

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»

ОТЧЕТ

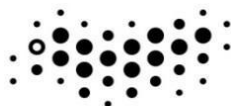
по учебно-исследовательской работе №3
«Исследование СМО произвольного вида»
по дисциплине «**Моделирование**»
Вариант 51/1

Авторы: Кулаков Н. В.

Факультет: ПИиКТ

Группа: Р34312

Преподаватель: Алиев Т.И



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург 2023

Содержание

1. Постановка задачи.....	3
2. Выполнение.....	3
2.1. Начальные данные.....	3
2.2. Скорректированная имитационная модель.....	4
2.2.1. Построение.....	4
2.2.2. Сравнение полученных результатов с УИР2.....	6
2.3. Исследования.....	6
2.3.1. Влияние коэффициента загрузки на длительность переходного процесса.....	7
2.3.1.1. Изменение средней длительности обслуживания заявок.....	7
2.3.1.2. Изменение среднего интервала между заявками.....	10
2.3.1.3. Итоги.....	12
2.3.2. Влияние закона входящего потока на среднее время ожидания, среднее время пребывания заявок в системе и вероятность потерь.....	12
2.3.3. Влияние закона обслуживания на среднее время ожидания, среднее время пребывания заявок в системе и вероятность потерь.....	17
2.3.4. Влияние емкости накопителя на среднее время ожидания, среднее время пребывания заявок в системе и вероятность потерь.....	21
3. Выводы.....	25

1. Постановка задачи

Исследование свойств простейших одно- и многоканальных СМО типа G/G/K/E с однородным потоком заявок с использованием системы имитационного моделирования GPSS при различных предположениях о параметрах структурно-функциональной организации и нагрузки в соответствии с заданной программой исследований.

2. Выполнение

2.1. Начальные данные

В качестве исходной модели воспользуюсь наилучшей моделью из УИР 2:

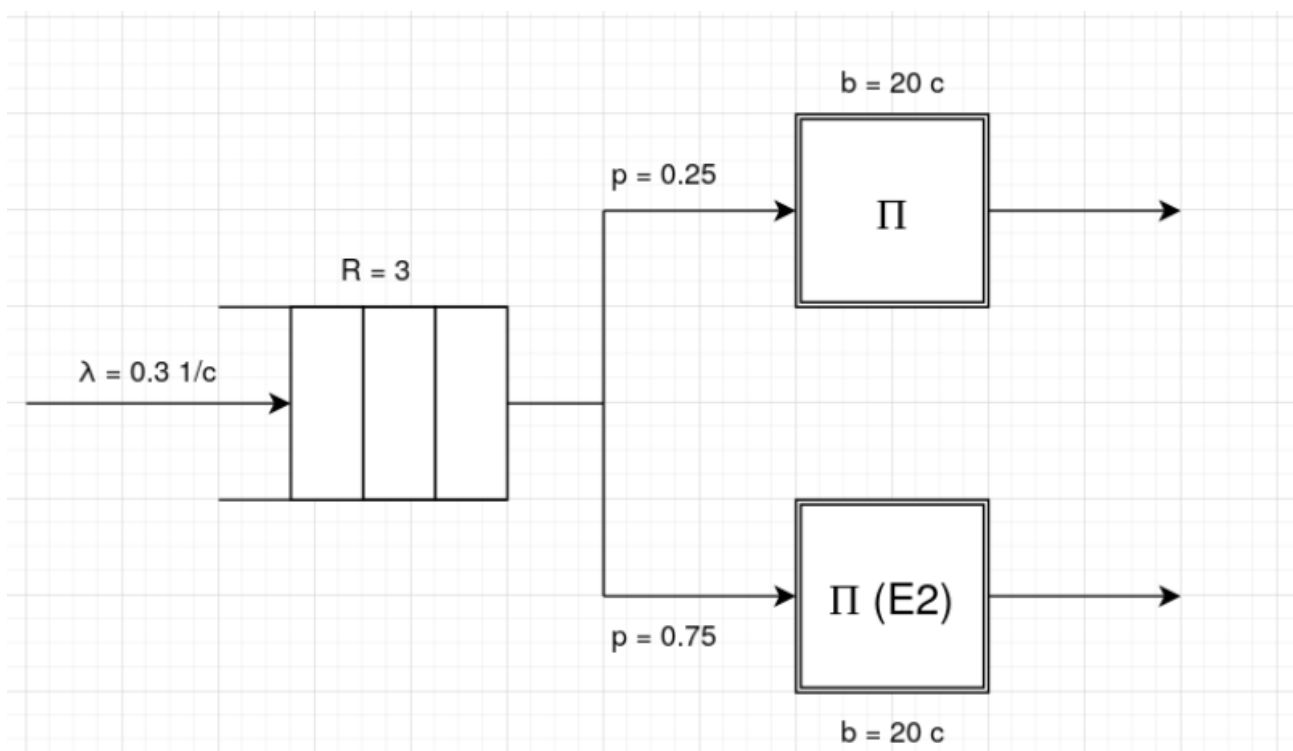


Рисунок 1: Лучшая модель из УИР 2 (система 1)

Второй прибор имеет распределение Эрланга 2-ого порядка.

Параметры входящего потока заявок, полученные в процессе обработки случайной последовательности в УИР 1:

- Среднее значение потока сгенерированной последовательности: 24.013
- Коэффициент вариации интервалов входящего: 1.615

2.2. Скорректированная имитационная модель

2.2.1. Построение

Модель не является простой многоканальной, так как имеет приборы, времена обслуживания которых распределены по разным законам. Поэтому, используем STORAGE как семафор, который блокирует транзакты на входе, если все приборы внутри заняты (значение STORAGE равняется максимальному, то есть кол-ву загруженных приборов). Далее, после того, как транзакт дождался попадания на узел, он должен быть обработан по следующему алгоритму:

- Если занят первый узел, то свободен второй, идем в него (гарантии семафора)
- Если занят второй узел, то свободен первый
- Иначе оба узлы свободны, и выбираем на основании вероятности перехода

Кроме того, использования STORAGE в данной ситуации позволит проще собрать необходимы ниже метрики.

Код программы:

```
*****
E_buf EQU    3 ; емкость общей очереди (буфера)
t_a  EQU    3.3333; средний интервал между поступающими заявками
t_b  EQU    20; средняя длительность обслуживания заявки в приборе
RN_a  EQU    20; номер генератора для потока
RN_b  EQU    553; номер генератора для длительности обслуживания
* Параметры гипоекспоненциального распределения (Эрланга):
RN_erl1 EQU    31; номер первого генератора для распределения Эрланга 2-го
порядка
RN_erl2 EQU    125; номер второго генератора для распределения Эрланга 2-го
порядка
```

```

*****
TU_buf      QTABLE      buf1,0.1,0.1,50; время в очереди
TU_uzel     TABLE     M1,0.2,0.2,50; время пребывания заявки с узле
TB_uzel     TABLE     MP$U_enter,0.2,0.2,50; время обслуживания в узле
uzel STORAGE 2 ; используется как "семафор", для того, чтобы отслеживать,
заняты ли все приборы
*****
* Прочие переменные *
*****

p_1         EQU        0.25 ; вероятность попадания в узел 1
p_2         EQU        0.75 ; вероятность попадания в узел 2
*****

GENERATE     (GetRandomNumberFromFile("numbers-t.txt"))
            TEST L      Q$buf1,E_buf,zyx ; если текущий размер меньше, идет дальше,
иначе отбрасывается
            QUEUE buf1 ; попадаем в очередь
            ENTER uzel ; встаем на блокировку до тех пор,
пока какой-то из приборов не освободится
            DEPART      buf1 ; регистрация момента покидания заявкой
очереди
            MARK U_enter ; начало времени обслуживания

            GATE NU uzel_1,tou2 ; если первый прибор занят,
то не занят точно второй (иначе бы сюда не попали), используем его
            GATE NU uzel_2,tou1 ; если второй прибор занят,
то точно идем на первый (-||-)
            TRANSFER     p_2,, tou2 ; если оба свободны, выбираем
на основании вероятностей

tou1 SEIZE    uzel_1 ; выполняется на под-узле 1
      ADVANCE (Exponential(RN_b,0,t_b))
      RELEASE uzel_1
      TRANSFER ,lvu

tou2 SEIZE    uzel_2 ; выполняется на под-узле 2
      ADVANCE (erl2(RN_erl1, RN_erl2, t_b))
      RELEASE uzel_2

lvu LEAVE uzel ; транзакт освобождает "семафор"
     TABULATE TB_uzel, ; вычислить время
обслуживания
     TABULATE TU_uzel ; транзакт покинул узел
zyx TERMINATE 1

```

```

*****
PROCEDURE erl2(RN_A, RN_B, tt) BEGIN
    return (Exponential(RN_A,0,tt/2))+(Exponential(RN_B,0,tt/2));
END;

```

2.2.2. Сравнение полученных результатов с УИР2

Таблица 1: Сравнительный анализ УИР2 и УИР3

Хар-ка	Система 1 УИР 2	Имитационная УИР3	Относ. отклонение от УИР2 (%)
Загрузка	0.9965	0.9965	0
Длина очереди	2.546	2.551	0.196
Число заявок	4.539	4.543	0.088
Время ожидания	25.55	25.63	0.313
Время пребывания	45.54	45.66	0.263
Вероятность потери	0.6678	0.6683 ¹	0.075
Производ-ть	0.0997	0.0995 ²	-0.200

Как видно из результатов, модели достаточно хорошо (по субъективному мнению) аппроксимируют друг друга при кол-ве транзактов, равном 100000.

2.3. Исследования

В дальнейшем для каждого эксперимента буду менять либо один параметр, либо несколько, в соответствие с требованиями. На основании получаемых результатов сделаю выводы о корреляции параметров между собой (неформально) и закономерностях.

Поскольку изначальная система имеет характеристики как в Варианте 1, буду изменять параметры, отклоняясь именно от этих характеристик.

Где используется аппроксимация, файл со сгенерированной последовательностью состоит из 1000 элементов, так как иначе система очень медленно работает.

¹ (100000-33167)/100000=0.6683 — кол-во поступивших на кол-во обработанных

² 33167/333260 — кол-во обработанных заявок на общее время

Графики сравнения характеристик строятся по последнему столбцу таблиц расчетов, где это не противоречит смыслу.

2.3.1. Влияние коэффициента загрузки на длительность переходного процесса

Изменение загрузки происходит в интервале от 0.1-0.9. Значение загрузки можно получить по последней строке таблицы в столбце Загрузка. Желтым отмеченная строчка указывает на вероятное окончание переходного процесса.

Имитационно рассчитанный КВ Обсл.: СКО вр. Обсл. / Сред вр. Обсл.

2.3.1.1. Изменение средней длительности обслуживания заявок

Таблица 2: Влияние длит. обслуживания на время переходного режима

Номер варианта		1.1.1	1.1.2	1.1.3	1.1.4	1.1.5
Количество приборов		2	2	2	2	2
Емкость накопителя		3	3	3	3	3
Интервалы между заявками входящего потока	Ср. значение	22.707	22.707	22.707	22.707	22.707
	Вид потока	Н	Н	Н	Н	Н
Длительность обслуживания заявок	Ср. значение	5	20	35	55	85
	Коэф-т вариации	M+E2	M+E2	M+E2	M+E2	M+E2

Исх.данные (вариант 1.1.1)	К	Е	поток	а	б	КВ	Загрузка ~0.11			
	2	3	Н	22.707	5	0.836				
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П(%)	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	О(%)	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Д (%)
10	0	0.0000	0.000	0	0.164	0	0.000	0	0.0000	0.000
20	0	0.0000	0	0.071	0.25	0.676	0	1.581	0.9107	0
50	0	0.0000	0	0.002	0.098	0.056	-91.71	0.223	0.0812	-91.07
100	0	0.0000	0	0.02	0.12	0.448	700.00	1.482	0.3818	369.92
200	1	0.0050	0	0.227	0.01	0.242	-45.98	0.927	0.1689	-55.77
500	1	0.0020	-60.00	0.011	0.11	0.253	4.545	1.212	0.1396	-17.31
1000	0	0.0000	-100.0	0.012	0.106	0.294	16.206	1.201	0.0978	-29.93
2000	4	0.0020	0	0.014	0.103	0.317	7.823	1.266	0.0729	-25.46

5000	0	0.0000	-100.0	0.013	0.109	0.298	-5.994	1.202	0.0438	-39.95
10000	14	0.0014	0	0.015	0.109	0.347	16.443	1.411	0.0363	-16.99
100000	132	0.0013	-5.714	0.014	0.11	0.314	-9.510	1.284	0.0105	-71.22
1000000	1286	0.0013	-2.576	0.014	0.11	0.316	0.637	1.279	0.0033	-68.50

Исх.данные (вариант 1.1.2)	К	Е	поток	а	б	КВ	Загрузка ~0.405			
	2	3	Н	22.707	20	0.857				
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П(%)	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	О(%)	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Д (%)
10	1	0.1000	0.000	1.494	0.864	8.001	0.000	7.843	6.3889	0.000
20	2	0.1000	0.000	0.426	0.353	11.01	37.608	11.849	6.8252	6.828
50	7	0.1400	40.000	0.375	0.411	10.319	-6.276	16.773	6.1104	-10.472
100	4	0.0400	-71.429	0.292	0.37	7.855	-23.878	12.415	3.1981	-47.662
200	13	0.0650	62.500	0.227	0.394	4.985	-36.537	9.395	1.7113	-46.490
500	27	0.0540	-16.923	0.252	0.366	6.958	39.579	12.51	1.4412	-15.785
1000	85	0.0850	57.407	0.323	0.421	7.418	6.611	12.694	1.0341	-28.249
2000	177	0.0885	4.118	0.29	0.396	7.064	-4.772	11.819	0.6808	-34.163
5000	371	0.0742	-16.158	0.3	0.413	7.242	2.520	12.024	0.4380	-35.657
10000	706	0.0706	-4.852	0.303	0.404	7.457	2.969	12.475	0.3214	-26.637
100000	7909	0.0791	12.025	0.303	0.403	7.498	0.550	12.517	0.1020	-68.271
1000000	78225	0.0782	-1.094	0.307	0.406	7.56	0.827	12.467	0.0321	-68.504

Исх.данные (вариант 1.1.3)	К	Е	поток	а	б	КВ	Загрузка ~0.615			
	2	3	Н	22.707	35	0.860				
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П(%)	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	О(%)	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Д (%)
10	0	0.0000	0.000	0.515	0.531	12.071	0.000	20.012	16.3018	0.000
20	2	0.1000	0	0.55	0.601	18.726	55.132	26.787	15.4296	-5.350
50	9	0.1800	80.000	0.702	0.657	20.806	11.108	25.827	9.4088	-39.021
100	21	0.2100	16.667	0.712	0.686	19.413	-6.695	23.132	5.9588	-36.668
200	31	0.1550	-26.190	0.633	0.625	16.467	-15.175	21.336	3.8864	-34.779
500	64	0.1280	-17.419	0.564	0.588	16.242	-1.366	23.004	2.6501	-31.810
1000	163	0.1630	27.344	0.614	0.597	18.038	11.058	26.033	2.1207	-19.979
2000	323	0.1615	-0.920	0.63	0.594	18.487	2.489	26.054	1.5007	-29.232
5000	879	0.1758	8.854	0.68	0.608	19.589	5.961	26.257	0.9565	-36.262
10000	1842	0.1842	4.778	0.693	0.612	19.818	1.169	25.994	0.6696	-29.998
20000	3986	0.1993	8.198	0.705	0.617	19.883	0.328	25.345	0.4617	-31.055
50000	9988	0.1998	8.447	0.699	0.615	19.875	0.288	25.367	0.2922	-56.357
100000	19901	0.1990	8.040	0.701	0.617	19.827	0.045	25.285	0.2060	-69.240

1000000	201676	0.2017	1.340	0.705	0.615	20.051	1.130	25.546	0.0658	-68.051
---------	--------	--------	-------	-------	-------	--------	-------	--------	--------	---------

Исх.данны е (вариант 1.1.4)	К	Е	поток	а	б	КВ	Загрузка ~0.786			
	2	3	Н	22.707	55	0.862				
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П(%)	Длина очер.	Загрузк а	Ср. вр. ож.	О(%)	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Д (%)
10	4	0.4000	0.000	1.519	0.984	31.125	0.000	24.861	20.2518	0.000
20	11	0.5500	37.500	1.735	0.991	58.317	87.364	45.306	26.0968	28.861
50	18	0.3600	-34.545	1.399	0.875	40.461	-30.619	35.988	13.1105	-49.762
100	29	0.2900	-19.444	1.046	0.786	36.797	-9.056	36.649	9.4408	-27.991
200	57	0.2850	-1.724	1.105	0.826	35.714	-2.943	38.771	7.0622	-25.195
500	160	0.3200	12.281	1.181	0.824	39.484	10.556	40.825	4.7031	-33.404
1000	313	0.3130	-2.188	1.16	0.807	40.542	2.680	42.794	3.4860	-25.879
2000	627	0.3135	0.160	1.139	0.795	40.457	-0.210	44.671	2.5731	-26.188
5000	1704	0.3408	8.708	1.156	0.778	41.363	2.239	44.429	1.6186	-37.097
10000	3345	0.3345	-1.849	1.154	0.784	40.438	-2.236	43	1.0417	-35.641
20000	6913	0.3457	3.333	1.184	0.79	41.403	2.386	43.074	0.7846	-24.680
50000	17234	0.3447	3.043	1.178	0.785	41.378	2.325	43.087	0.4964	-52.349
100000	35008	0.3501	4.658	1.186	0.787	41.474	2.562	42.971	0.3500	-66.396
200000	70334	0.3517	1.742	1.189	0.787	41.686	0.684	43.335	0.2496	-68.186
500000	175989	0.3520	2.117	1.187	0.786	41.537	0.384	43.226	0.1575	-68.275
1000000	352050	0.3521	0.563	1.189	0.786	41.558	0.203	43.178	0.1112	-68.225

Исх.данн ые (вариант 1.1.5)	К	Е	поток	а	б	КВ	Загрузка ~0.907			
	2	3	Н	22.707	85	0.863				
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П(%)	Длина очер.	Загрузк а	Ср. вр. ож.	О(%)	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Д (%)
100	40	0.4000	0.000	1.329	0.885	60.218	0.000	53.415	13.7597	0.000
200	113	0.5650	41.250	1.735	0.923	82.841	37.569	61.463	11.1955	-18.635
500	268	0.5360	-5.133	1.818	0.937	86.533	4.457	65.521	7.5482	-32.579
1000	539	0.5390	0.560	1.743	0.893	84.318	-2.560	67.643	5.5102	-26.999
2000	1047	0.5235	-2.876	1.706	0.889	80.593	-4.418	68.616	3.9524	-28.272
5000	2580	0.5160	-1.433	1.746	0.909	83.021	3.013	70.231	2.5585	-35.266
10000	5106	0.5106	-1.047	1.713	0.906	80.631	-2.879	69.315	2.0771	-18.818
20000	10300	0.5150	0.862	1.706	0.905	80.588	-0.053	69.551	1.2669	-39.006
50000	25971	0.5194	1.727	1.718	0.907	81.242	0.758	70.074	0.8073	-61.134
100000	51807	0.5181	1.463	1.716	0.907	80.87	0.296	69.716	0.5679	-72.658
200000	103017	0.5151	0.017	1.71	0.907	80.186	-0.499	68.708	0.3958	-68.761
500000	258115	0.5162	-0.614	1.708	0.907	80.186	-1.300	68.454	0.2494	-69.108
1000000	515866	0.5159	-0.425	1.708	0.907	80.109	-0.941	68.643	0.1768	-68.864

2.3.1.2. Изменение среднего интервала между заявками

Таблица 3: Влияние загрузки на время переходного режима на средн. инт между заявками

Номер варианта		1.2.1	1.2.2	1.2.3	1.2.4	1.2.5
Количество приборов		2	2	2	2	2
Емкость накопителя		3	3	3	3	3
Интервалы между заявками входящего потока	Ср. значение	90.828	24.013	12.975	8.257	5.343
	Вид потока	Н	Н	Н	Н	Н
Длительность обслуживания заявок	Ср. значение	20	20	20	20	20
	Коэф-т вариации	M+E2	M+E2	M+E2	M+E2	M+E2

Исх.данные (вариант 1.2.1)	К	Е	поток	а	б	КВ	Загрузка ~0.11			
	2	3	Н	90.828	20	0.836				
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П(%)	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	О(%)	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Д (%)
100	0	0.0000	0.000	0.021	0.108	0.314	0.000	1.474	0.3797	0.000
1000	0	0.0000	0	0.016	0.113	1.424	353.50	6.188	0.5041	32.756
2000	0	0.0000	0	0.013	0.111	1.115	-21.699	5.09	0.2932	-41.836
5000	4	0.0008	0	0.013	0.111	1.132	1.525	4.862	0.1771	-39.587
10000	12	0.0012	50.000	0.014	0.111	1.242	9.717	5.178	0.0320	-81.937
100000	132	0.0013	10.000	0.014	0.11	1.258	1.288	5.136	0.0418	30.769
1000000	1248	0.0012	-5.455	0.014	0.11	1.272	1.113	5.098	0.0131	-68.611

Исх.данные (вариант 1.2.2)	К	Е	поток	а	б	КВ	Загрузка ~0.405			
	2	3	Н	22.707	20	0.857				
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П(%)	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	О(%)	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Д (%)
10	1	0.1000	0.000	1.494	0.864	8.001	0.000	7.843	6.3889	0.000
100	4	0.0400	-71.429	0.292	0.37	7.855	-23.878	12.415	3.1981	-47.662
1000	85	0.0850	57.407	0.323	0.421	7.418	6.611	12.694	1.0341	-28.249
2000	177	0.0885	4.118	0.29	0.396	7.064	-4.772	11.819	0.6808	-34.163
5000	371	0.0742	-16.158	0.3	0.413	7.242	2.520	12.024	0.4380	-35.657
10000	706	0.0706	-4.852	0.303	0.404	7.457	2.969	12.475	0.3214	-26.637
100000	7909	0.0791	12.025	0.303	0.403	7.498	0.550	12.517	0.1020	-68.271
1000000	78225	0.0782	-1.094	0.307	0.406	7.56	0.827	12.467	0.0321	-68.504

Исх.данные (вариант 1.2.3)	К	Е	поток	а	б	КВ	Загрузка ~0.707			
	2	3	Н	12.975	20	0.860				
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П(%)	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	О(%)	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Д (%)
1000	179	0.1790	0.000	0.676	0.621	11.109	0.000	14.888	1.2128	0.000
10000	2022	0.2022	12.961	0.722	0.62	11.709	5.401	15.152	0.3903	-67.81
20000	3989	0.1995	-1.360	0.717	0.619	11.602	-0.914	14.834	0.2113	-45.85
50000	10033	0.2007	0.607	0.707	0.615	11.492	-0.948	14.754	0.1324	-37.35
100000	20043	0.2004	0.491	0.706	0.616	11.44	-1.396	14.623	0.1191	-43.63
1000000	20145	0.2015	0.511	0.707	0.616	11.473	0.288	14.598	0.0376	-68.43

Исх.данные (вариант 1.2.4)	К	Е	поток	а	б	КВ	Загрузка ~0.786			
	2	3	Н	8.257	20	0.862				
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П(%)	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	О(%)	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Д (%)
1000	366	0.3660	0.000	1.238	0.8	15.75	0.000	15.832	1.2897	0.000
10000	3507	0.3507	-4.180	1.184	0.777	15.107	-4.083	15.826	0.3892	0.389
50000	17427	0.3485	-0.616	1.175	0.781	15.085	-0.146	15.85	0.1826	0.183
100000	34939	0.3494	0.244	1.179	0.783	15.043	-0.278	15.68	0.1277	0.128
200000	70019	0.3501	0.202	1.183	0.785	15.113	0.465	15.653	0.0902	0.090
500000	176338	0.3527	0.737	1.189	0.786	15.123	0.066	15.661	0.0571	0.057
1000000	352111	0.3521	-0.160	1.188	0.786	15.109	-0.093	15.663	0.0403	0.040

Исх.данные (вариант 1.2.5)	К	Е	поток	а	б	КВ	Загрузка ~0.907			
	2	3	Н	5.343	20	0.863				
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П(%)	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	О(%)	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Д (%)
1000	480	0.4800	0.000	1.589	0.886	17.22	0.000	14.905	1.2142	0.000
10000	5044	0.5044	5.083	1.721	0.916	18.862	9.535	16.037	0.4859	-59.982
100000	51740	0.5174	2.577	1.718	0.91	18.98	0.626	16.248	0.1324	-72.760
200000	103170	0.5159	-0.300	1.704	0.906	18.816	-0.864	16.09	0.0927	-29.977
500000	257854	0.5157	-0.028	1.709	0.907	18.849	0.175	16.131	0.0588	-36.593
1000000	515725	0.5157	0.003	1.706	0.907	18.831	-0.095	16.151	0.0416	-29.202

2.3.1.3. Итоги

При увеличении нагрузки в данной конфигурации также увеличивается загрузка. Поскольку система рассматривается на примере гиперэкспоненциального распределения, то ей свойственно большой число маленьких значений и какое-то кол-во очень больших. При увеличении нагрузки увеличивается длина очереди и вероятность потерь, поэтому варьирование характеристик продолжается дольше при большей выборке входящей последовательности, что способствует закономерным результатам: требуется большая выборка для приближения к средним результатам.

Прямо о переходном процессе (когда вероятности состояний приближаются к средним), на имитационных моделях говорить трудно, поскольку нет строгого закона, по которому можно судить, так как сами события генерируются через генераторы, а они не идеальны (и случайны). Поэтому правильнее поступить, наверное, было рассчитав С.К.О по **результатам**, а рассматривать конкретный единичный эксперимент.

Касательно сравнения результатов самих пунктов 2.3.1 и 2.3.2: получили обратную зависимость, так как по сути говоря один параметр линейно обратно влияет на другой. Это тоже самое, что и линейное сжатие/растягивание пространства времени.

Коэффициент вариации отличается, так как вероятность выбора, в какой прибор попадет заявка срабатывает, когда оба прибора свободны. Поэтому вариация при низкой загрузке меньше, т. к. у Эрланга он меньше, а там вероятность больше.

2.3.2. Влияние закона входящего потока на среднее время ожидания, среднее время пребывания заявок в системе и вероятность потерь

Начиная с этого пункта таблица не будет заполняться полностью (так как много времени занимает), потому что:

- любое кол-во заявок меньше переходного процесса не несет полезной информации, так как характеристики еще не установились и имеют погрешность.
- достаточно взять какое-то из значений транзактов, большее чем переходный процесс
- больший интерес представляет рассмотреть больше конфигураций

Таблица 4: Описание исследуемых вариантов организации системы

Номер варианта		2.1.1	2.1.2	2.1.3	2.2.1	2.2.2
Количество приборов		2	2	2	2	2
Емкость накопителя		3	3	3	3	3
Интервалы между заявками входящего потока	Ср. значение	22.707	22.707	22.707	22.707	22.707
	Вид потока	T	T	T	A	A
Длительность обслуживания заявок	Ср. значение	14.2	33.5	77.5	14.6	35.5
	Кэф-т вариации	M+E2	M+E2	M+E2	M+E2	M+E2

2.2.3	2.3.1	2.3.2	2.3.3	2.4.1	2.4.2	2.4.3	2.5.1	2.5.2	2.5.3
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
22.707	22.707	22.707	22.707	22.707	22.707	22.707	22.707	22.707	22.707
A	П	П	П	P	P	P	Э2	Э2	Э2
88	13.7	28.3	55	13.6	27.2	45	13.6	35	49.5
M+E2	M+E2	M+E2	M+E2	M+E2	M+E2	M+E2	M+E2	M+E2	M+E2

Результаты для гиперэкспоненциального распределения были получены на предыдущем этапе.

Для равномерного распределения генерируются числа в промежутке $(0.5 \cdot t; 1.5 \cdot b)$

Исх.данные (вариант 2.1.1-2.1.3)	К	Е	поток	а							
	2	3	Т	22.707							
Заявок	Параметр b	Потери	Вер-ть потери	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Ср. вр. Обсл.	СКО вр. Обсл.	КВ
50000	14.2	2389	0.0478	0.179	0.299	4.268	8.01	0.0492	14.24	12.09	0.8490
50000	33.5	9471	0.1894	0.632	0.598	17.693	23.936	0.2038	33.514	28.745	0.8577
200000	77.5	94350	0.4718	1.596	0.901	68.603	61.849	0.3952	77.426	66.556	0.8596

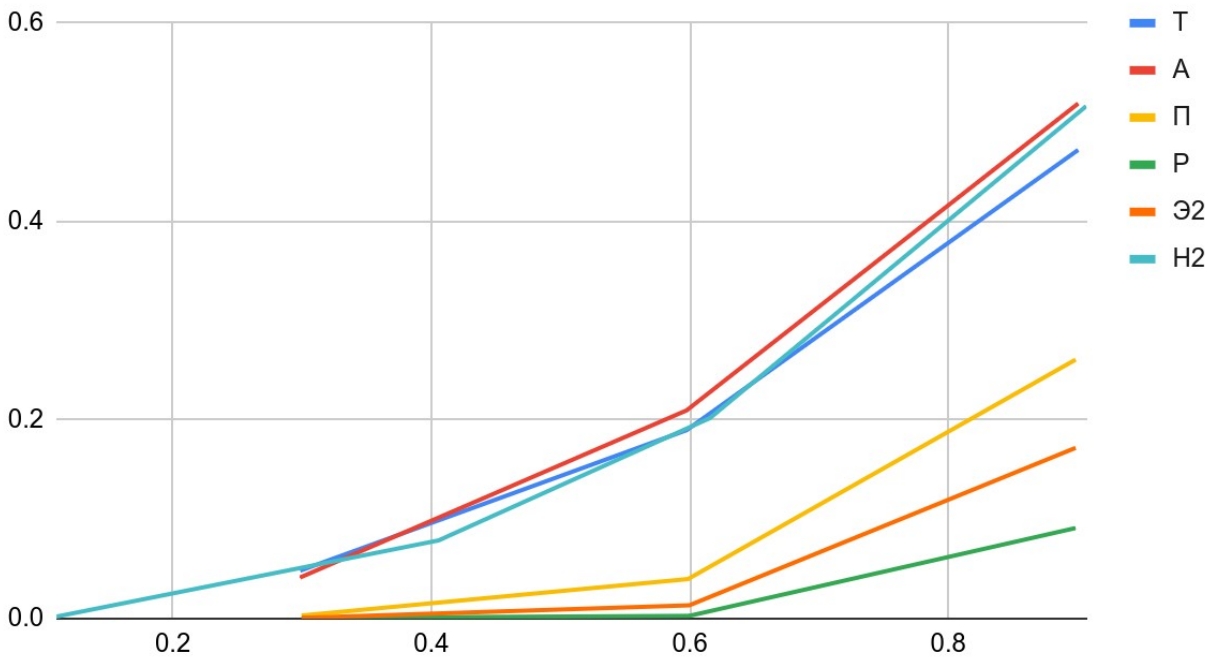
Исх.данные (вариант 2.2.1-2.2.3)	К	Е	поток	а							
	2	3	А	22.707							
Заявок	Параметр b	Потери	Вер-ть потери	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Ср. вр. Обсл.	СКО вр. Обсл.	КВ
50000	14.6	2045	0.0409	0.172	0.299	4.218	8.099	0.0486	14.65	12.438	0.8490
50000	35.5	10465	0.2093	0.698	0.598	20.74	26.15	0.2389	35.518	30.475	0.8580
200000	88	103693	0.5185	1.673	0.901	81.606	70.588	0.4701	87.903	75.627	0.8603

Исх.данные (вариант 2.3.1-2.3.3)	К	Е	поток	а							
	2	3	П	22.707							
Заявок	Параметр b	Потери	Вер-ть потери	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Ср. вр. Обсл.	СКО вр. Обсл.	КВ
50000	13.7	121	0.0024	0.047	0.3	1.085	3.909	0.0125	13.74	11.478	0.8354
100000	28.3	3916	0.0392	0.388	0.599	9.139	16.099	0.0744	28.251	24.1	0.8531
200000	55	52058	0.2603	1.449	0.899	44.432	43.101	0.2559	55.134	47.699	0.8651

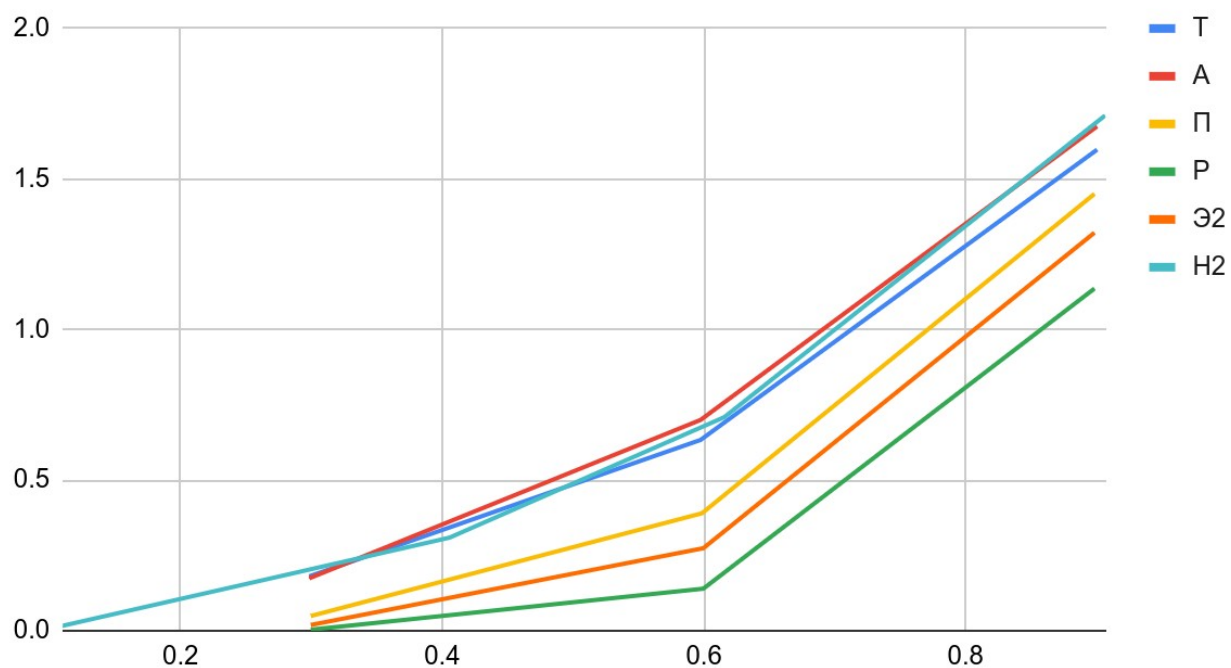
Исх.данные (вариант 2.4.1-2.4.3)	К	Е	поток	а							
	2	3	Р	22.707							
Заявок	Параметр b	Потери	Вер-ть потери	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Ср. вр. Обсл.	СКО вр. Обсл.	КВ
50000	13.6	0	0.0000	0.002	0.3	0.045	0.71	0.0005	13.631	11.057	0.8112
100000	27.2	206	0.0021	0.138	0.6	3.138	9.161	0.0256	27.307	23.049	0.8441
200000	45	18124	0.0906	1.135	0.899	28.362	32.486	0.1634	44.918	38.555	0.8583

Исх.данные (вариант 2.5.1-2.5.3)	К	Е	поток	а							
	2	3	Э2	22.707							
Заявок	Параметр b	Потери	Вер-ть потери	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Ср. вр. Обсл.	СКО вр. Обсл.	КВ
50000	13.6	8	0.0002	0.017	0.3	0.39	2.162	0.0045	13.632	11.271	0.8268
100000	35	1276	0.0128	0.272	0.6	6.265	13.258	0.0510	27.673	23.474	0.8483
200000	49.5	34307	0.1715	1.32	0.899	36.268	37.376	0.2089	49.411	42.383	0.8578

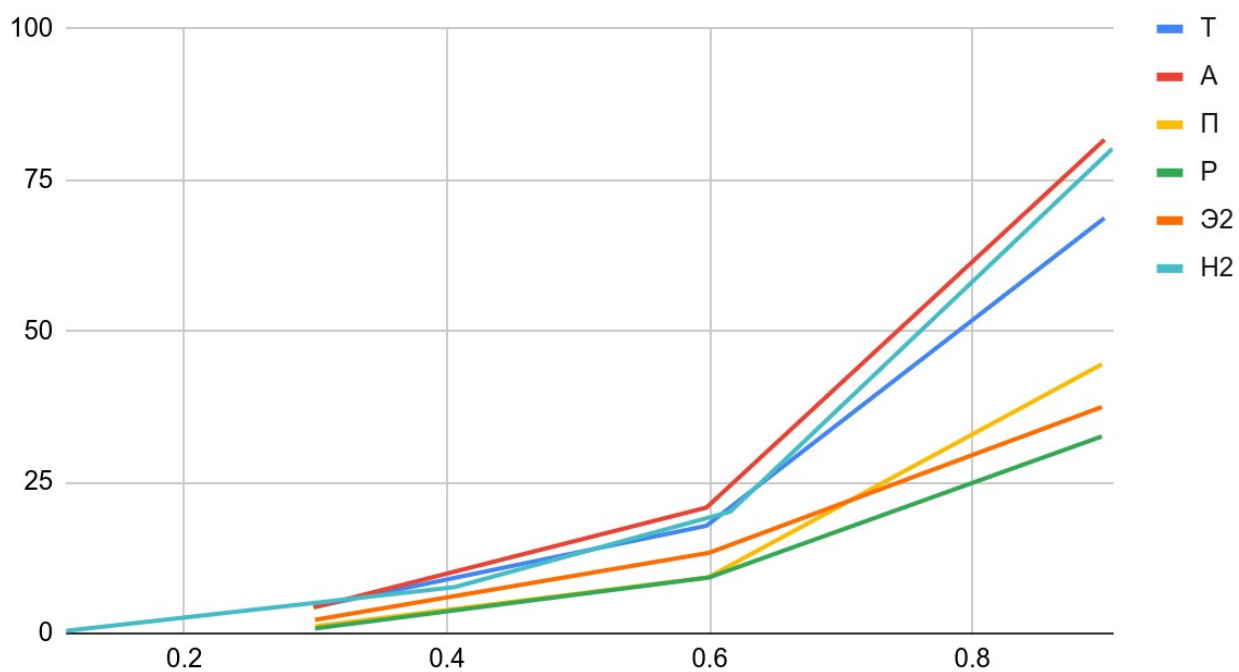
Вероятность потерь от загрузки



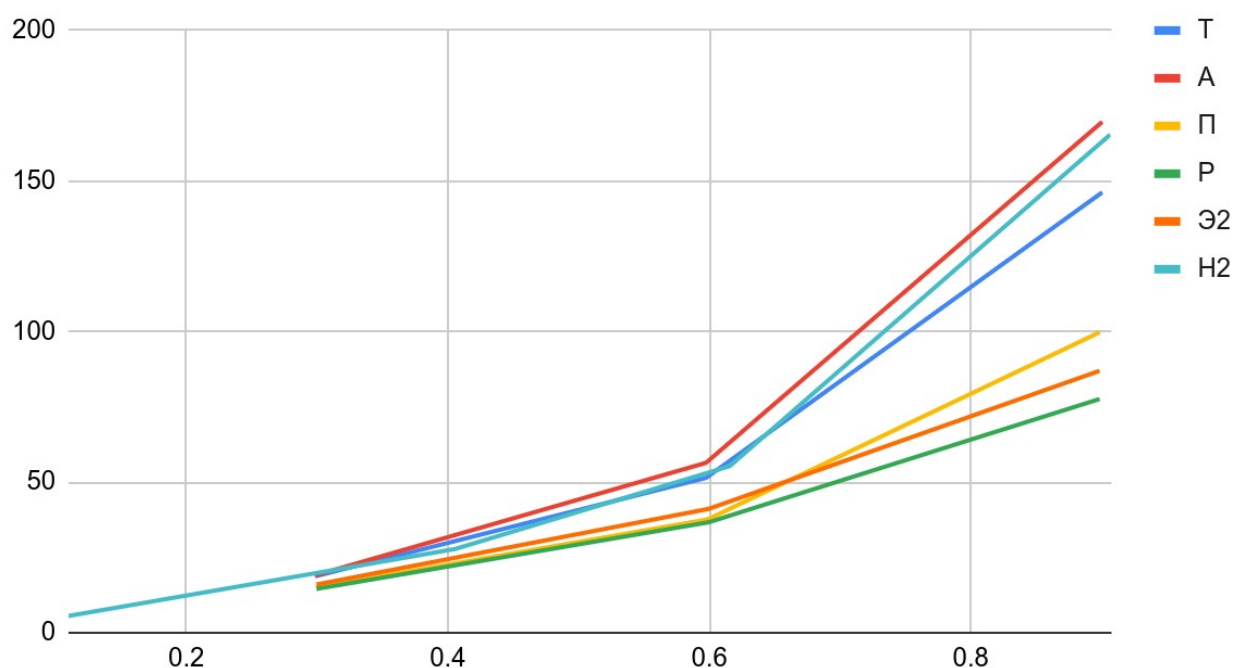
Длина очереди от загрузки



Среднее время ожидания от загрузки



Среднее время пребывания от загрузки



При увеличении нагрузки увеличивается длина очередей. По результатам графиков видим, что, когда входящий поток имеет большую вариацию, то среднее время пребывания, время ожидания и длина очереди увеличивается.

Также видна корректность работы алгоритма из УИР1. Он больше приближает H_2 из GPSS World, потому что его выборка больше (1000, в отличие от 300 в исходной трассе).

2.3.3. Влияние закона обслуживания на среднее время ожидания, среднее время пребывания заявок в системе и вероятность потерь

Номер варианта		3.1.1	3.1.2	3.1.3	3.2.1	3.2.2
Количество приборов		2	2	2	2	2
Емкость накопителя		3	3	3	3	3
Интервалы между заявками входящего потока	Ср. значение	22.707	22.707	22.707	22.707	22.707
	Вид потока	H_2	H_2	H_2	H_2	H_2
Длительность обслуживания заявок	Ср. значение	14.2	33.7	83	14.3	34
	Коэф-т вариации	M+E2	M+E2	M+E2	M	M

3.2.3	3.3.1	3.3.2	3.3.3	3.4.1	3.4.2	3.4.3
2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3
22.707	22.707	22.707	22.707	22.707	22.707	22.707
H_2	H_2	H_2	H_2	H_2	H_2	H_2
84	14.2	33.5	80	14.5	35.5	105
M	E2	E2	E2	H_2	H_2	H_2

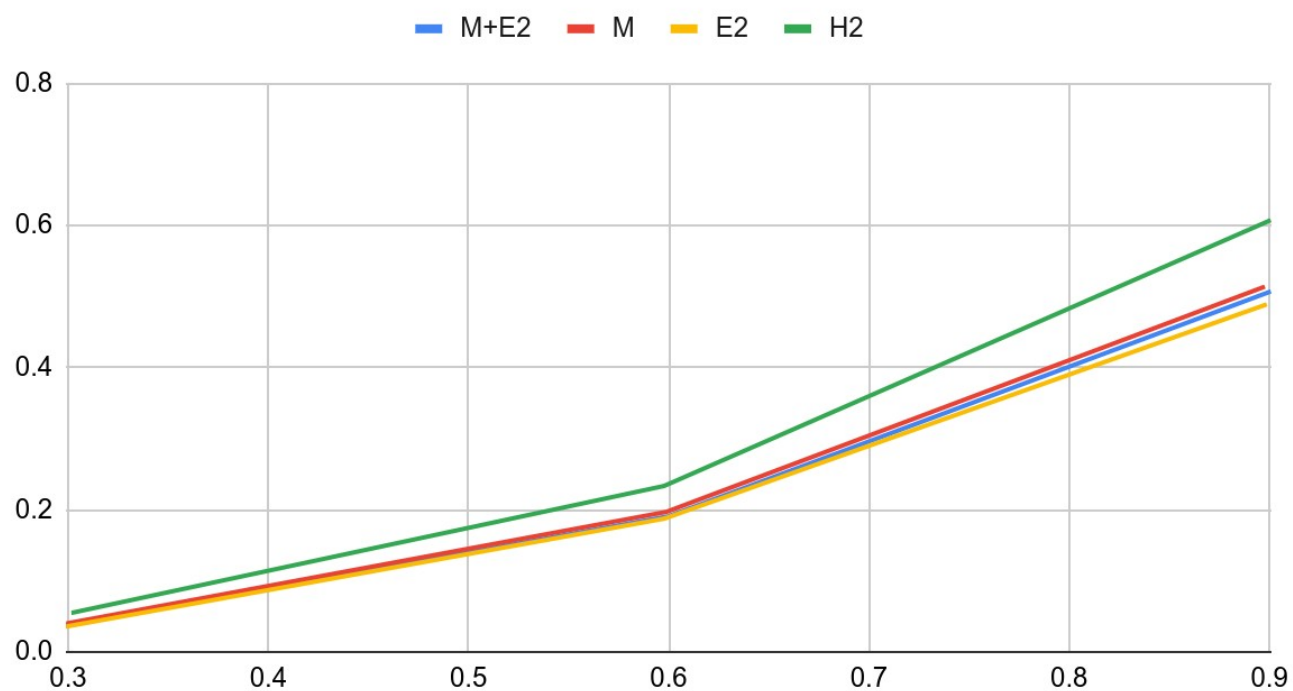
Исх.данные (вариант 3.1.1-3.1.3)	К	Е	поток	а							
	2	3	Н	22.707							
Заявок	Параметр b	Потери	Вер-ть потери	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Ср. вр. Обсл.	СКО вр. Обсл.	КВ
100000	14.2	3611	0.0361	0.163	0.299	3.874	7.729	0.0316	14.242	12.166	0.8542
200000	33.7	37983	0.1899	0.669	0.6	18.741	24.262	0.1080	33.63	28.796	0.8563
500000	83	253232	0.5065	1.802	0.901	77.35	66.98	0.2818	83.081	71.828	0.8646

Исх.данные (вариант 3.2.1-3.2.3)	К	Е	поток	а							
	2	3	Н	22.707							
Заявок	Параметр b	Потери	Вер-ть потери	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Ср. вр. Обсл.	СКО вр. Обсл.	КВ
100000	14.3	3913	0.0391	0.167	0.299	3.982	8.348	0.0324	14.258	14.172	0.9940
200000	34	39265	0.1963	0.678	0.599	19.197	26.565	0.1106	33.88	33.722	0.9953
500000	84	256698	0.5134	1.692	0.898	78.936	73.944	0.2876	83.746	83.486	0.9969

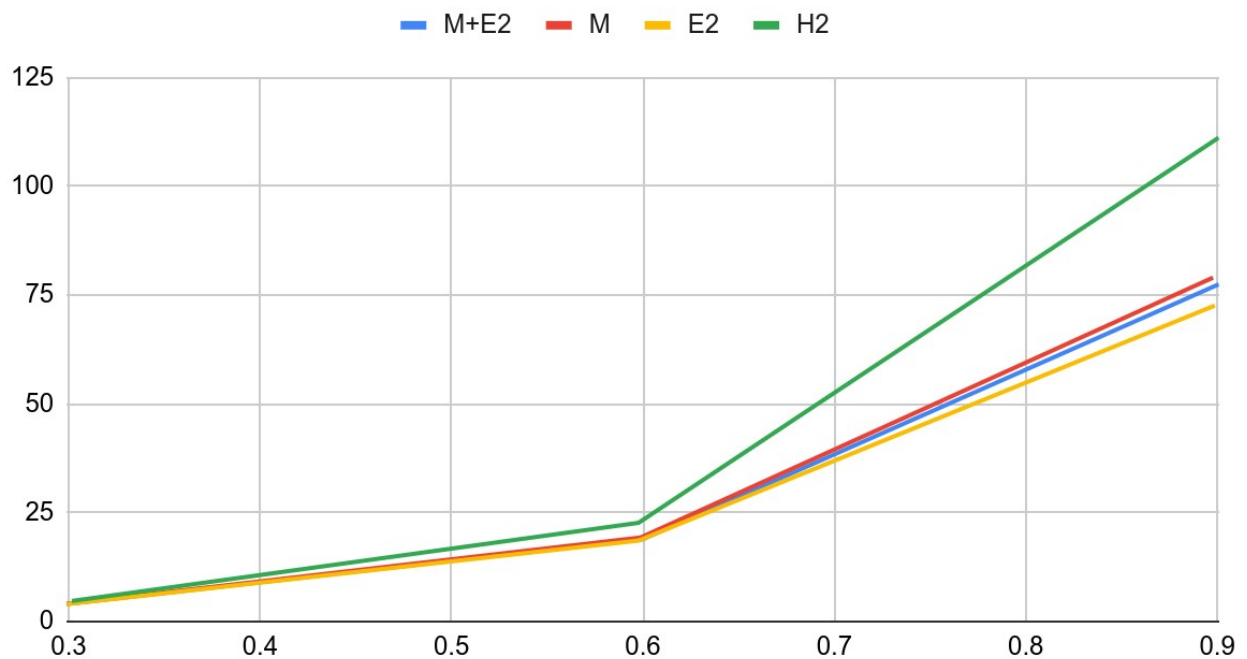
Исх.данные (вариант 3.3.1-3.3.3)	К	Е	поток	а							
	2	3	Н	22.707							
Заявок	Параметр b	Потери	Вер-ть потери	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Ср. вр. Обсл.	СКО вр. Обсл.	КВ
100000	14.2	3462	0.0346	0.162	0.299	3.836	7.1	0.0312	14.189	10.001	0.7048
200000	33.5	37327	0.1866	0.661	0.598	18.476	22.382	0.1064	33.443	23.603	0.7058
500000	80	244160	0.4883	1.63	0.899	72.489	58.242	0.2641	80.002	56.586	0.7073

Исх. данные (вариант 3.4.1-3.4.3)	К	Е	поток	а	$b_q = 0.30, v = 2$						
	2	3	Н	22.707							
Заявок	Параметр b	Потери	Вер-ть потери	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Ср. вр. Обсл.	СКО вр. Обсл.	КВ
100000	14.5	5407	0.0541	0.19	0.302	4.595	13.84	0.0374	14.637	29.136	1.9906
200000	35.5	46546	0.2327	0.764	0.598	22.553	46.205	0.1299	35.281	70.495	1.9981
500000	105	303441	0.6069	1.921	0.901	111.07	162.27	0.4046	104.237	208.487	2.0001

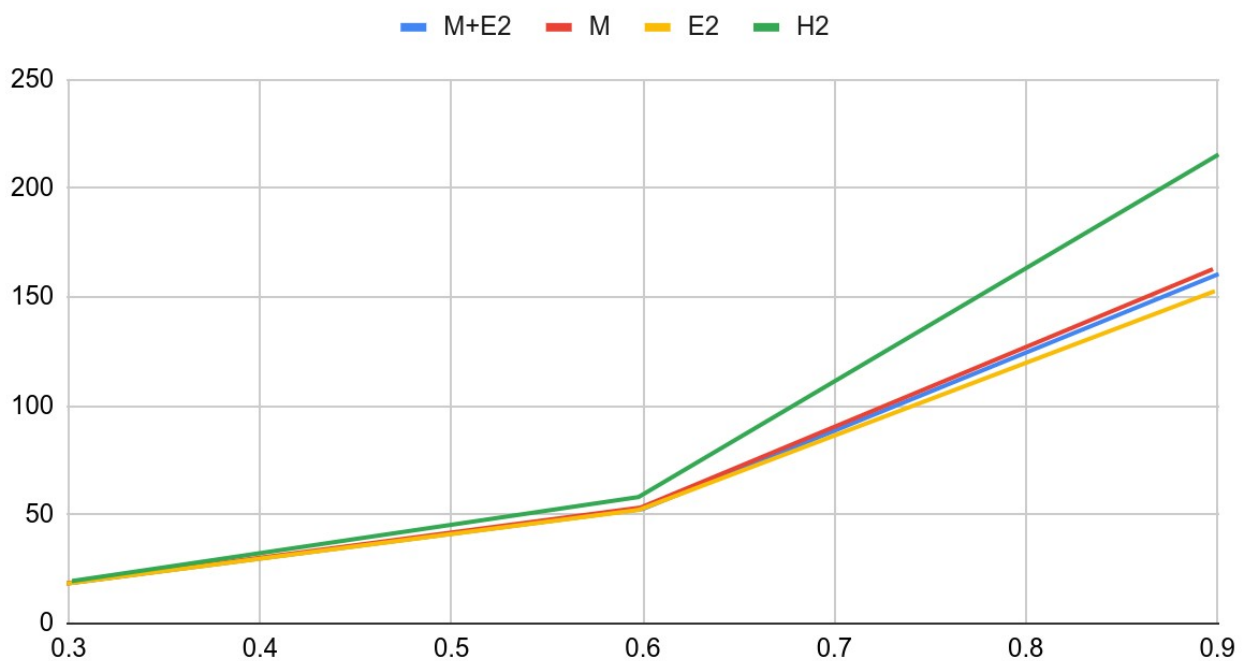
Зависимость вер-ть потерь от загрузки



Зависимость времени ожидания от загрузки



Зависимость времени пребывания от загрузки



Тоже самое, как и в предыдущем пункте, касается и типа обслуживания: при увеличении вариации увеличивается и его значение.

2.3.4. Влияние емкости накопителя на среднее время ожидания, среднее время пребывания заявок в системе и вероятность потерь

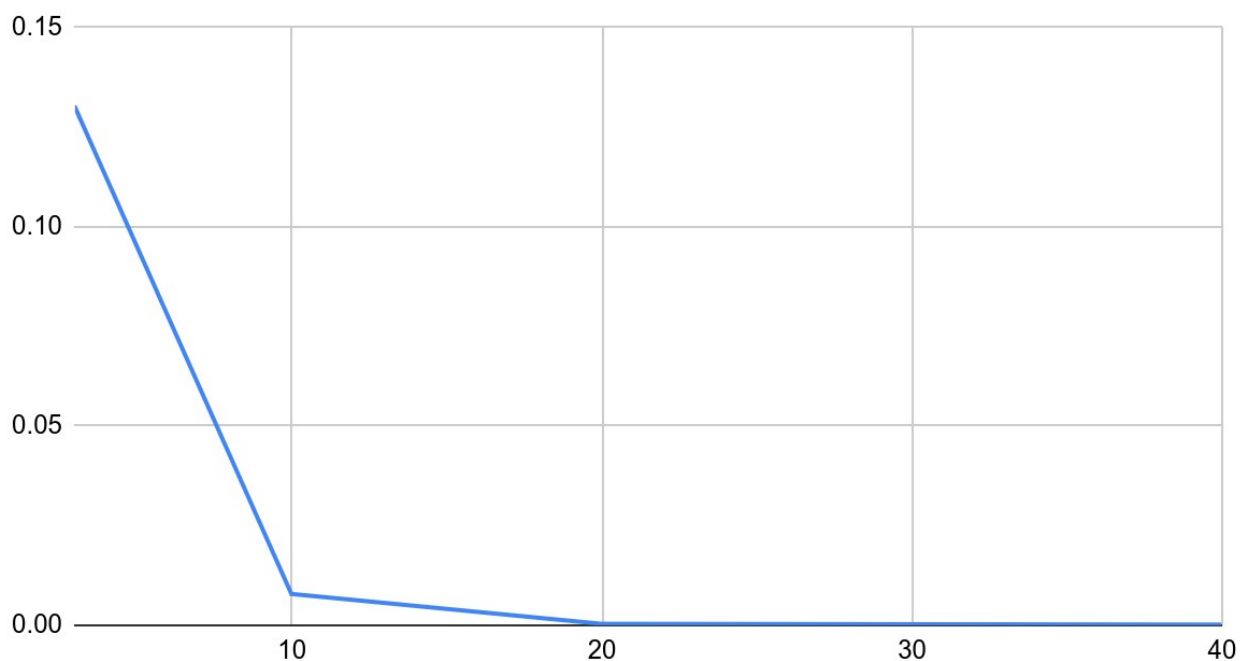
Номер варианта		4.1.1	4.1.2	4.1.3	4.1.4	4.1.5
Количество приборов		2	2	2	2	2
Емкость накопителя		3	3	3	3	3
Интервалы между заявками входящего потока	Ср. значение	22.707	22.707	22.707	22.707	22.707
	Вид потока	Н_2	Н_2	Н_2	Н_2	Н_2
Длительность обслуживания заявок	Ср. значение	-	-	-	-	-
	Коэф-т вариации	M+E2	M+E2	M+E2	M	M

4.2.1	4.2.2	4.2.3	4.2.4	4.2.5
2	2	2	2	2
3	3	3	3	3
22.707	22.707	22.707	22.707	22.707
Н_2	Н_2	Н_2	Н_2	Н_2
-	-	-	-	-
M	E2	E2	E2	Н_2

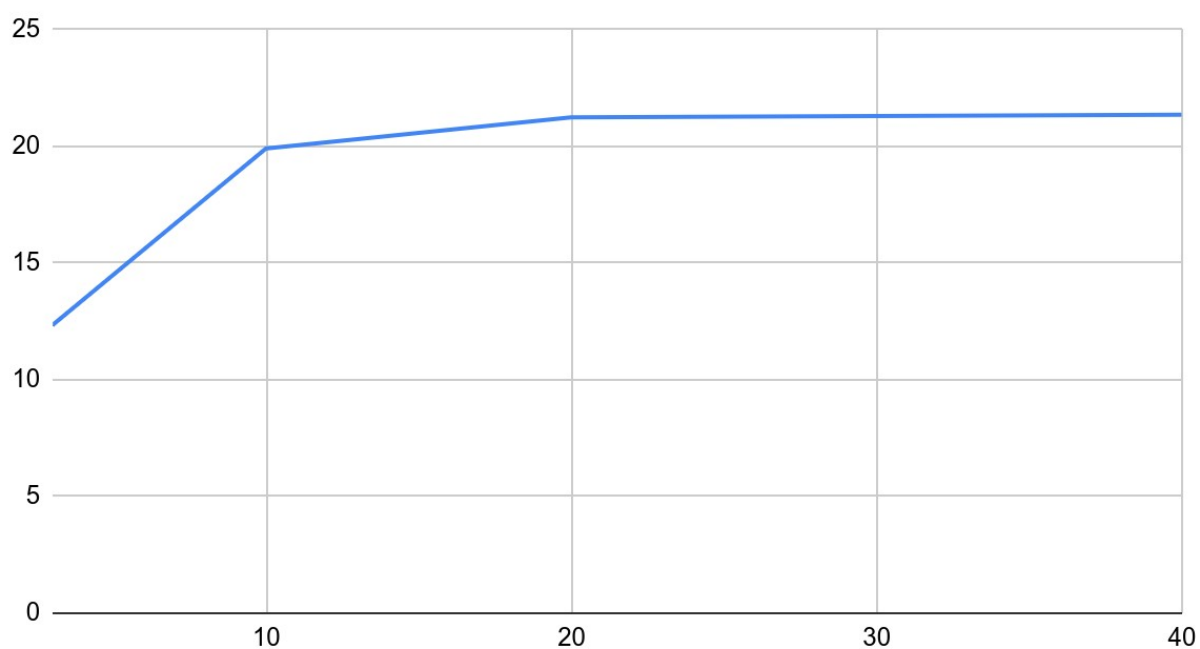
Исх.данные (вариант 4.1.1-4.1.5)	К	поток	а									
	2	Н	22.707									
Заявок	Параметр E	Параметр b	Потери	Вер- ть потер и	Длина очер.	Загруз ка	Ср. вр. ож.	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Ср. вр. Обсл.	СКО вр. Обсл.	КВ
100000	3	26.1	13015	0.1302	0.473	0.5	12.32	17.756	0.0041	26.058	22.292	0.8555
100000	10	22.9	767	0.0077	0.872	0.502	19.891	28.686	0.0041	22.888	19.584	0.8556
200000	20	22.7	49	0.0002	0.932	0.498	21.226	32.482	0.0029	22.672	19.407	0.8560
500000	40	22.6	0	0.0000	0.941	0.499	21.338	32.936	0.0018	22.631	19.432	0.8586

Исх. данные (вариант 4.2.1-4.2.5)	К	поток	а									
	2	Н	22.707									
Заявок	Параметр E	Параметр b	Потери	Вер- ть потер и	Длина очер.	Загрузка	Ср. вр. ож.	СКО вр. ож.	Дов. Инт. (±)	Ср. вр. Обсл.	СКО вр. Обсл.	КВ
500000	3	82.5	25217	0.5044	1.672	0.9	76.6	66.372	0.0033	82.5	71.173	0.8627
500000	10	49.5	89066	0.1781	4.838	0.9	133.2	94.846	0.0033	49.552	42.76	0.8629
500000	20	43.5	30747	0.0615	8.001	0.899	193.70	145.61	0.0033	43.554	37.58	0.8628
500000	40	41.3	6128	0.0123	11.778	0.901	270.32	232.44	0.0033	41.356	35.696	0.8631
500000	80	40.7	351	0.0007	14.122	0.899	320.13	319.44	0.0033	40.766	35.193	0.8633
500000	120	40.65	102	0.0002	15.203	0.899	344.34	375.01	0.0033	40.716	35.149	0.8633

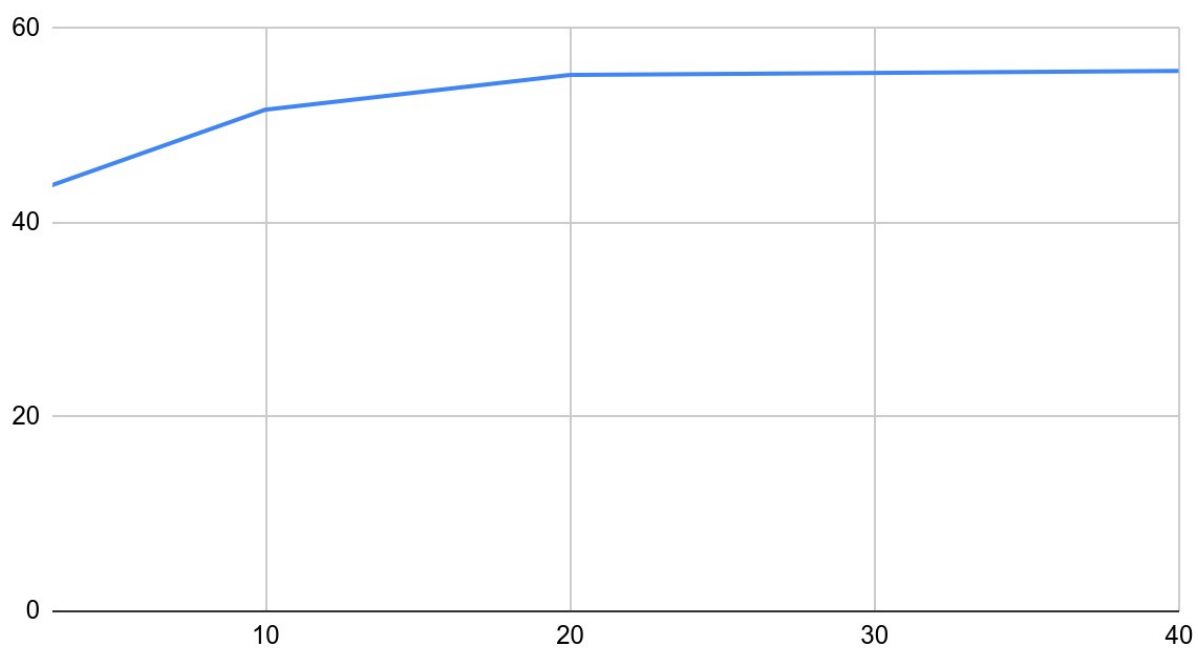
Зависимость вер-ть потерь от длины очереди при загр. 0.5



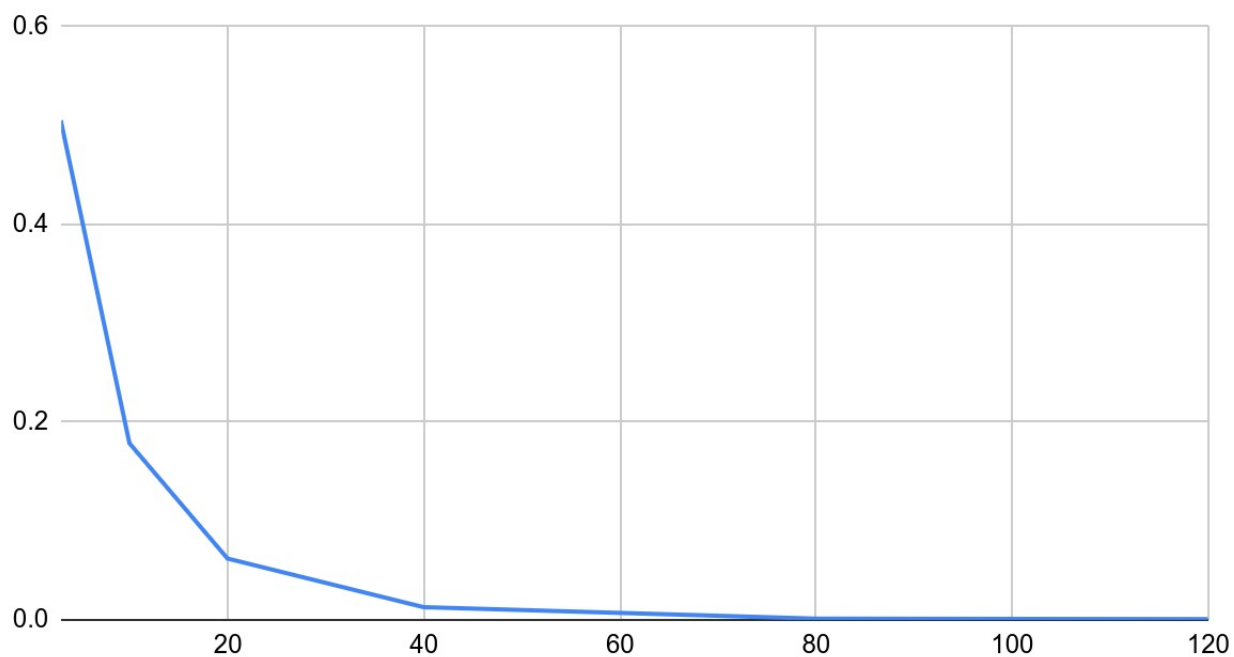
Зависимость ср. вр. ож. от длины очереди при загр. 0.5



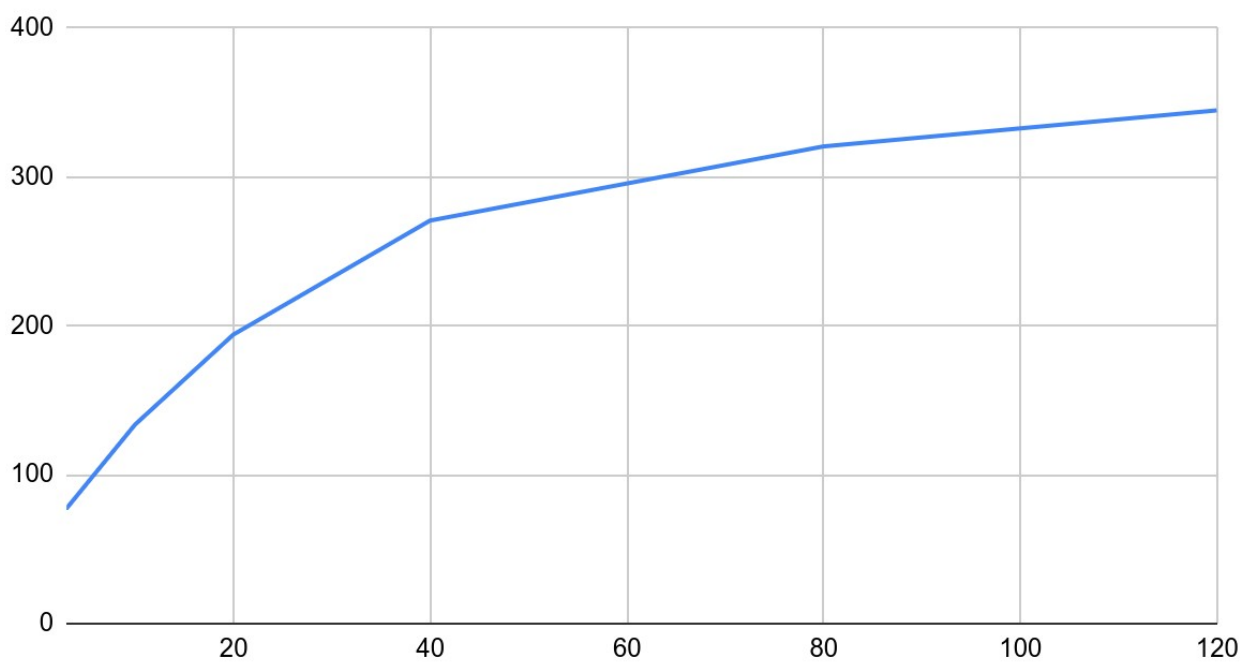
Зависимость ср. вр. преб. от длины очереди при загр. 0.5



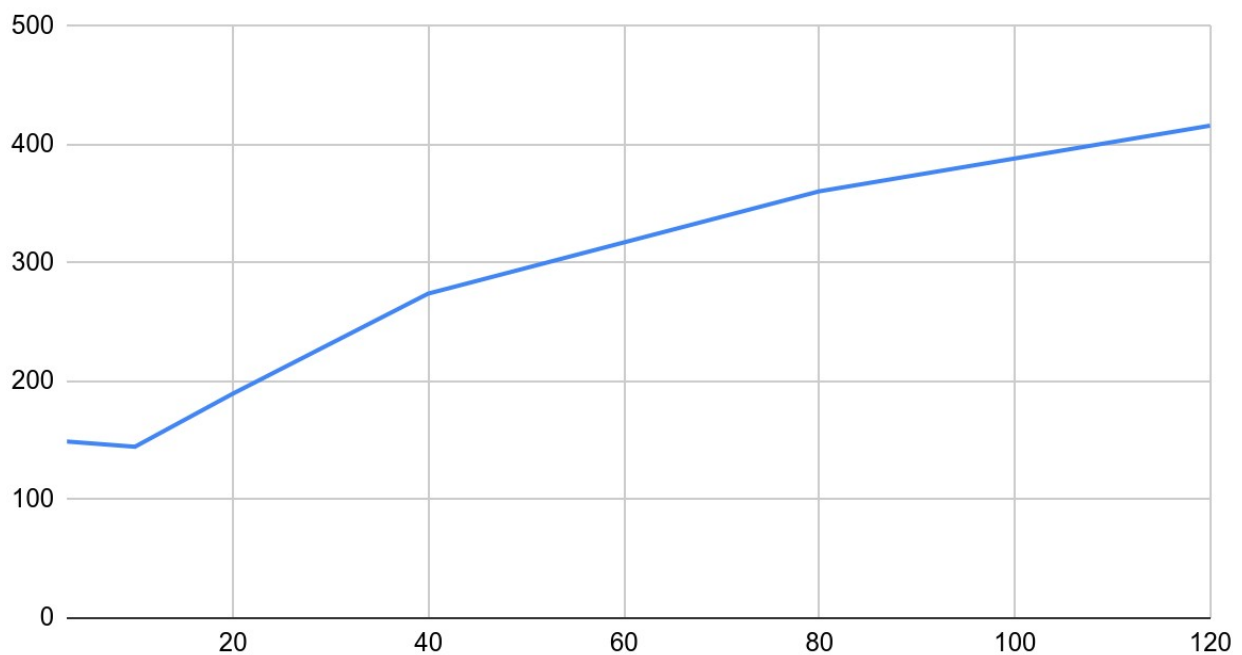
Зависимость вер-ть потерь от длины очереди при загр. 0.9



Зависимость ср. вр. ож. от длины очереди при загр. 0.9



Зависимость ср. вр. обл. от длины очереди при загр. 0.9



Если обобщить, то при увеличении длины очереди уменьшается кол-во потерянных заявок, увеличивается время ожидания. Интересный результат был получен на последнем графике (ср. вр. Обсл. При нагр. 0.9): при размере очереди 10 время пребывания меньше, чем при размере очереди 3. Это связано с тем, что при увеличении исключительно длины очереди увеличивается нагрузка на прибор (меньше простаивает из-за выброшенных заявок и пустой очереди), поэтому приходилось ее уменьшать (видно по таблицам) за счет уменьшения времени обслуживания, что в итоге дало меньшее время пребывания.

По поводу в каком случае система никогда не будет отбрасывать заявки: ни в каком, можно говорить только с какой долей вероятности это случится. На графике (и по табличкам), если считать, что по оси Y плотность, то график похож на производную по экспоненте, а само его распределение стремится к 1 в $+\infty$.

3. Выводы

В результате выполнения работы ознакомился с GPSS World, попрактиковавшись реализовав имитационные модели для лучшей модели из УИР2 по определенному критерию.

Для того, чтобы имитационная модель показывала с достаточной погрешностью итоговых измерений результаты, необходимо выбрать подходящее число транзактов, потому что иначе, поскольку модель построена на генераторах, результаты могут получаться с погрешностью. При увеличении количества транзактов уменьшаются доверительные интервалы.

После этого были проведены эксперименты, по которым построены таблицы с заданными параметрами и рассчитанными характеристиками. Затем построены графики, позволяющие доступнее определить зависимости получаемых характеристик от этих параметров, и сделаны итоги.

При увеличении нагрузки увеличивается коэффициент вариации, потому что, когда оба прибора простаивают, с большим приоритетом выбирается прибор с эрланговым распределением, который имеет меньшую вариацию. Когда загрузка увеличивается, моментов полного простаивания меньше, поэтому и вариация больше.