

### Дополнительные замечания

- 1) Добавлена задержка при открытии входа для новых посетителей для учета того, что это открытие происходит не моментально, а также для обеспечения достоверности того факта, что зал ожидания успеет разгрузиться перед новым открытием
- 2) Эмпирическое распределение, используемое на предыдущем этапе, было аппроксимировано с помощью гамма-функции.
- 3) Расчет доверительного интервала критерия эффективности при запуске в систему  $N$  заявок происходит следующим образом:
  - a. Система запускается 5 раз с количеством заявок, равным  $N$ , сохраняются полученные значения коэффициентов эффективности
  - b. С использованием библиотек `scipy` и `numpy` рассчитывается математическое ожидание и величина доверительного интервала при помощи  $T$ -распределения Стьюдента
  - c. Полученное математическое ожидание усредняется с учетом предыдущих запусков системы, в которых количество заявок было соответственно равно  $N-K$ ,  $N-2K$ ,  $N-3K$ ,  $N-4K$ , где  $K$  - некоторый шаг, с которым производится поиск оптимального числа заявок. В результате данного этапа получаем усредненное математическое ожидание коэффициента эффективности, а также ширину доверительного интервала относительно результатов запуска системы с  $N$ ,  $N-K$ ,  $N-2K$ ,  $N-3K$ ,  $N-4K$ , заявками (расчет производится так же, как и на этапе a)
  - d. Результирующая ширина доверительного интервала в процентах получается суммированием ширины доверительного интервала, полученной при пятикратном запуске системы с количеством заявок, равным  $N$  с шириной доверительного интервала, полученной при запуске системы с количеством заявок  $N$ ,  $N-K$ ,  $N-2K$ ,  $N-3K$ ,  $N-4K$ , и делением полученной суммы на математическое ожидание коэффициента эффективности, вычисленное при усреднении значений, полученных при запуске системы с количеством заявок, равным  $N$ ,  $N-K$ ,  $N-2K$ ,  $N-3K$ ,  $N-4K$ .

Сценарии работы модели

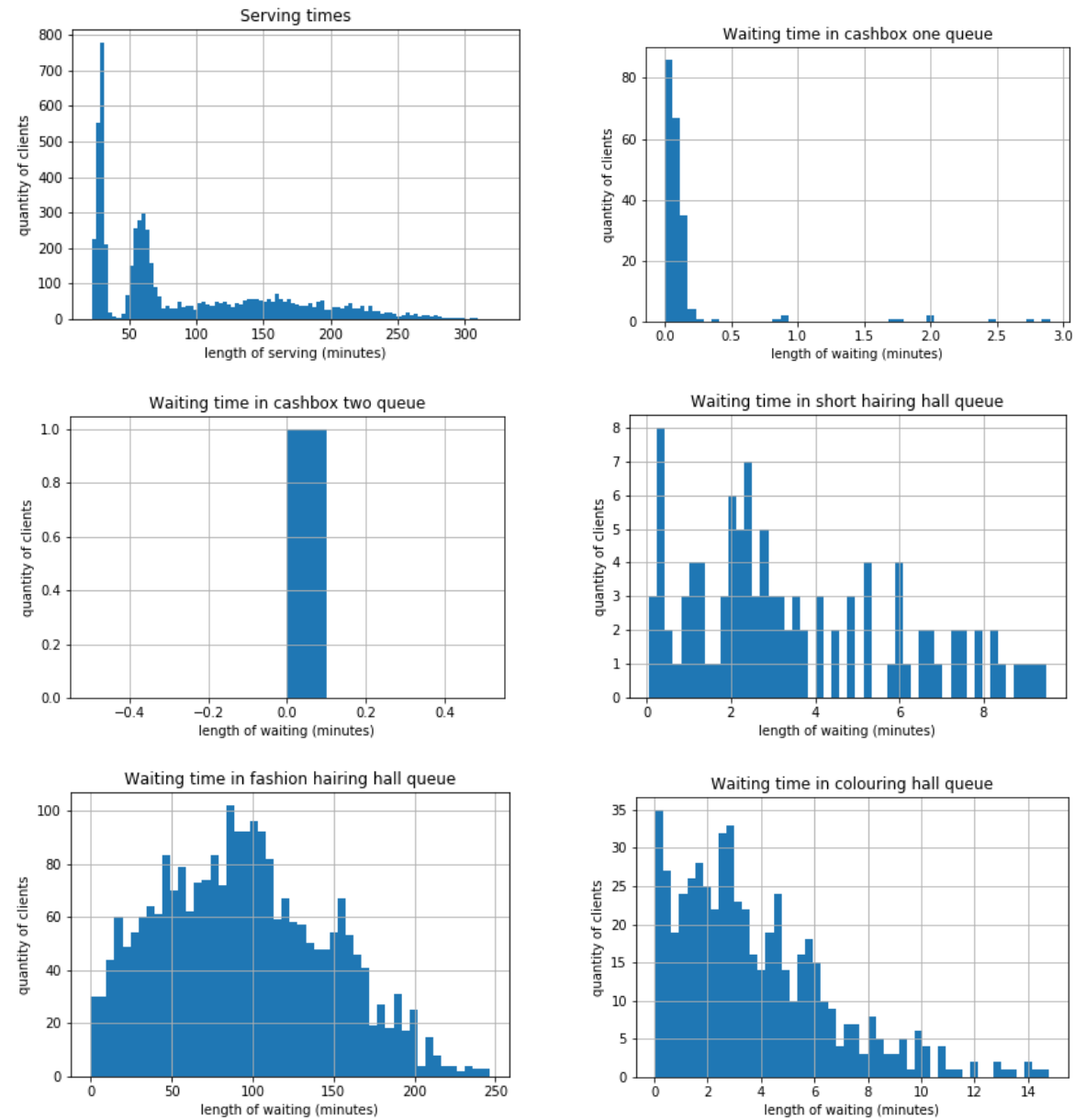
Обычный режим работы

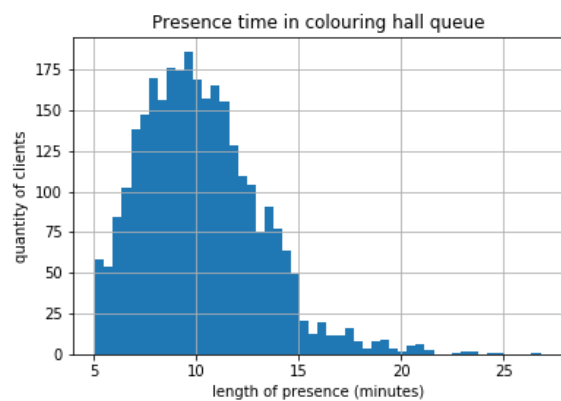
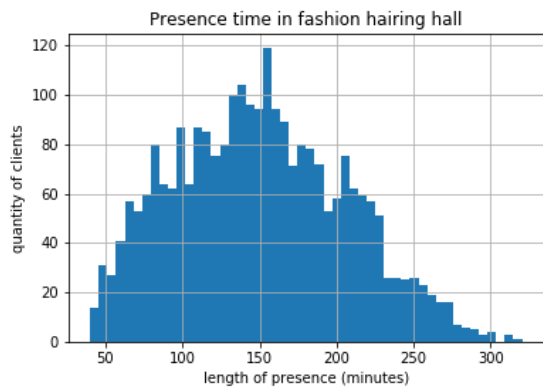
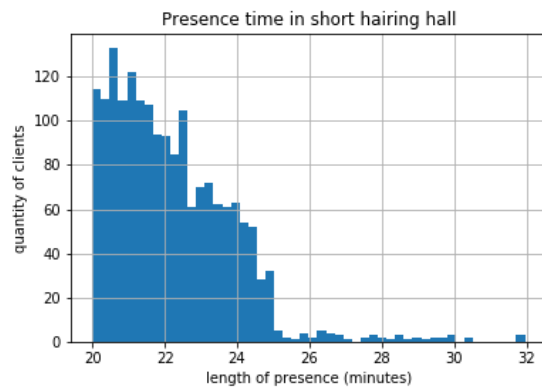
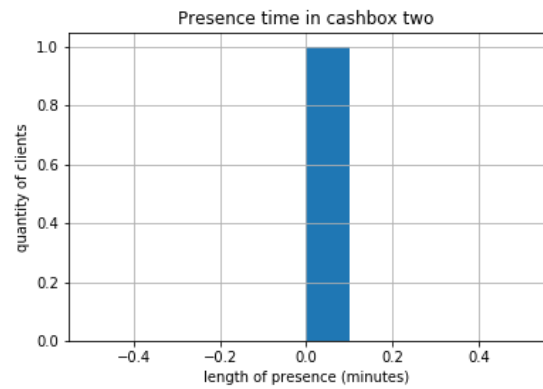
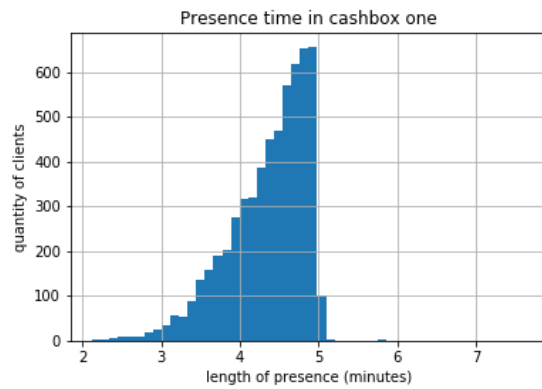
Поиск оптимального числа заявок

number of clients	interval width (%)	efficiency criterion
5500	6.0635	33.4395 ± 2.0276
5600	4.6881	34.6189 ± 1.6230
5700	4.0890	33.5378 ± 1.3714
5800	8.0270	34.1508 ± 2.7413
5900	5.8752	35.1945 ± 2.0678
6000	6.8349	33.3783 ± 2.2814
6100	6.8719	33.4548 ± 2.2990
6200	3.7946	34.0274 ± 1.2912
6300	4.6896	34.5365 ± 1.6196
6400	3.7223	33.3876 ± 1.2428

Optimal number of clients is 6200

Измеренные характеристики системы при оптимальном числе клиентов





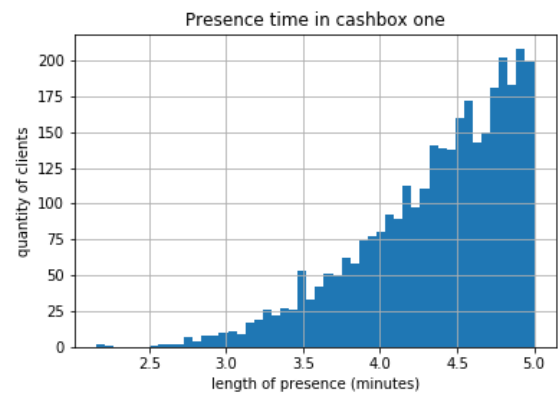
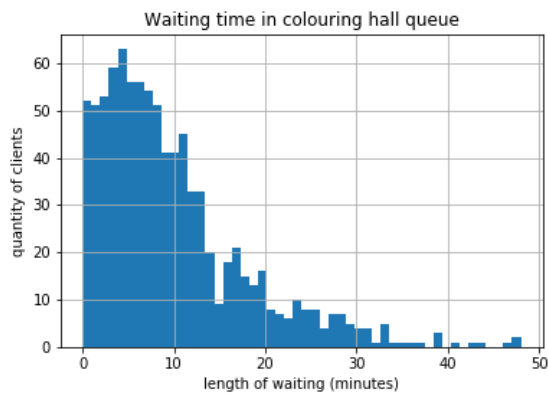
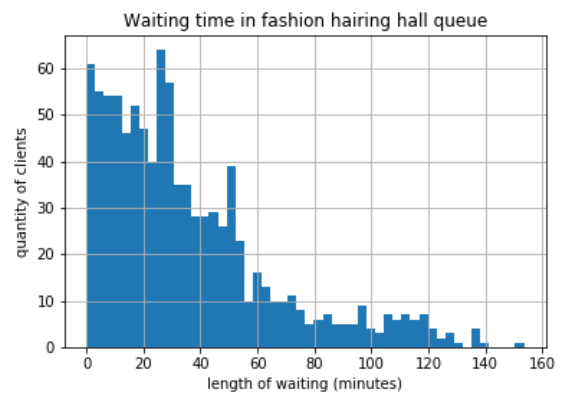
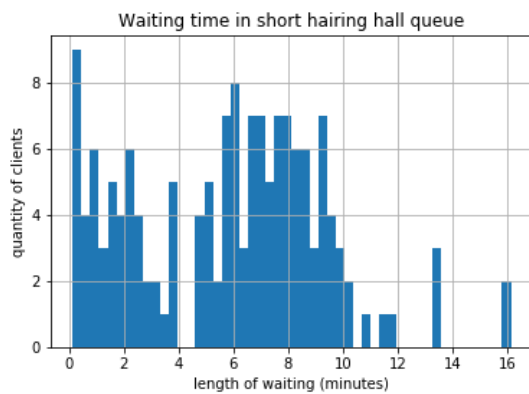
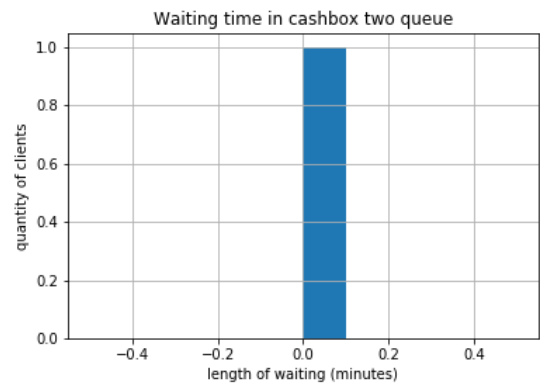
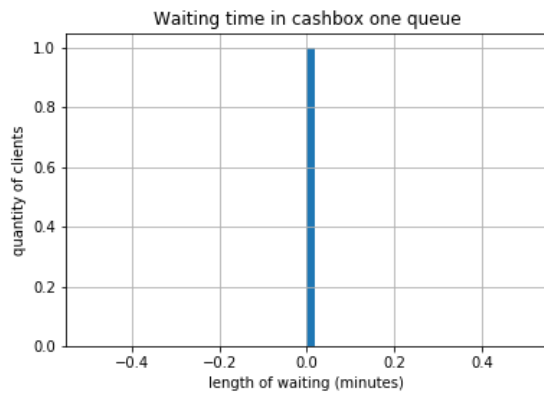
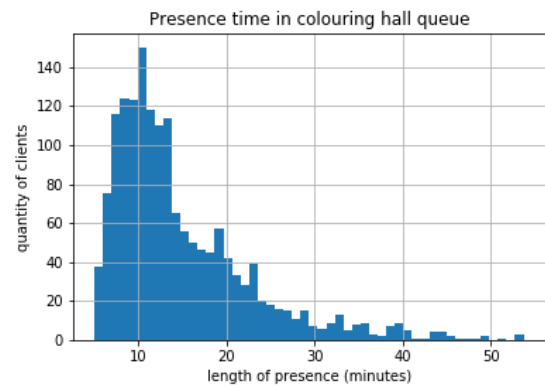
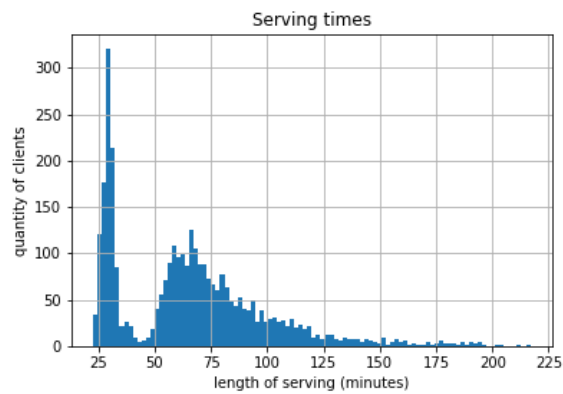
Режим работы во время эпидемии гриппа: 3 парикмахера заболели, по одному из каждого зала, интервал между посетителями увеличился в 1.5 раза.

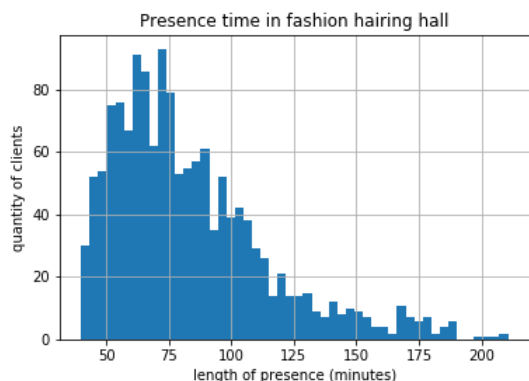
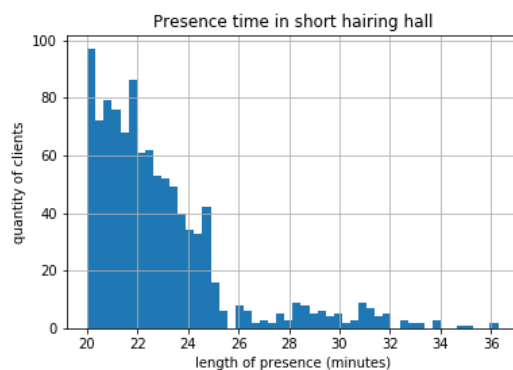
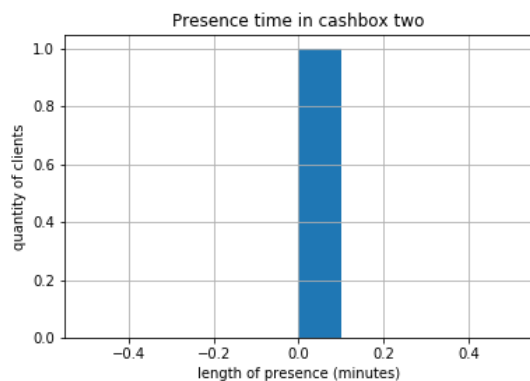
*Поиск оптимального числа заявок*

number of clients	interval width (%)	efficiency criterion
3000	4.2692	33.1622 ± 1.4158
3100	3.6132	33.8246 ± 1.2221
3200	5.3429	33.0615 ± 1.7664
3300	3.4134	34.0194 ± 1.1612
3400	2.7694	33.5984 ± 0.9305
3500	4.7767	33.6798 ± 1.6088

Optimal number of clients is 3300

*Измеренные характеристики системы при оптимальном числе клиентов*





Режим работы в разгар лета: 3 парикмахера ушли в отпуск, по одному из каждого зала, интервал между посетителями уменьшился на 30%.

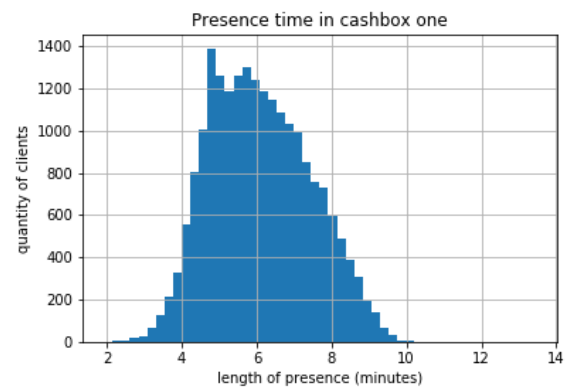
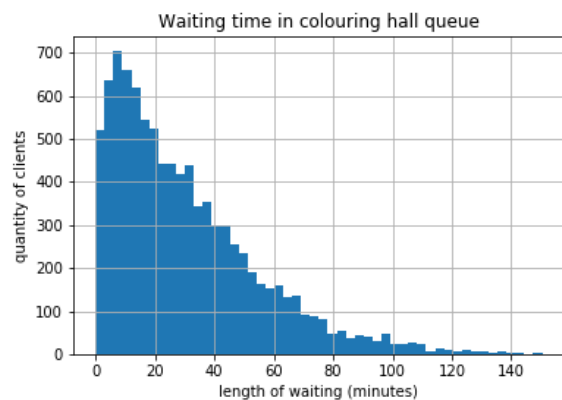
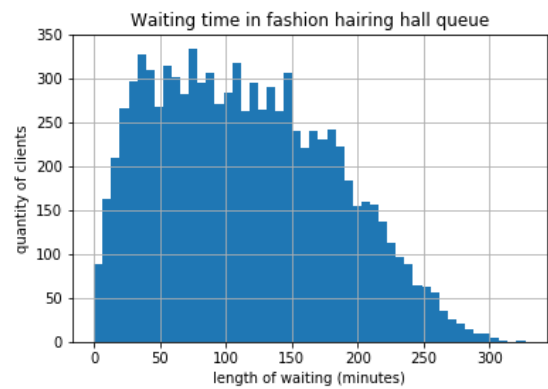
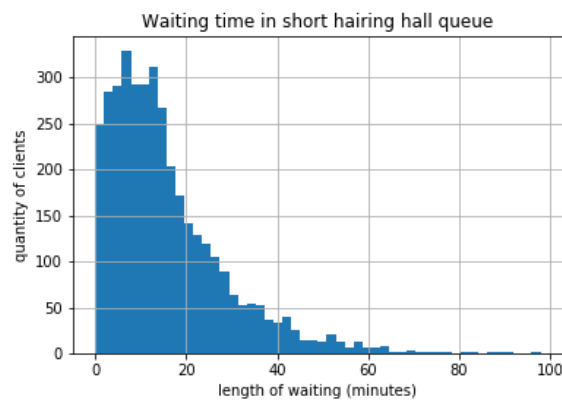
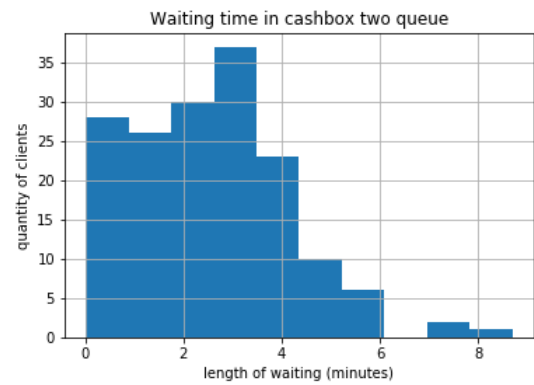
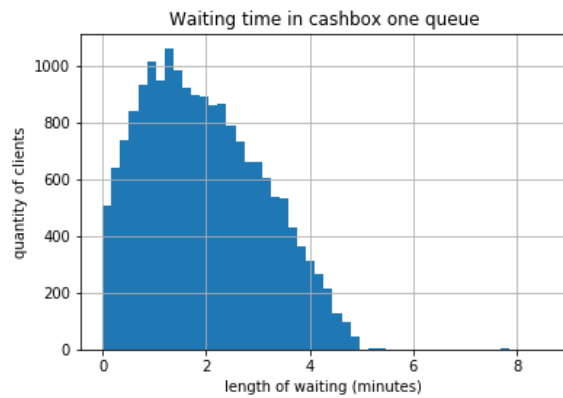
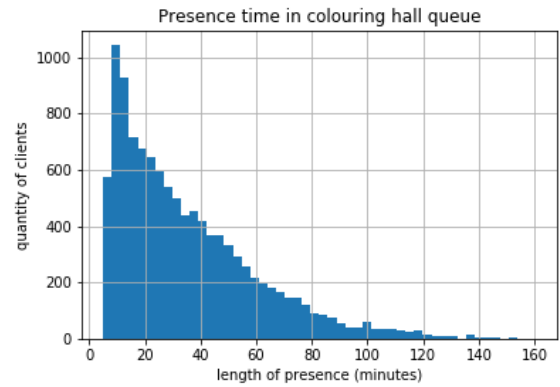
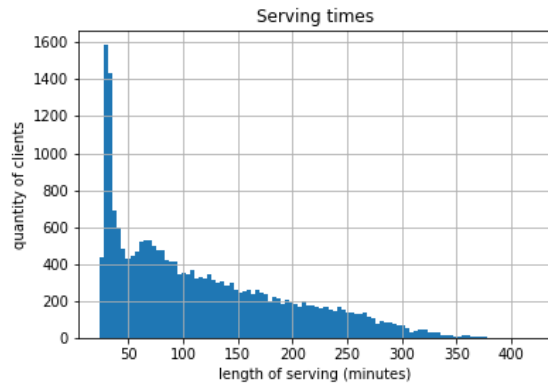
#### Поиск оптимального числа заявок

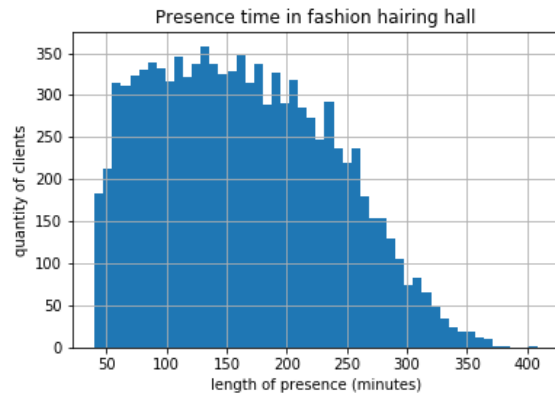
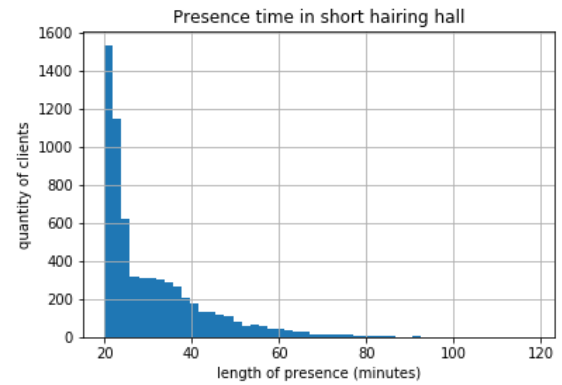
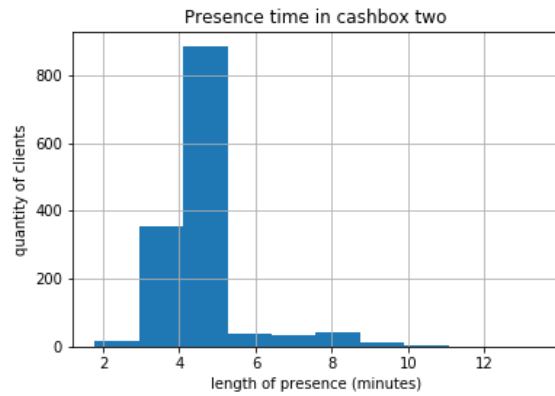
number of clients	interval width (%)	efficiency criterion
-----		
3000	20.7462	18.2746 ± 3.7913
3100	20.1571	18.1064 ± 3.6497
5000	8.9720	17.3493 ± 1.5566
5100	10.2057	17.8869 ± 1.8255
5200	11.6641	16.5774 ± 1.9336
5300	16.6203	16.8946 ± 2.8079
5400	10.3480	17.7466 ± 1.8364
5500	11.5326	18.1267 ± 2.0905
7000	9.4263	18.3037 ± 1.7254
7100	13.1935	18.2914 ± 2.4133
7200	10.4200	18.4799 ± 1.9256
10000	7.4065	18.0783 ± 1.3390
10100	13.2020	17.6059 ± 2.3243
10200	12.6470	18.0992 ± 2.2890
10300	5.6850	18.7040 ± 1.0633
10400	13.1255	17.5835 ± 2.3079

10500	9.5163	17.6184 ± 1.6766
20000	13.3549	18.2895 ± 2.4425
20100	9.3674	18.1265 ± 1.6980
25000	8.2466	18.0026 ± 1.4846
25100	5.3658	18.2404 ± 0.9788
31250	4.2431	17.7361 ± 0.7526
31500	5.2997	18.6601 ± 0.9889
31750	4.4788	18.6077 ± 0.8334
32000	7.4289	18.0245 ± 1.3390
32250	9.2563	17.3545 ± 1.6064
32500	7.6549	17.9321 ± 1.3727
61250	3.6824	18.5151 ± 0.6818
61500	2.2746	18.5766 ± 0.4225
61750	5.6559	18.3723 ± 1.0391
62000	4.2760	18.1464 ± 0.7759
62250	2.5097	18.6183 ± 0.4673
62500	5.1572	18.5216 ± 0.9552
62750	4.9001	17.8839 ± 0.8763
63000	3.8539	18.6843 ± 0.7201
63250	4.9366	18.0637 ± 0.8917

Optimal number of clients is 62750

## Измеренные характеристики системы при оптимальном числе клиентов





Режим работы в случае образования повышенного количества модников: доля заявок на стрижку под одну насадку снижена с 0.30 до 0.15; доля заявок, требующих модельную стрижку увеличена с 0.45 до 0.60.

#### Поиск оптимального числа заявок

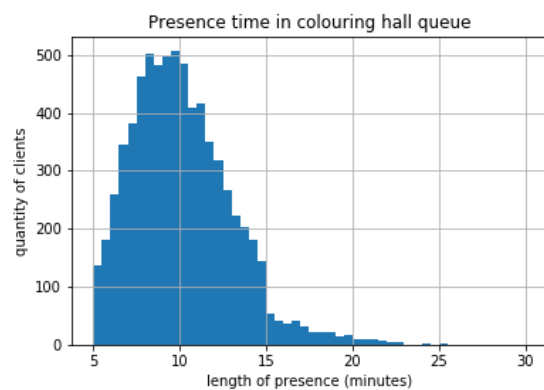
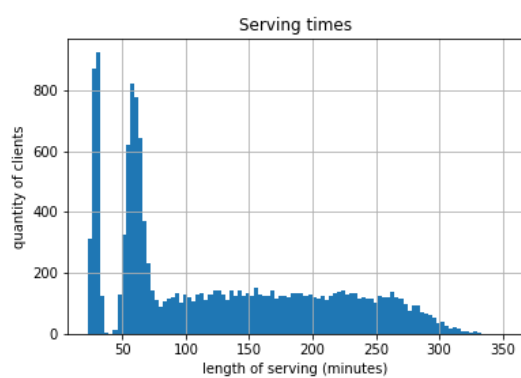
number of clients	interval width (%)	efficiency criterion
-----		
3000	5.2651	17.8285 ± 0.9387
3100	12.9264	17.4162 ± 2.2513
3200	8.5325	18.2032 ± 1.5532
3300	9.9808	16.4352 ± 1.6404
3400	14.2154	16.9418 ± 2.4083
3500	12.7466	18.4998 ± 2.3581
6000	8.0882	17.3188 ± 1.4008
6100	4.7593	18.0748 ± 0.8602
6200	13.6645	18.6536 ± 2.5489
6300	11.3666	17.7266 ± 2.0149
6400	10.0514	17.8764 ± 1.7968
6500	7.4623	18.6127 ± 1.3889
6600	6.8202	17.5608 ± 1.1977
6700	7.4759	18.4870 ± 1.3821
6800	7.4180	18.5020 ± 1.3725

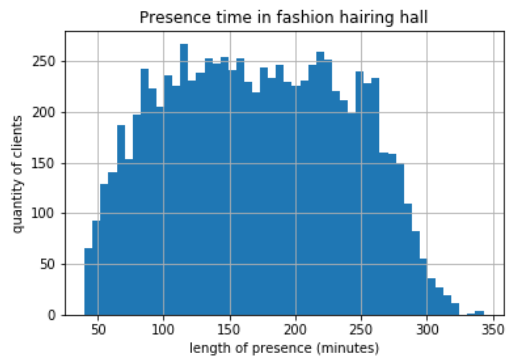
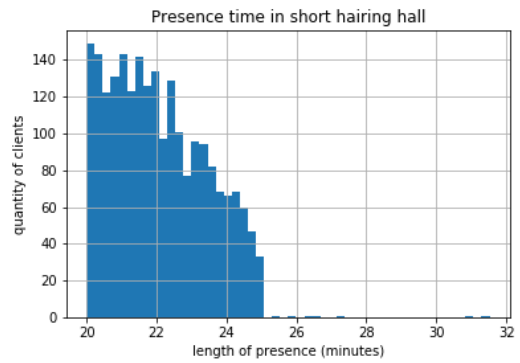
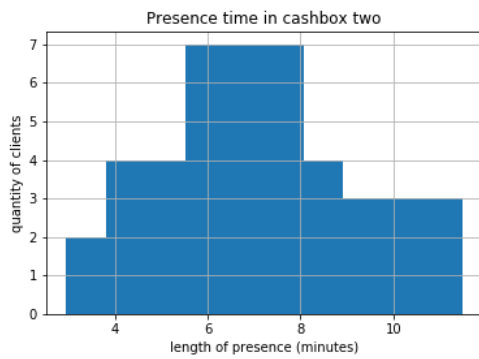
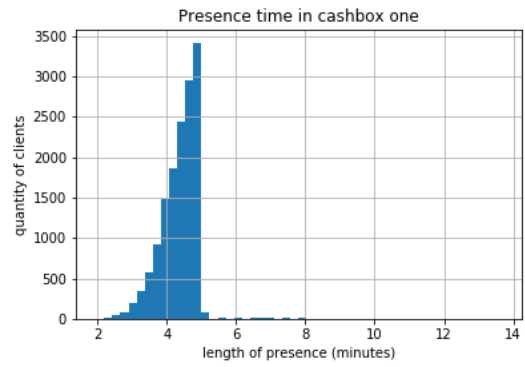
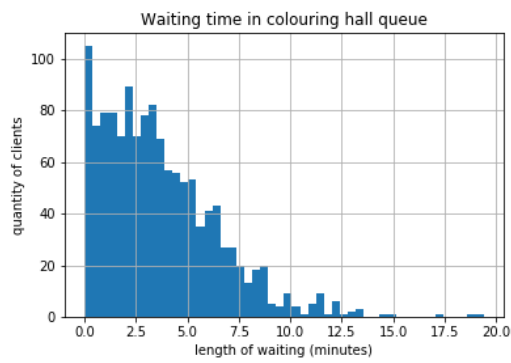
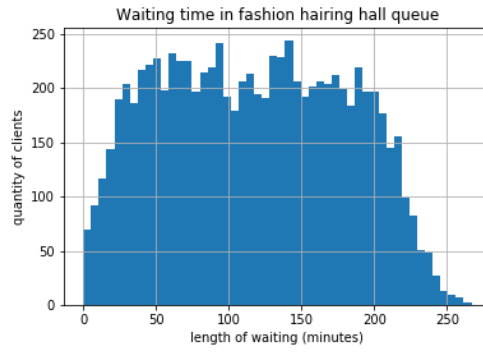
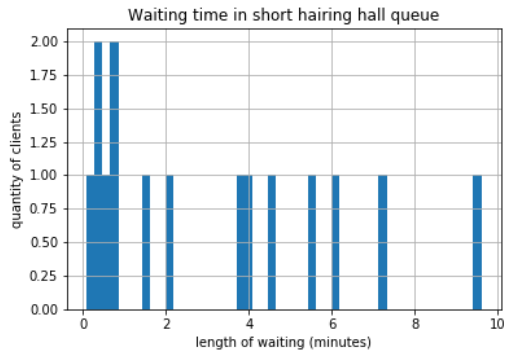
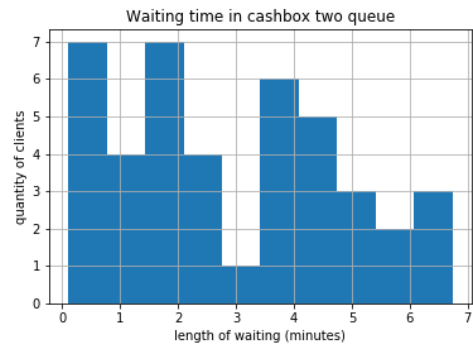
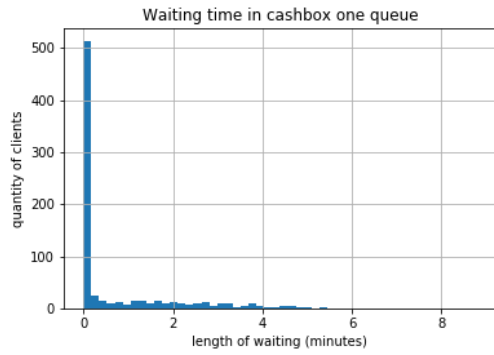


10000		5.0245		17.8445 ± 0.8966
10100		5.3053		18.3432 ± 0.9732
10200		3.9081		18.6175 ± 0.7276
10300		8.0052		18.0538 ± 1.4452
10400		8.1634		17.8992 ± 1.4612
10500		5.4792		18.5270 ± 1.0151
10600		7.8271		18.8564 ± 1.4759
10700		3.8935		18.3663 ± 0.7151
10800		5.5459		18.4413 ± 1.0227
10900		5.6793		18.1924 ± 1.0332
15000		5.9441		18.6859 ± 1.1107
15100		5.4004		18.5546 ± 1.0020
15200		5.0974		18.3401 ± 0.9349
15300		6.6393		18.3915 ± 1.2211
15400		4.2194		18.2298 ± 0.7692
15500		2.7368		18.6355 ± 0.5100
15600		5.6867		18.7816 ± 1.0680
15700		4.0901		18.9797 ± 0.7763
15800		7.3974		18.6054 ± 1.3763
15900		9.1174		18.7630 ± 1.7107
25000		6.7003		18.2818 ± 1.2249
25100		3.3734		18.7770 ± 0.6334
25200		4.0850		18.8018 ± 0.7680
25300		3.8377		18.8195 ± 0.7222

Optimal number of clients is 25100

### *Измеренные характеристики системы при оптимальном числе клиентов*





## Некоторые обобщения

### *Анализ полученных данных*

Так, в соответствии с тем, что в период эпидемии гриппа коэффициент эффективности системы снизился всего на 0.1 %, можно сделать вывод, что следует рассмотреть сокращение количества работающих мастеров – однако следует учитывать тот факт, что в период эпидемии снизился поток заявок в предприятие – это говорит о том, что увольнение сразу нескольких людей может негативно сказаться на работе системы.

Более того, средняя длина очереди во вторую кассу во всех случаях не превышает одного человека, а интенсивность входного потока заявок в первую кассу в среднем на 25 % меньше интенсивности обслуживания – отсюда можно сделать вывод о том, что во втором кассире отсутствует особая необходимость.

При моделировании режима работы при повышенном количестве модников коэффициент эффективности резко упал на 45 %, а вероятность потери клиента возросла более чем в 7 раз. Это говорит о том, что следует проводить мониторинг классов поступающих заявок и рассмотреть стратегию перераспределения мастеров по залам в периоды повышенного потока желающих модную стрижку.

Во время моделировании работы парикмахерской летом коэффициент эффективности также снизился более чем на 45 % по сравнению с максимальным значением, а вероятность потери клиента возросла более чем в 11 раз, что указывает на невысокую эффективность работы кассира при условиях повышенного потока клиентов. Помимо всего прочего полученные результаты, в частности, повышенные времена ожиданий в очередях, говорят о том, что, либо не следует предоставлять отпуск сразу нескольким мастерам, по крайней мере, в период повышенного потока клиентов, либо на периоды их отсутствия нанимать каких-либо других мастеров, согласных на временную работу. Также следует рассмотреть стратегию перераспределения мастеров по залам в периоды непредвиденного отсутствия двух и более работников.

*Обобщающая таблица характеристик системы для разных сценариев работы при оптимальном числе заявок*

	Обычный режим	Период эпидемии	Летний период	Повышенное число модников
Average cashbox one queue length	1.000000	1.000000	1.049582	1.000545
Average cashbox two queue length	1.000000	0.000000	1.000000	1.000000
Average short hairing queue length	1.004449	1.012393	1.587058	1.000447
Average fashion hairing queue length	7.796621	2.377376	7.349668	9.435068
Average colouring queue length	1.046305	1.315251	3.359909	1.045177
Cashbox one input intensity	0.189957	0.132391	0.201974	0.177511
Cashbox two input intensity	0.060121	0.000000	0.109073	0.066453
Short hairing hall input intensity	0.100061	0.070771	0.216079	0.063206
Fashion hairing hall input intensity	0.125173	0.085672	0.361698	0.150223
Colouring hall input intensity	0.584678	0.348231	0.714066	0.864544
Review desk input intensity	1.560285	1.593569	1.406799	162.941138
Average cashbox one waiting time	0.159993	0.000000	1.960015	0.758964
Average cashbox two waiting time	0.000000	0.000000	2.564269	2.951080
Average short hairing waiting time	3.468677	5.793693	15.752023	3.151969
Average fashion hairing waiting time	94.999977	35.470946	115.162002	116.952828
Average colouring waiting time	3.751529	9.840127	30.490369	3.671648
Average cashbox one presence time	4.363492	4.356536	6.097309	4.392072
Average cashbox two presence time	0.000000	0.000000	4.627210	7.101309
Average short hairing presence time	22.195015	22.921981	31.087208	22.091295
Average fashion hairing presence time	150.268871	83.482217	164.249811	171.227737
Average colouring presence time	10.252613	14.877537	35.408044	10.163618
Average cashbox one service intensity	0.233011	0.233051	0.233148	0.233366
Average cashbox two service intensity	0.000000	0.000000	0.234984	0.237466
Average short hairing service intensity	0.045637	0.045482	0.045572	0.045477
Average fashion hairing service intensity	0.017158	0.017306	0.017140	0.017076
Average colouring service intensity	0.111338	0.112324	0.112925	0.112192
Average review desk service intensity	0.269068	0.267748	0.269286	0.269318
Losing review probability	0.358548	0.290303	0.115044	0.187849
Losing client probability	0.057258	0.000000	0.645976	0.416932
<b>Efficiency criterion</b>	<b>34.0274 ± 1.2912</b>	<b>34.0194 ± 1.1612</b>	<b>17.8839 ± 0.8763</b>	<b>18.7770 ± 0.6334</b>