1057512968	insert into bookv2 (author, name, price, id) values (\$1, \$2, \$3, \$4)
7	347	15,66	0,045129683	delete from bookv2 where author=\$1 and name=\$2
8	347	25 908,6662	74,6647440922	select count(bookv2x0_id) as col_0_0_ from bookv2 bookv2x0_

Проведенные тесты

Максимальная производительность (до оптимизации БД)

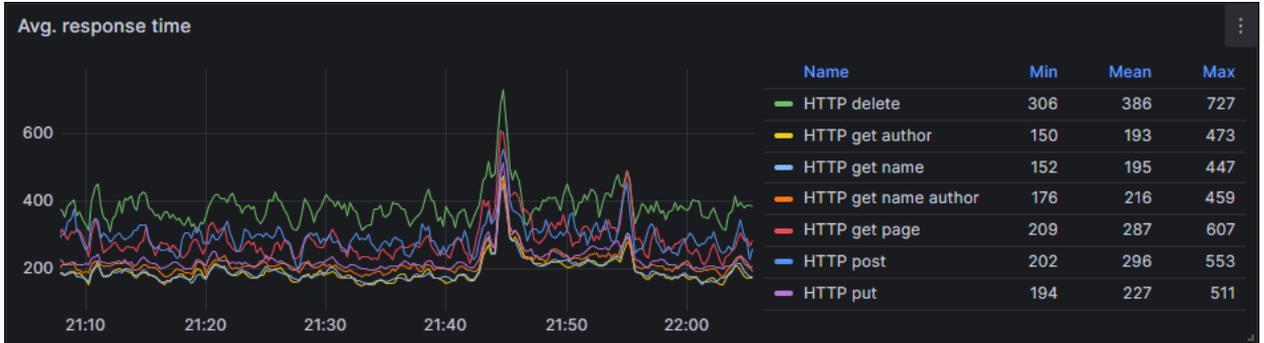
При проведении серии тестов с автоматическим управлением количества потоков и интенсивностью операций эквивалентной профилю нагрузки, умноженной на коэффициент N, установлено начало деградации системы при коэффициенте $N=0,7(23,8$ запросов в секунду)

Деградация выражалась в резком увеличении времени ответа сервиса.



Подтверждение максимальной производительности (до оптимизации БД)

Плавное повышение нагрузки до максимальной $N=0.7$ (23,8 запросов в секунду) и фиксация на 1 час.



При выполнении теста с нагрузкой $N=0,7$ профиля (23,8 запросов в секунду), деградации сервиса не наблюдалось.

Анализ производительности БД.

С помощью расширения «pg_stat_statements» была собрана статистика запросов к БД.

	123 calls	123 total_exec_time	123 mean_exec_time	ABC query
1	116 034	10 493 442,822699957	90,4342074108	select bookv2x0_id as id1_0_, bookv2x0_author as author2_0_, bookv2x0_name as name3_0_
2	116 187	10 313 719,809699861	88,7682770852	select bookv2x0_id as id1_0_, bookv2x0_author as author2_0_, bookv2x0_name as name3_0_
3	69 924	7 974 114,197600036	114,0397316744	update bookv2 set price=\$1 where author=\$2 and name=\$3
4	58 341	5 526 098,814599991	94,7206735332	select bookv2x0_id as id1_0_, bookv2x0_author as author2_0_, bookv2x0_name as name3_0_
5	16 687	1 514 610,0555000158	90,7658689699	select count(bookv2x0_id) as col_0_0_ from bookv2 bookv2x0_
6	11 734	1 335 370,434000001	113,8035140617	delete from bookv2 where author=\$1 and name=\$2
7	16 682	133 053,2750000004	7,97585871	select bookv2x0_id as id1_0_, bookv2x0_author as author2_0_, bookv2x0_name as name3_0_

По статистике видно, среднее время выполнения запросов, с поиском книг по имени или автору около 100мс.

Были рассмотрены планы запросов с поиском книг по имени или автору

ABC QUERY PLAN	
1	Gather (cost=1000.00..20889.43 rows=1 width=84) (actual time=48.855..111.821 rows=1 loops=1)
2	Workers Planned: 2
3	Workers Launched: 2
4	-> Parallel Seq Scan on bookv2 bookv2x0_ (cost=0.00..19889.33 rows=1 width=84) (actual time=19.949..39.086 rows=0 loops=3)
5	Filter: (author = 'Пахомий Савонов':text)
6	Rows Removed by Filter: 333334
7	Planning Time: 0.074 ms
8	Execution Time: 111.845 ms

ABC QUERY PLAN	
1	Gather (cost=1000.00..21933.52 rows=1 width=84) (actual time=44.270..95.746 rows=1 loops=1)
2	Workers Planned: 2
3	Workers Launched: 2
4	-> Parallel Seq Scan on bookv2 bookv2x0_ (cost=0.00..20933.42 rows=1 width=84) (actual time=22.478..37.991 rows=0 loops=3)
5	Filter: ((name = 'Ассоциация и Благодарность':text) AND (author = 'Евстолия Побегайлова':text))
6	Rows Removed by Filter: 333334
7	Planning Time: 0.078 ms
8	Execution Time: 95.771 ms

ABC QUERY PLAN	
1	Update on bookv2 (cost=0.00..29694.42 rows=0 width=0) (actual time=119.451..119.451 rows=0 loops=1)
2	-> Seq Scan on bookv2 (cost=0.00..29694.42 rows=1 width=10) (actual time=61.610..119.053 rows=1 loops=1)
3	Filter: ((author = 'qfvhu':text) AND (name = 'pozifwvfon':text))
4	Rows Removed by Filter: 1000002
5	Planning Time: 0.064 ms
6	Execution Time: 119.541 ms

Поиск записи производится с помощью последовательного сканирования (Seq Scan), а отношение найденных записей к их общему количеству $\approx 1/1000000$.

Сделан вывод: у значений в столбцах «name» и «author» отсутствует индекс.

Оптимизация скорости выполнения запросов на БД.

Были добавлены индексы «b-tree» значениям «name», «author».

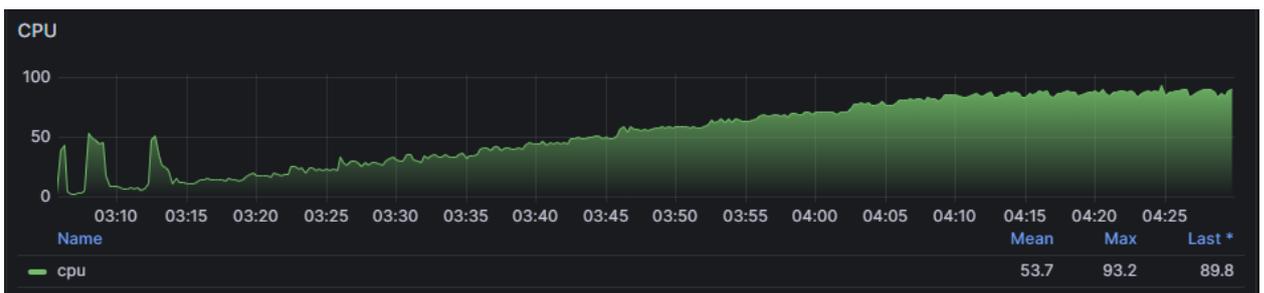
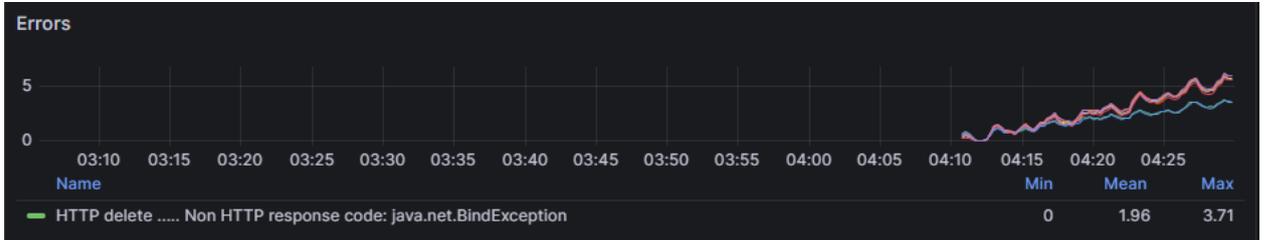
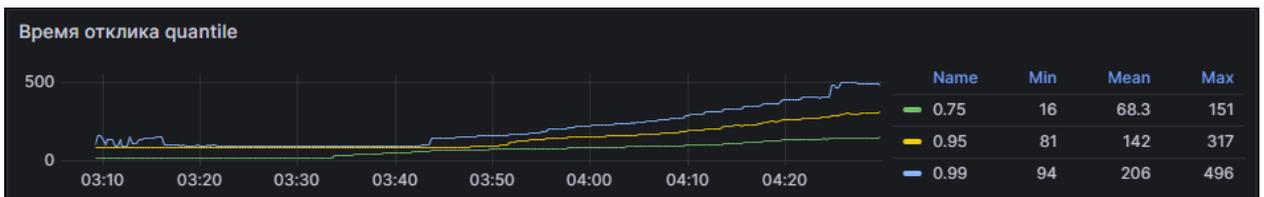
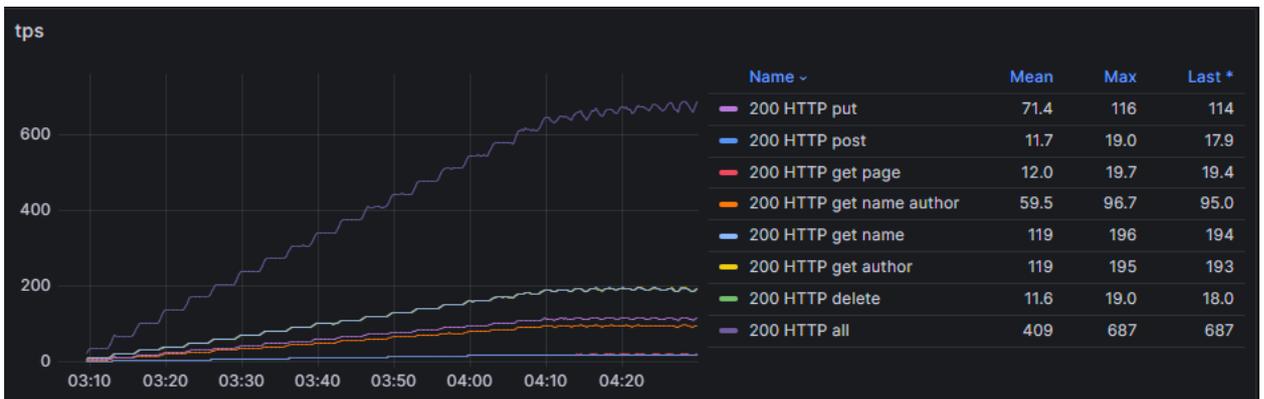
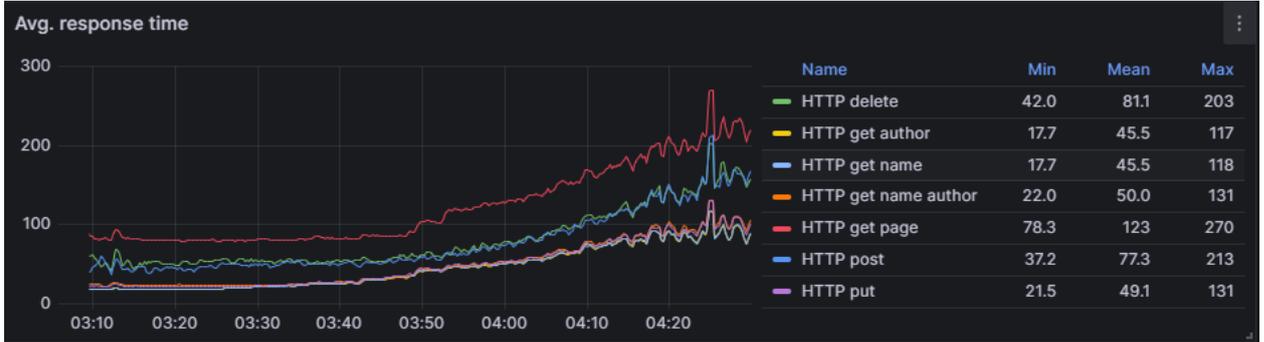
	123 calls	123 total_exec_time	123 mean_exec_time	ABC query
1	3 470	231,1424	0,0666116427	select bookv2x0_id as id1_0_, bookv2x0_author as author2_0_, bookv2x0_name as name3_0_
2	3 470	218,2882	0,0629072622	select bookv2x0_id as id1_0_, bookv2x0_author as author2_0_, bookv2x0_name as name3_0_
3	2 082	207,7151	0,0997670989	update bookv2 set price=\$1 where author=\$2 and name=\$3
4	1 735	104,2557	0,0600897406	select bookv2x0_id as id1_0_, bookv2x0_author as author2_0_, bookv2x0_name as name3_0_
5	347	34,5172	0,0994731988	insert into bookv2 (author, name, price, id) values (\$1, \$2, \$3, \$4)
6	347	24,5657	0,0707945245	delete from bookv2 where author=\$1 and name=\$2
7	347	3 806,7998	10,970604611	select bookv2x0_id as id1_0_, bookv2x0_author as author2_0_, bookv2x0_name as name3_0_
8	347	23 433,3688	67,5313221902	select count(bookv2x0_id) as col_0_0_ from bookv2 bookv2x0_

Время выполнения запросов значительно уменьшилось.

Максимальная производительность (после оптимизации БД)

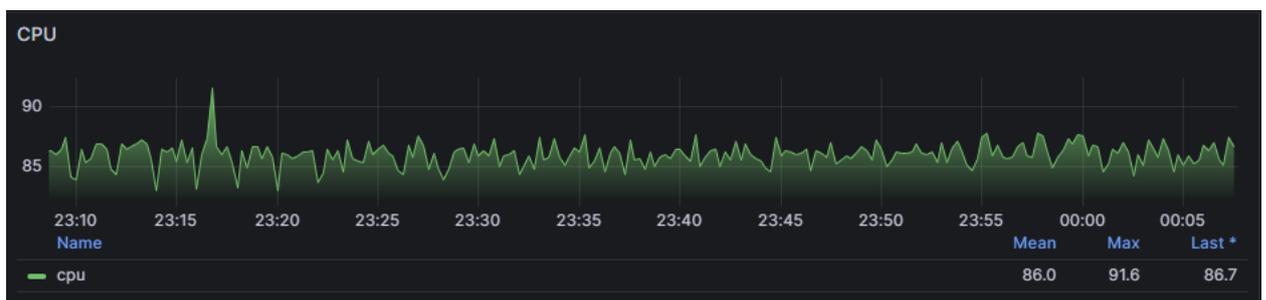
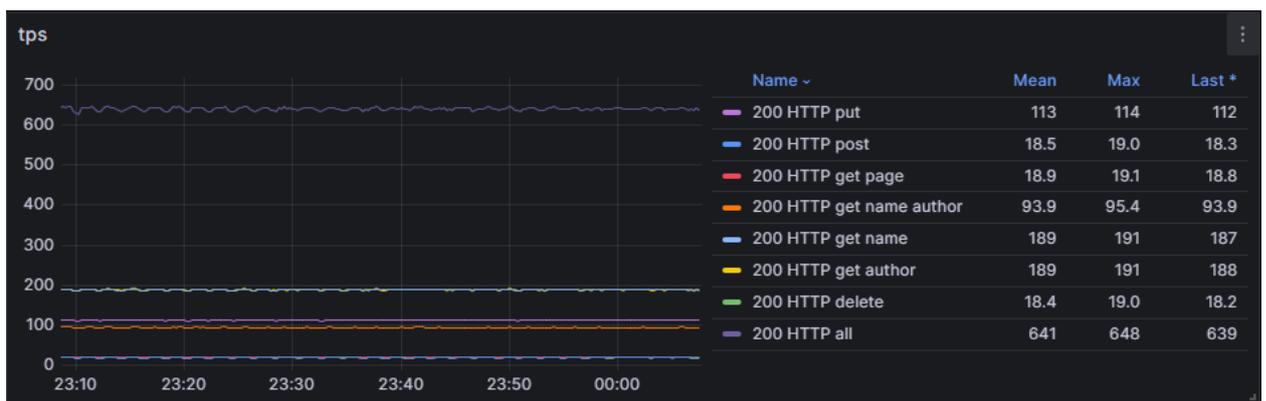
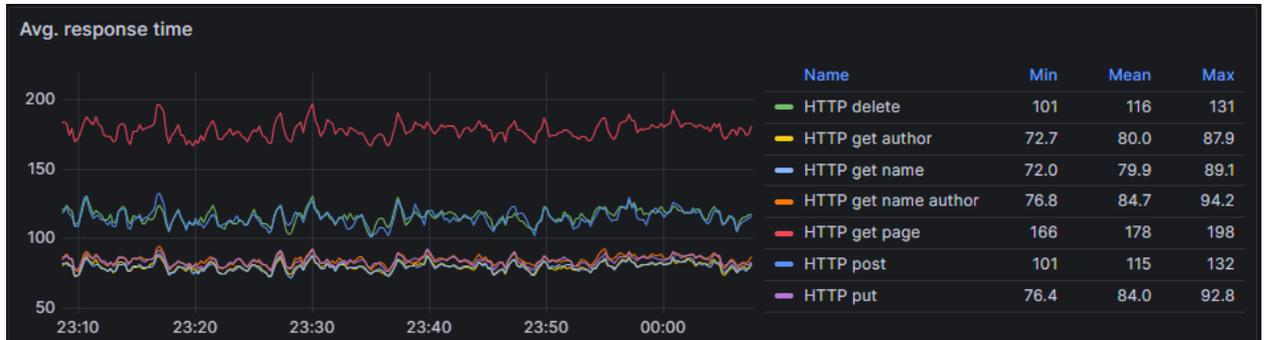
При проведении серии тестов с автоматическим управлением количества потоков и интенсивностью операций эквивалентной профилю нагрузки, умноженной на коэффициент N, установлено начало деградации системы при коэффициенте N=19(646 запросов в секунду)

Деградация выражалась в увеличении времени ответа сервиса и появлении ошибок.



Подтверждение максимальной производительности (после оптимизации БД)

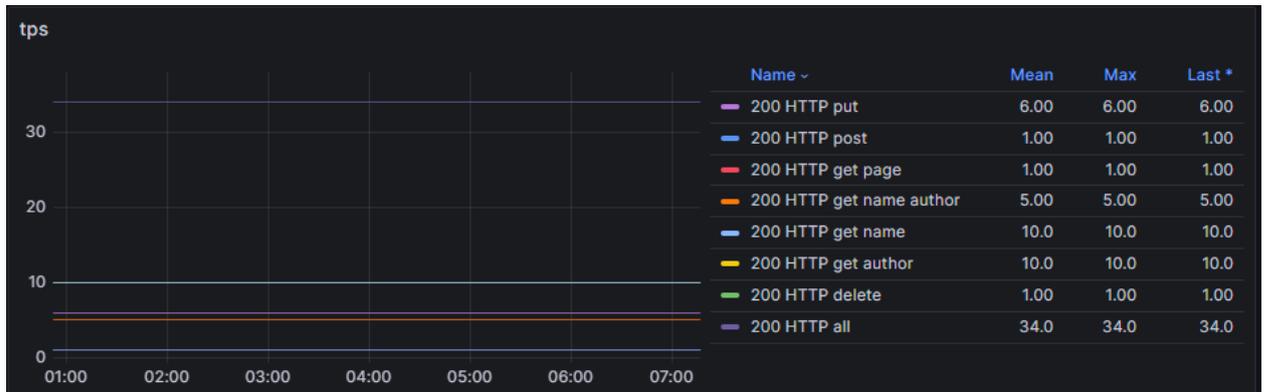
Плавное повышение нагрузки до максимальной N=19 (646 запросов в секунду) и фиксация на 1 час.



При выполнении теста с нагрузкой N=19 профиля (646 запросов в секунду), деградации сервиса не наблюдалось.

Тест надёжности (после оптимизации БД)

Тест проводился при нагрузке 100% профиля (34 запросов в секунду) 6 часов.



Метрики стабильны. Утечки памяти не выявлено.

Количество коннектов от сервиса к БД

Были найдены все текущие коннекты к БД

Три коннекта из текущих от сервиса.

pg_stat_activity 1 ×								
select * from pg_catalog.pg_stat_activity Введите SQL выражение чтобы отфильтровать результаты								
	123 datid	abc datname	123 pid	123 leader_pid	123 usesysid	abc username	abc application_name	client_addr
1	[NULL]	[NULL]	5 180	[NULL]	[NULL]	[NULL]		[NULL]
2	[NULL]	[NULL]	5 188	[NULL]	10	postgres		[NULL]
3	5	postgres	15 064	[NULL]	10	postgres	DBeaver 23.3.4 - Main <postgres>	127.0.0.1
4	5	postgres	12 928	[NULL]	10	postgres	DBeaver 23.3.4 - Metadata <postgres>	127.0.0.1
5	5	postgres	10 736	[NULL]	10	postgres	DBeaver 23.3.4 - SQLEditor <Script-2.sql>	127.0.0.1
6	5	postgres	5 952	[NULL]	10	postgres	PostgreSQL JDBC Driver	127.0.0.1
7	5	postgres	14 460	[NULL]	10	postgres	PostgreSQL JDBC Driver	127.0.0.1
8	5	postgres	13 400	[NULL]	10	postgres	PostgreSQL JDBC Driver	127.0.0.1
9	[NULL]	[NULL]	4 964	[NULL]	[NULL]	[NULL]		[NULL]
10	[NULL]	[NULL]	4 508	[NULL]	[NULL]	[NULL]		[NULL]
11	[NULL]	[NULL]	5 172	[NULL]	[NULL]	[NULL]		[NULL]

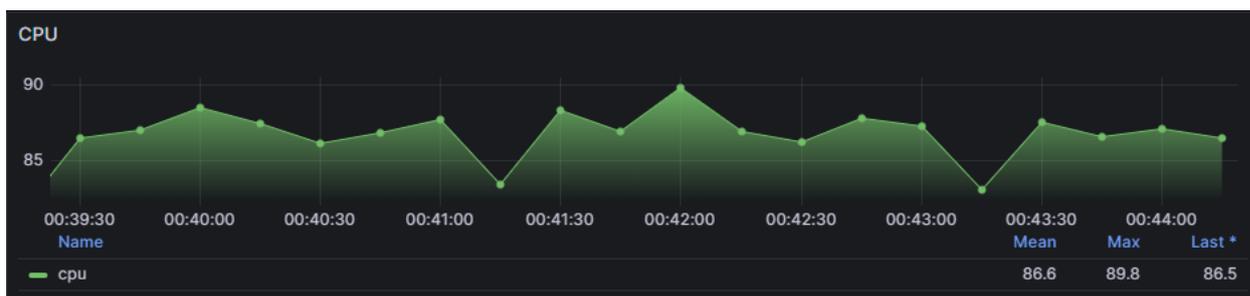
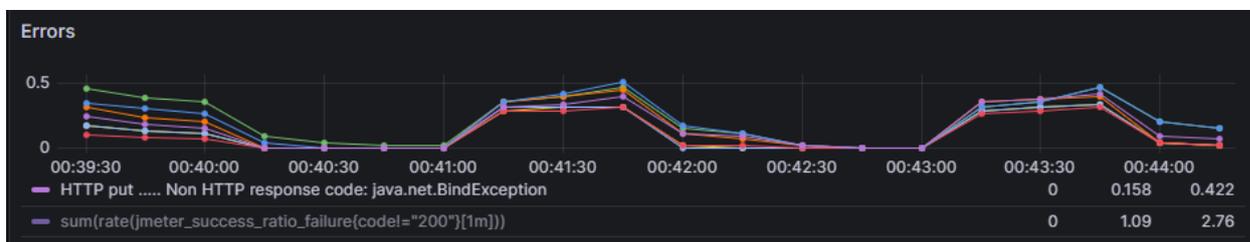
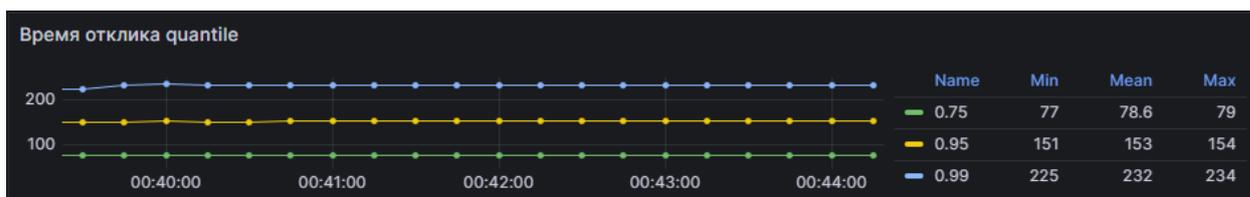
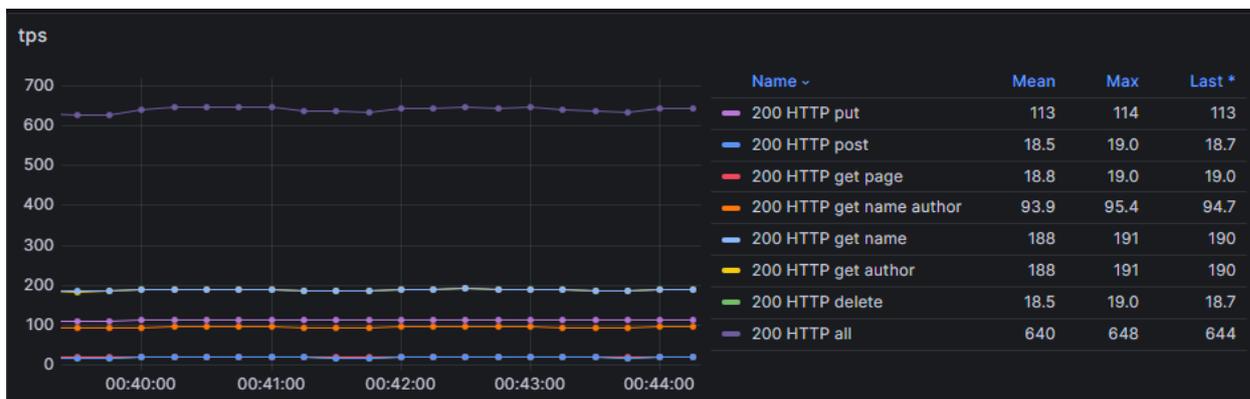
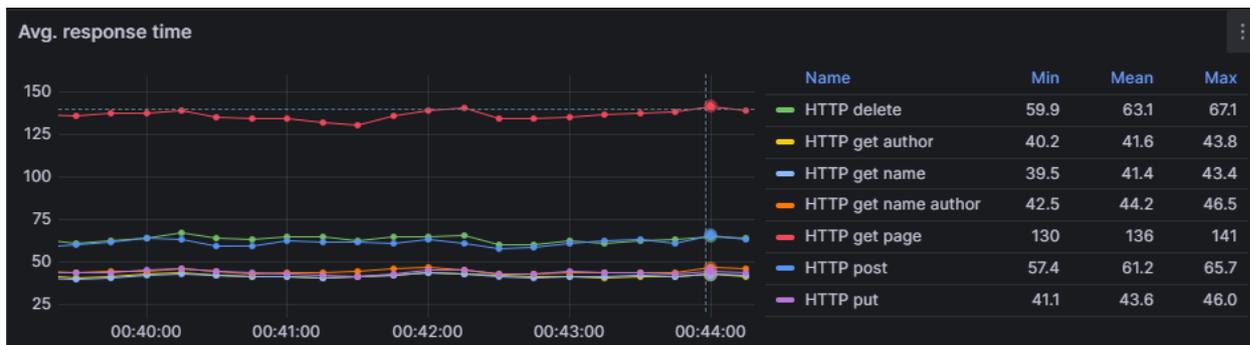
Изменение количества потоков и коннектов (Threads-5 Maximum pool size-3)

Threads-10

Maximum pool size-3

tps-N19

При увеличении количества потоков, уменьшается время ответа сервиса.

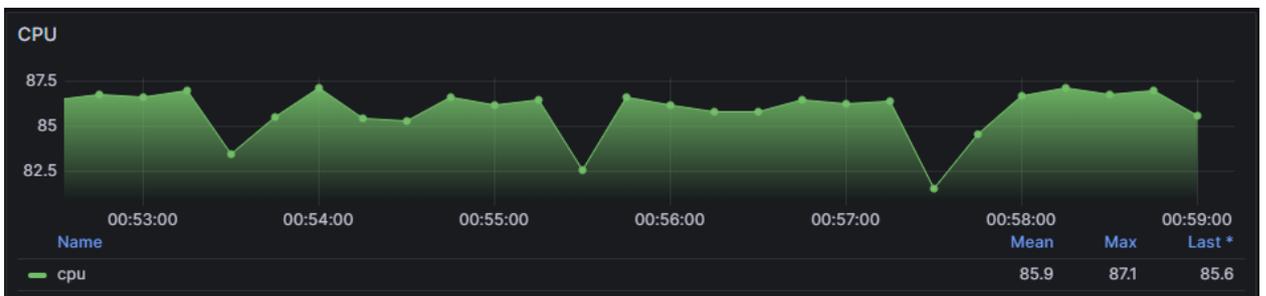
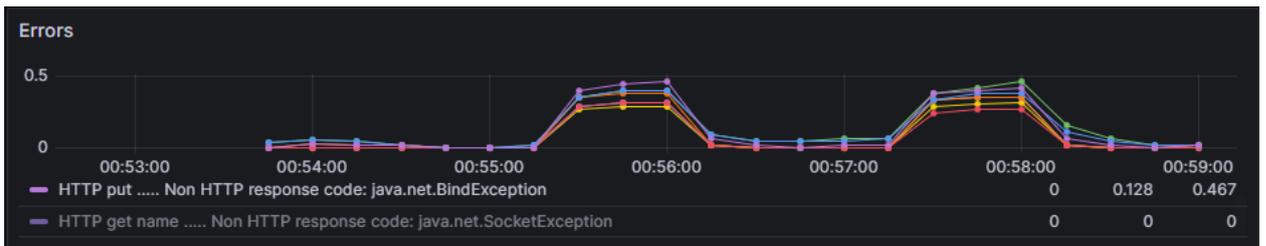
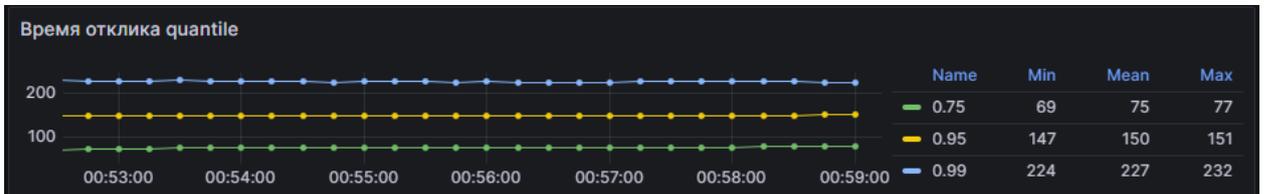
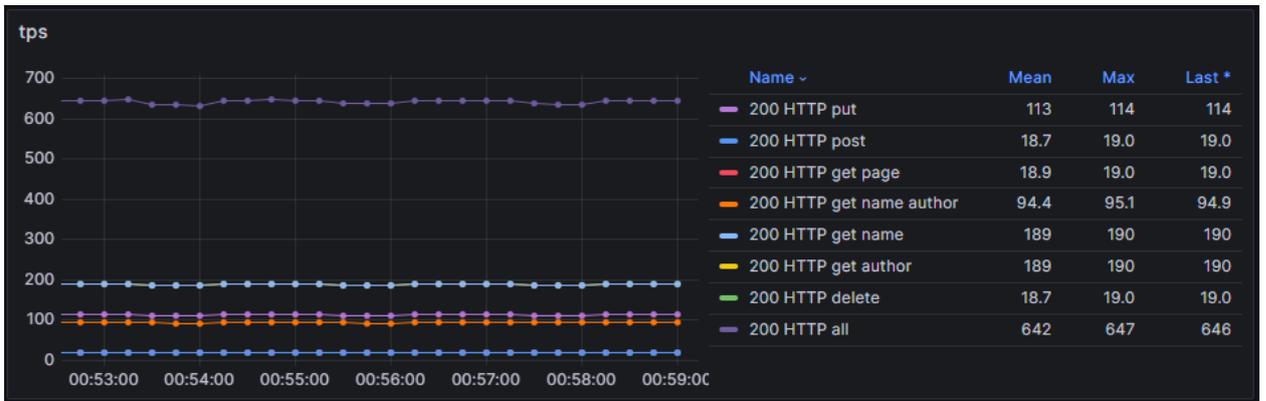
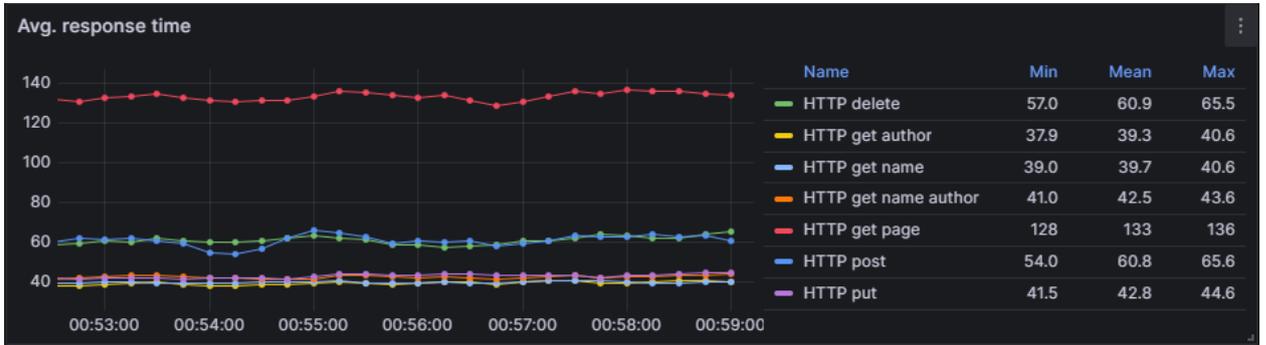


Threads-5

Maximum pool size-6

tps-N19

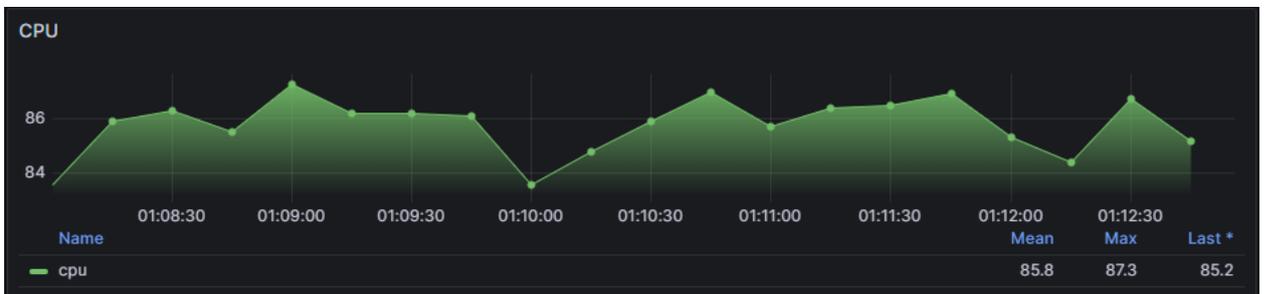
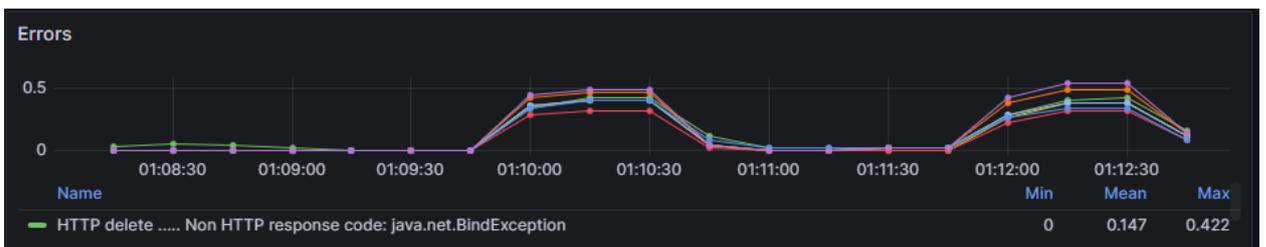
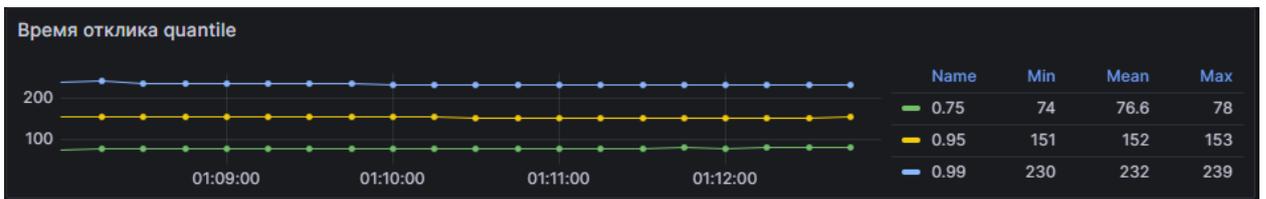
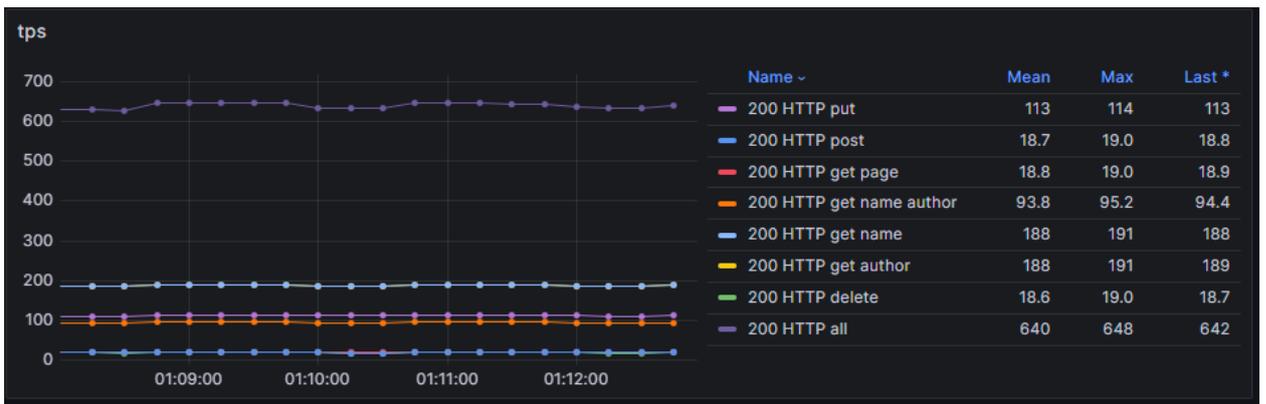
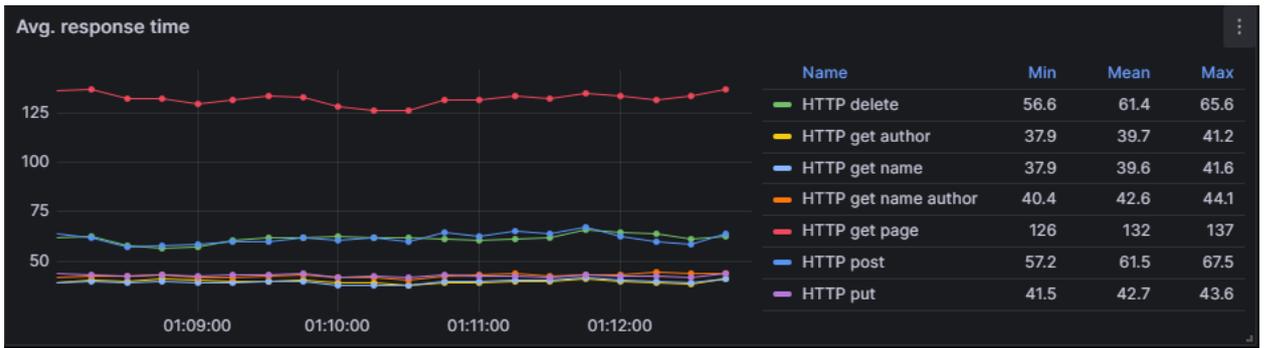
При увеличении количества коннектов, уменьшается время ответа сервиса.



Threads-20

Maximum pool size-12

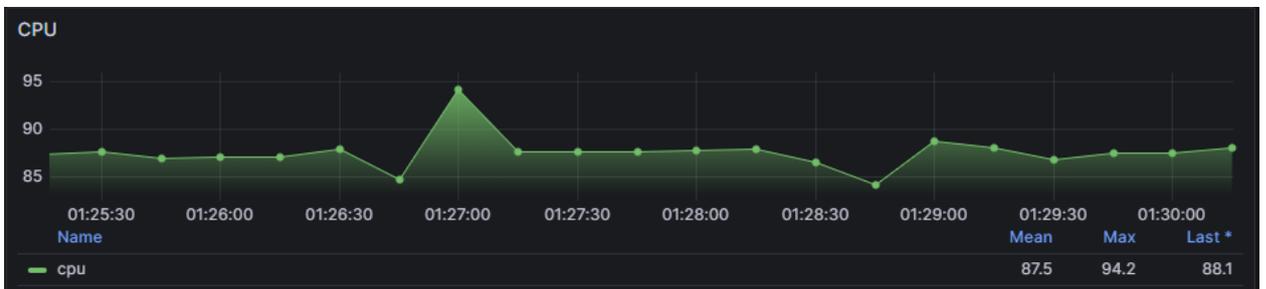
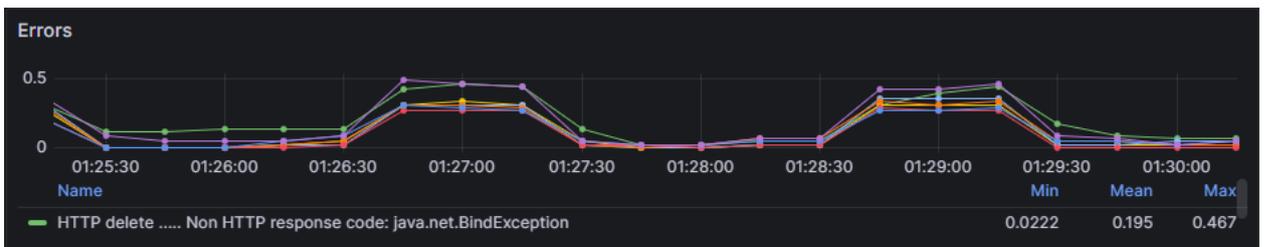
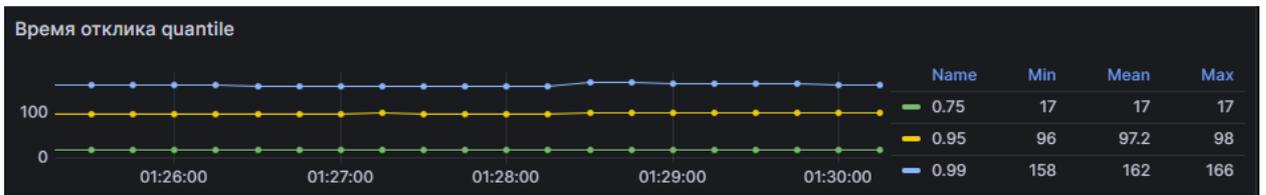
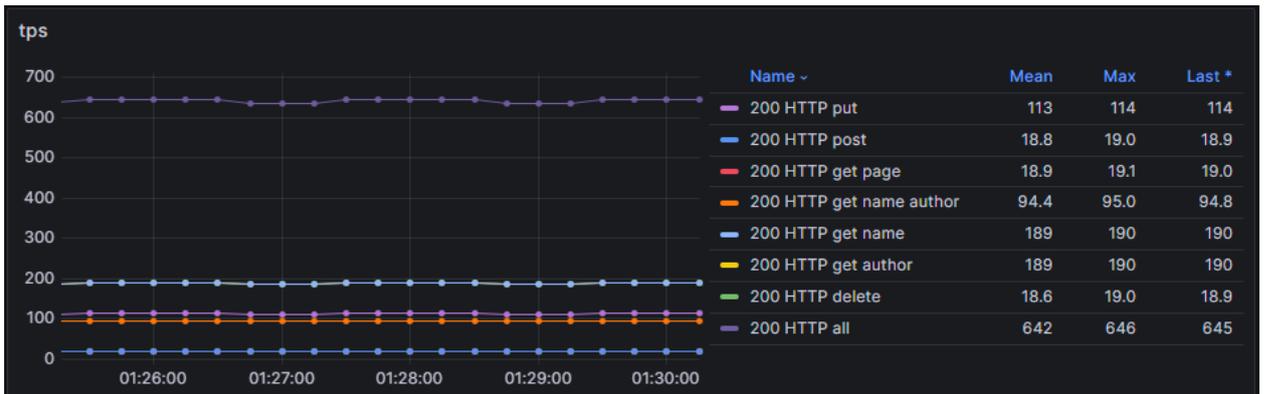
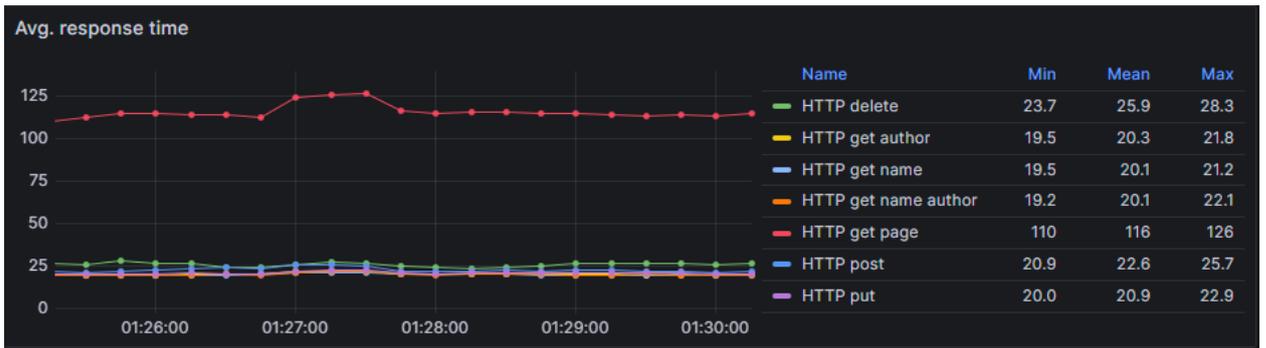
tps-N19



Threads-40

Maximum pool size-24

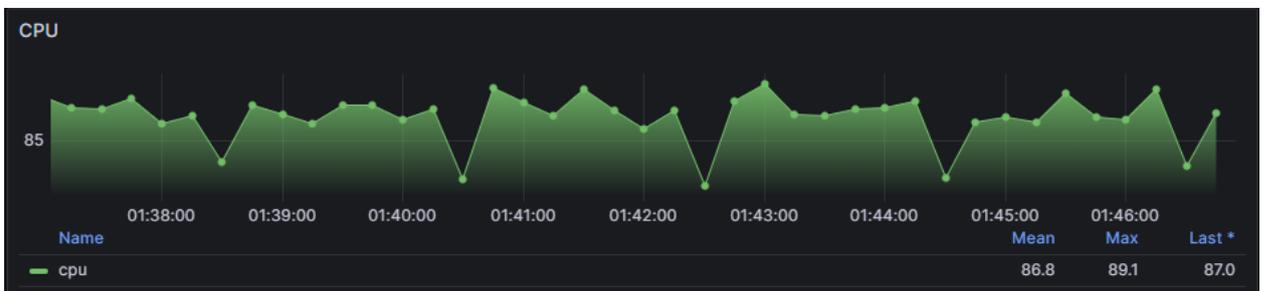
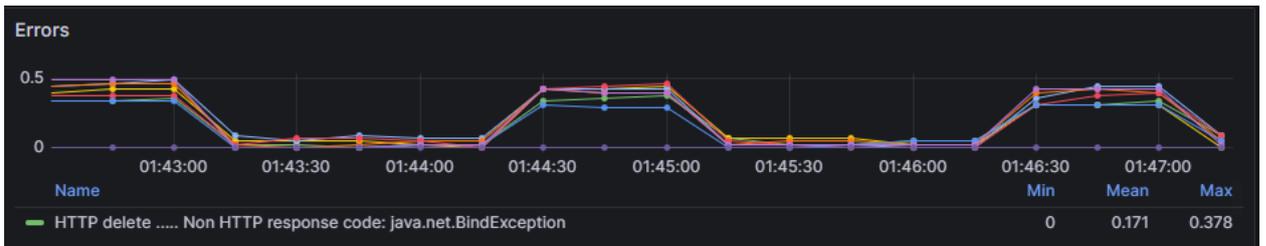
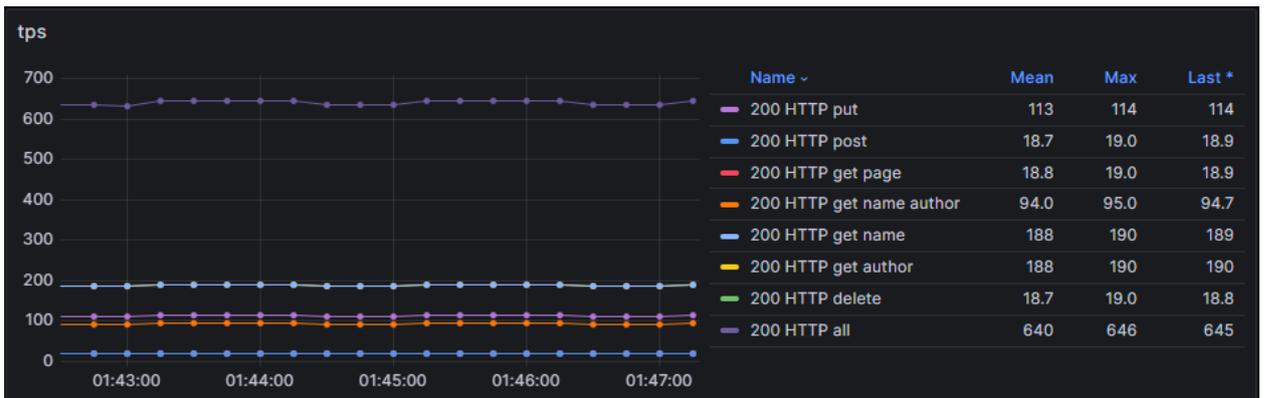
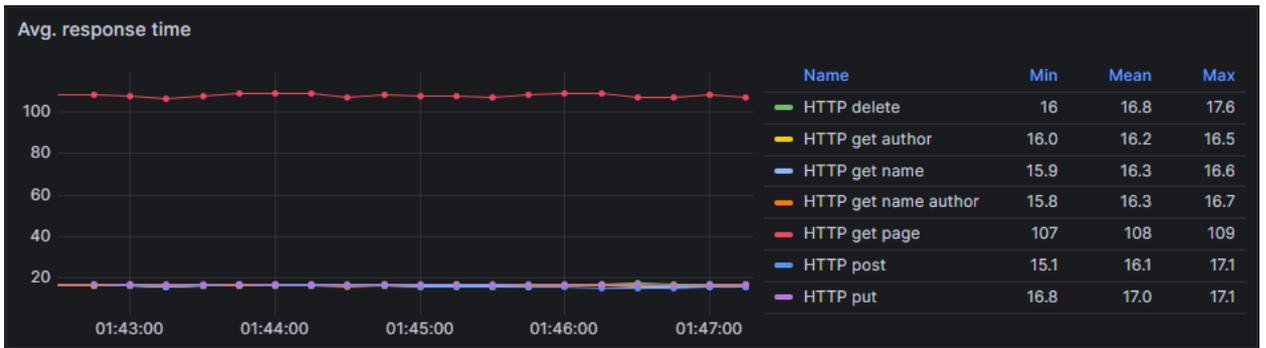
tps-N19



Threads-80

Maximum pool size-48

tps-N19

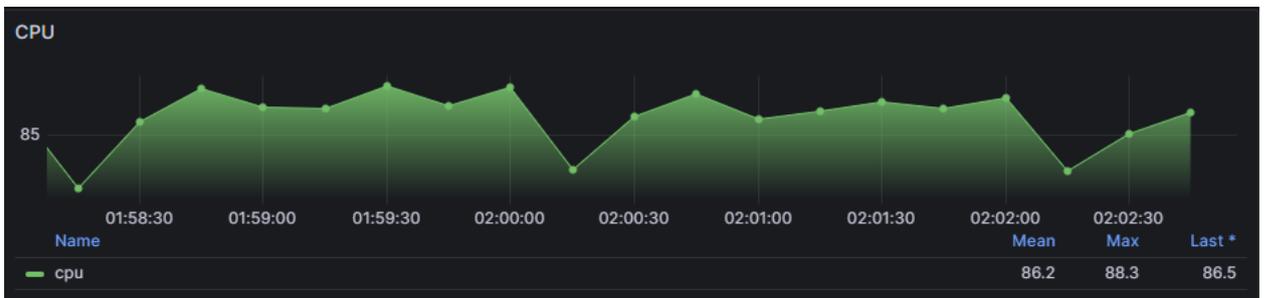
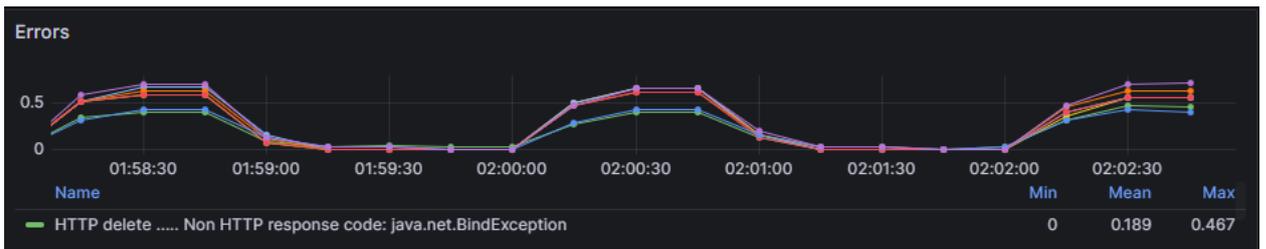
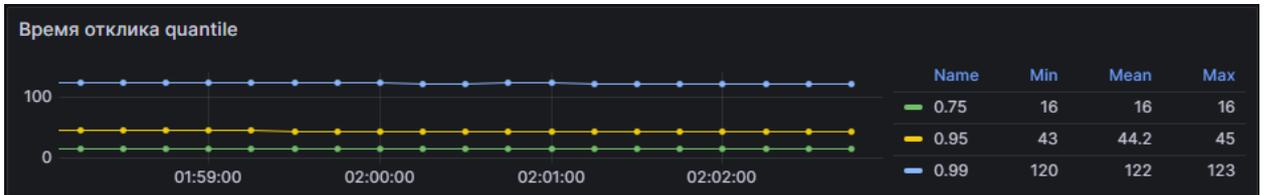
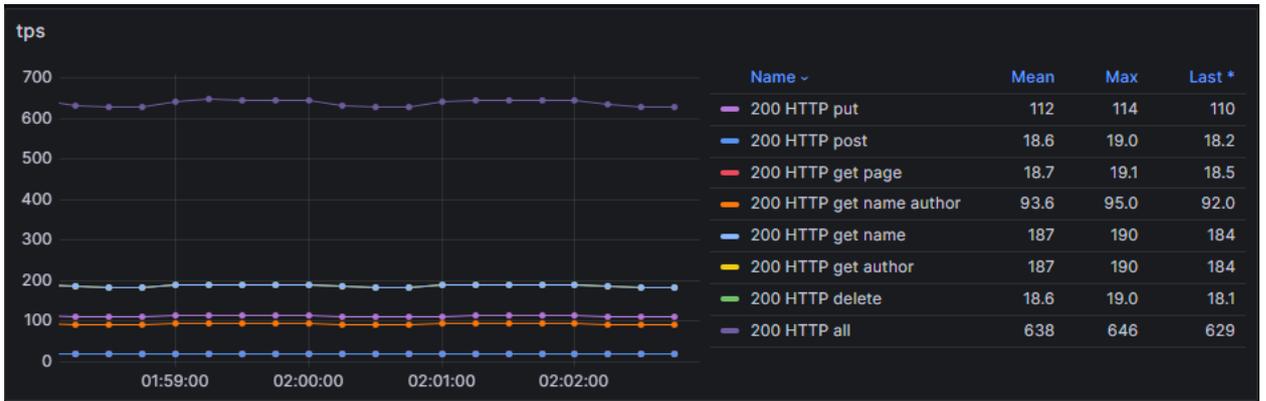
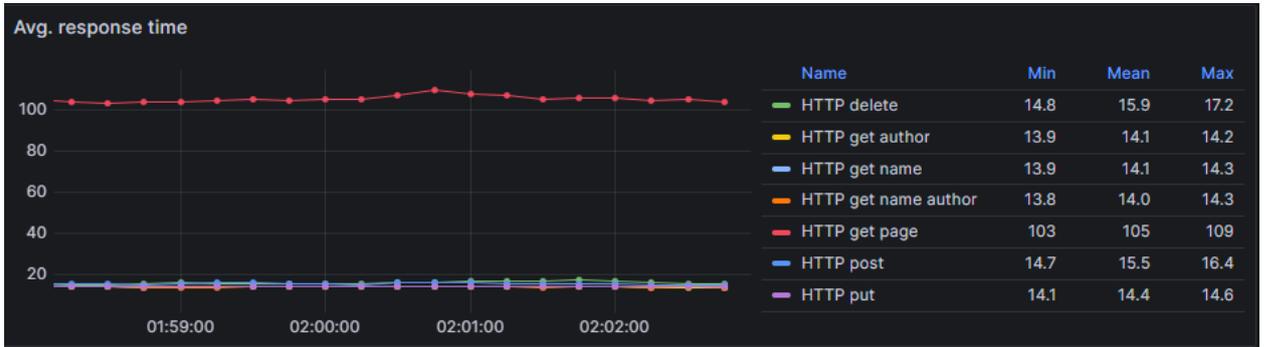


Threads-160

Maximum pool size-96

tps-N19

Рост незначителен.

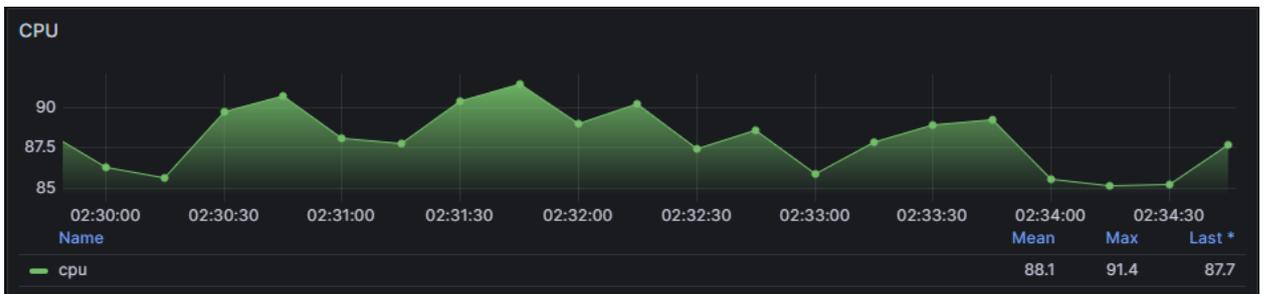
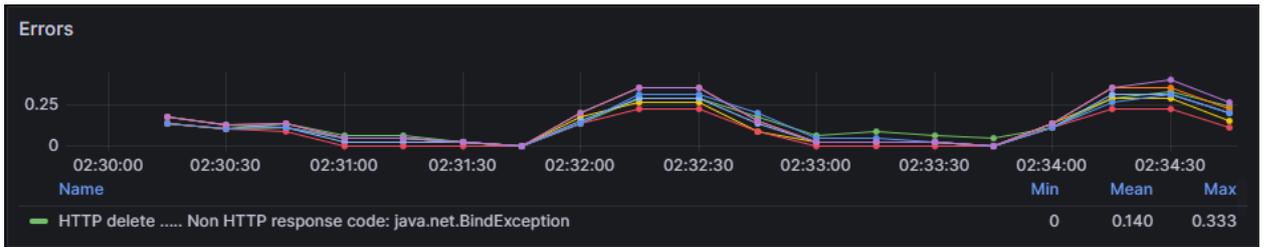
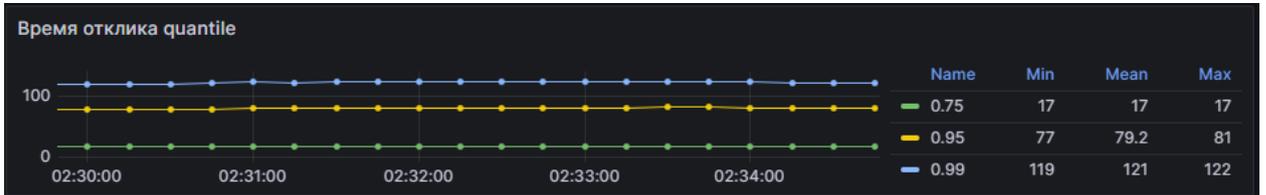
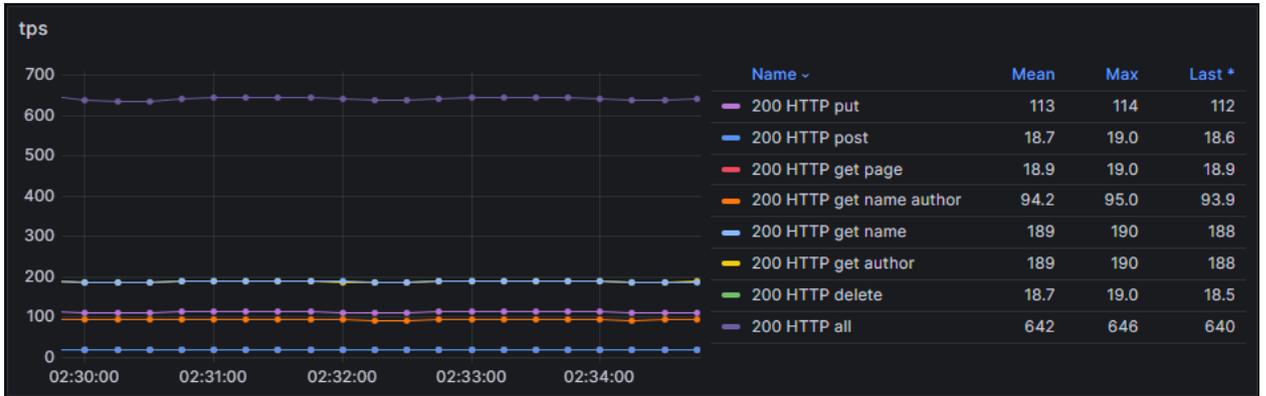


Threads-80

Maximum pool size-3

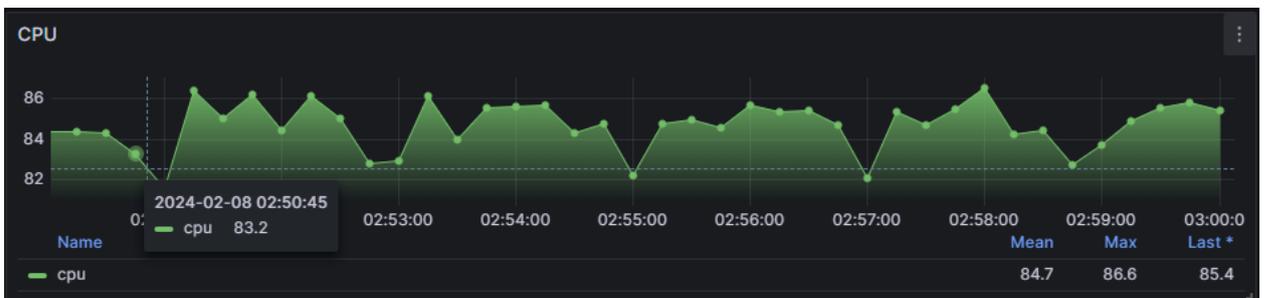
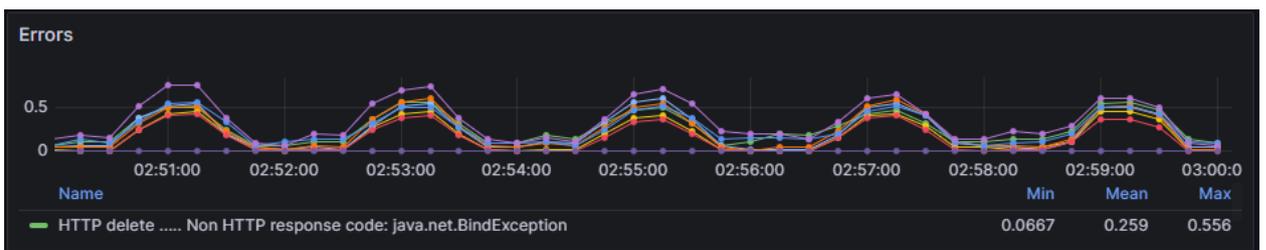
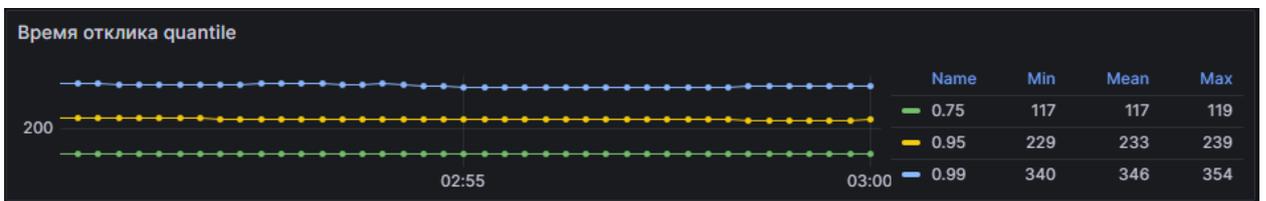
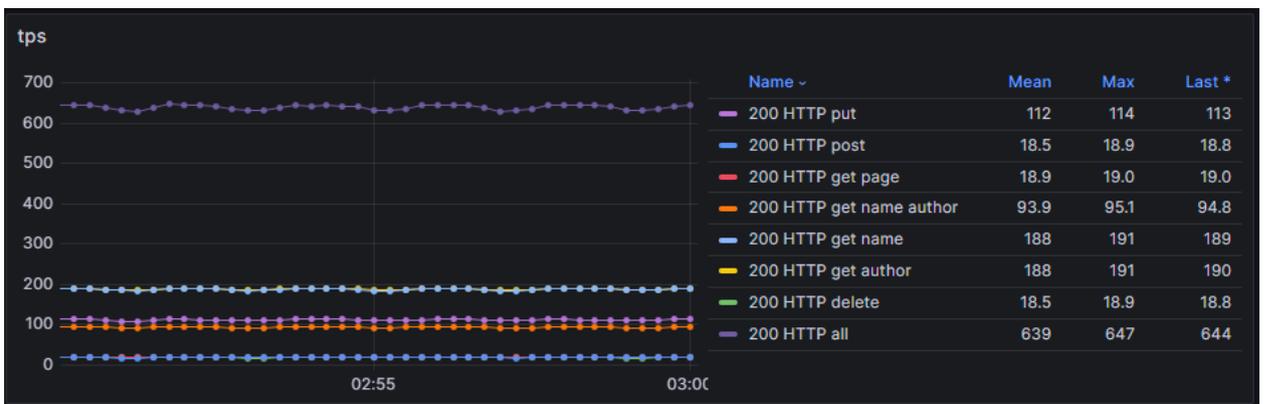
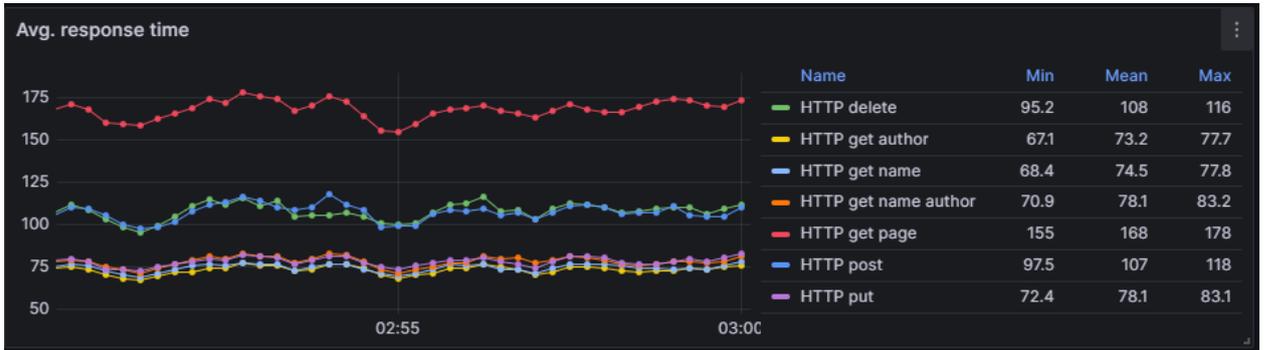
tps-N19

Примерное оптимальное количество потоков и коннектов.



Threads-5 Maximum pool size-48 tps-N19

Времена ответов заметно больше.



Инструменты тестирования

Нагрузка будет производиться инструментом JMeter версии 5.6.2

Данные теста будут записываться в Prometheus.

Для визуализации будет использоваться Grafana.

Мониторинг сервиса, базы данных и тестового стенда будет осуществляться при помощи Prometheus-Grafana.

Статистика выполнения операторов SQL будет отслеживаться с помощью модуля «pg_stat_statements»

Тестовый стенд

Выпуск Windows

Windows 10 Pro

© Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). Все права защищены.



Система

Процессор: AMD Ryzen 5 3500X 6-Core Processor 3.59 GHz
Установленная память (ОЗУ): 32,0 ГБ
Тип системы: 64-разрядная операционная система, процессор x64

Manufacturer	MaxClockSpeed	Name	NumberOfCores	NumberOfLogicalProcessors
AuthenticAMD	3593	AMD Ryzen 5 3500X 6-Core Processor	6	6
Capacity	Manufacturer	PartNumber	Speed	
17179869184	Unknown	R9S416G3206U2S	2400	
17179869184	Unknown	R9S416G3206U2S	2400	
Manufacturer	Model	TotalPhysicalMemory		
To Be Filled By O.E.M.	To Be Filled By O.E.M.	34287579136		
InterfaceType	Model	Size		
SCSI	Apacer AS2280P2 120GB	120031511040		
IDE	Apacer AS350 128GB	128034708480		
IDE	Samsung SSD 860 EVO 250GB	250056737280		

Тестируемый сервис, база данных и инструменты тестирования установлены локально.