

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования

Университет ИТМО

Дисциплина: Моделирование

**Учебно-исследовательская работа 3**  
**«Исследование СМО произвольного вида»**

**Выполнили:**

Марков Петр Денисович  
Кривоносов Егор Дмитриевич  
Нечкасова Олеся Алексеевна

**Группа: Р34111**

**Преподаватель:**

Алиев Тауфик Измайлович

2022 г.

Санкт-Петербург

# Оглавление

<b>Цель работы</b>	<b>3</b>
<b>Задание</b>	<b>3</b>
<b>Описание исследуемой системы</b>	<b>3</b>
Рисунок 1. Схематическое изображение системы (базовая модель)	3
<b>Варианты организации системы</b>	<b>4</b>
Таблица 1. Варианты организации системы	4
<b>Результаты моделирования в табличном виде</b>	<b>5</b>
Таблица 2. Результаты моделирования варианта 1	5
Таблица 3. Результаты моделирования варианта 2	6
Таблица 4. Результаты моделирования варианта 3	7
Таблица 5. Результаты моделирования варианта 4	8
Таблица 6. Результаты моделирования варианта 5	9
Таблица 7. Результаты моделирования варианта 6	10
Таблица 8. Результаты моделирования варианта 7	11
Таблица 9. Результаты моделирования варианта 8	12
<b>Анализ полученных результатов и выводы</b>	<b>13</b>
Таблица 10. Отличия вариантов модели	13
Вероятность потери	14
Рисунок 2. Вероятности потери разных вариантов модели	14
Длина очереди	15
Рисунок 3. Длина очереди разных вариантов модели	15
Загрузка	16
Рисунок 4. Загрузка разных вариантов модели	16
Среднее время ожидания	17
Рисунок 5. Среднее время ожидания разных вариантов модели	17
Длина переходного процесса	18
Рисунок 6. Длительность переходного процесса разных вариантов модели	18

## Цель работы

Исследование свойств простейших одно- и многоканальных СМО типа G/G/K/L 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.

## Задание

В качестве исходной модели можно воспользоваться простейшей **базовой моделью одноканальной СМО** или моделью системы, выбранной в качестве наилучшей в УИР-2 (на усмотрение исследователя), задав в качестве параметров входящего потока заявок (среднее значение и коэффициент вариации интервалов между поступающими в систему заявками) значения, полученные в процессе обработки случайной последовательности в УИР1. При этом необходимо скорректировать предлагаемую имитационную GPSS модель СМО типа G/G/K/L (файл smo.gps).

## Описание исследуемой системы

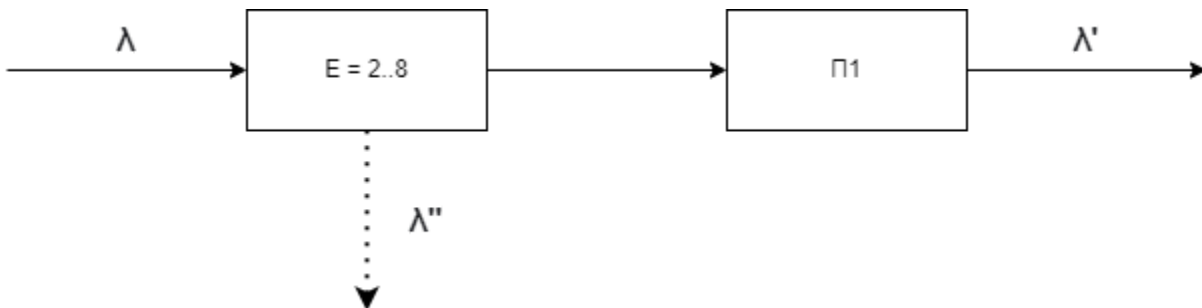


Рисунок 1. Схематическое изображение системы (базовая модель)

# Варианты организации системы

Таблица 1. Варианты организации системы

Номер варианта		1	2	3	4	5	6	7	8
Количество приборов		1	1	1	1	1	1	1	1
Емкость накопителя		2	2	2	8	8	8	8	2
Интервалы между заявками входящего потока	Ср. значение	22.707	22.707	22.707	22.707	25	22.707	22.707	22.707
	Вид потока	трасса из УИР 1	аппрокс. из УИР 1 (гиперэкс.)						Эрланг 2-го порядка
Длительность обслуживания заявок	Ср. значение	10	10	5	10	10	2.271	18.166	10
	Коэф-т вариации	1	1	1	1	1	1	1	1

Таким образом, для исследования будут варьироваться на основе:

- распределения интервала времени между заявками входящего потока (средние значения и вид распределения)
- ёмкости накопителя
- средних значений длительности обслуживания заявок

Так же для исследования возьмем значения загрузки системы равными 0.1 и 0.8.

- 91 - номер генератора для гиперэкспоненциального распределения
- 553 - номер генератора для длительности обслуживания
- 20 - номер генератора для потока

# Результаты моделирования в табличном виде

Таблица 2. Результаты моделирования варианта 1

Исх. Данные (вариант 1)		К	Е	поток	а	б	КВ			
		1	2	трасса	22.707	10	1			
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П (%)	Длина очер.	Загруз ка	Ср.вр. ож.	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	1	10.00%	-	0.227	0.435	4.186	-	4.891	±3.984	95.17%
20	1	5.00%	50.00%	0.227	0.477	3.759	10.20%	5.139	±2.960	78.74%
50	7	14.00%	180.00%	0.278	0.339	7.232	92.39%	17.333	±6.314	87.31%
100	18	18.00%	28.57%	0.233	0.358	6.249	13.59%	9.563	±2.463	39.41%
200	34	17.00%	5.56%	0.284	0.351	7.615	21.86%	12.181	±2.219	29.14%
500	87	17.40%	2.35%	0.234	0.329	6.376	16.27%	9.999	±1.152	18.07%
1000	191	19.10%	9.77%	0.282	0.361	7.922	24.25%	11.949	±0.973	12.28%
2000	378	18.90%	1.05%	0.274	0.355	7.659	3.32%	11.418	±0.658	8.59%
5000	934	18.68%	1.16%	0.275	0.353	7.668	0.12%	11.698	±0.426	5.56%
10000	1942	19.42%	3.96%	0.271	0.354	7.638	0.39%	11.739	±0.302	3.95%
20000	3812	19.06%	1.85%	0.274	0.355	7.691	0.69%	11.721	±0.213	2.77%
50000	9530	19.06%	0.00%	0.276	0.356	7.754	0.82%	11.895	±0.137	1.77%
100000	19250	19.25%	1.00%	0.277	0.356	7.789	0.45%	11.945	±0.097	1.25%
150000	28944	19.30%	0.24%	0.276	0.356	7.764	0.32%	11.979	±0.080	1.03%
200000	38297	19.15%	0.76%	0.275	0.355	7.711	0.68%	11.849	±0.068	0.88%
300000	57313	19.10%	0.23%	0.275	0.356	7.721	0.13%	11.869	±0.056	0.73%
350000	67148	19.19%	0.42%	0.275	0.356	7.723	0.03%	11.889	±0.052	0.67%
400000	76788	19.20%	0.06%	0.276	0.356	7.748	0.32%	11.928	±0.049	0.63%
500000	95376	19.08%	0.63%	0.274	0.355	7.690	0.75%	11.815	±0.043	0.56%
1000000	191643	19.16%	0.47%	0.275	0.355	7.726	0.47%	11.901	±0.031	0.40%

За длину переходного режима возьмем значение 150000. Так как в дальнейшем вероятность потери перестает значительно изменяться.

Таблица 3. Результаты моделирования варианта 2

Исх. Данные (вариант 2)		К	Е	поток	а	б	КВ			
		1	2	гипер.	22.707	10	1			
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П (%)	Длина очере- ди	Загруз- ка	Ср.вр. ож.	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	1	10.00%	-	0.236	0.363	5.240	-	5.608	±4.568	87.18%
20	2	10.00%	0.00%	0.167	0.338	3.864	26.26%	3.663	±2.110	54.61%
50	9	18.00%	80.00%	0.363	0.423	7.669	98.47%	15.302	±5.575	72.70%
100	15	15.00%	16.67%	0.204	0.354	5.551	27.62%	8.945	±2.304	41.51%
200	29	14.50%	3.33%	0.245	0.365	6.951	25.22%	13.264	±2.416	34.76%
500	41	8.20%	43.45%	0.216	0.375	5.302	23.72%	9.973	±1.149	21.67%
1000	142	14.20%	73.17%	0.262	0.381	6.822	28.67%	11.372	±0.926	13.57%
2000	175	8.75%	38.38%	0.231	0.373	6.116	10.35%	10.828	±0.624	10.20%
5000	528	10.56%	20.69%	0.256	0.395	6.405	4.73%	10.932	±0.398	6.21%
10000	981	9.81%	7.10%	0.259	0.393	6.537	2.06%	11.072	±0.285	4.36%
20000	2044	10.22%	4.18%	0.260	0.396	6.533	0.06%	10.851	±0.198	3.03%
50000	4990	9.98%	2.35%	0.264	0.395	6.665	2.02%	11.010	±0.127	1.91%
100000	10186	10.19%	2.06%	0.261	0.395	6.617	0.72%	11.181	±0.091	1.38%
150000	15302	10.20%	0.15%	0.265	0.396	6.679	0.94%	11.187	±0.074	1.11%
200000	20277	10.14%	0.62%	0.265	0.396	6.714	0.52%	11.270	±0.065	0.97%
300000	30340	10.11%	0.25%	0.263	0.394	6.682	0.48%	11.204	±0.053	0.79%
350000	34970	9.99%	1.21%	0.263	0.395	6.664	0.27%	11.218	±0.049	0.74%
400000	40451	10.11%	1.21%	0.264	0.396	6.656	0.12%	11.164	±0.045	0.68%
500000	50292	10.06%	0.54%	0.264	0.396	6.651	0.08%	11.178	±0.041	0.62%
1000000	101177	10.12%	0.59%	0.266	0.398	6.677	0.39%	11.164	±0.029	0.43%

За длину переходного режима возьмем значение 200000. Так как в дальнейшем вероятность потери перестает значительно изменяться.

Таблица 4. Результаты моделирования варианта 3

Исх. Данные (вариант 3)		К	Е	поток	а	б	КВ			
		1	2	гипер.	22.707	5	1			
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П (%)	Длина очер.	Загру зка	Ср.вр. ож.	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	0	0.00%	-	0.065	0.197	1.296	-	1.859	±1.514	116.82%
20	1	5.00%	-	0.040	0.172	0.977	24.61%	1.332	±0.767	78.51%
50	0	0.00%	100.00%	0.039	0.189	0.881	9.83%	2.929	±1.067	121.11%
100	2	2.00%	-	0.076	0.242	1.392	58.00%	2.913	±0.750	53.88%
200	11	5.50%	175.00%	0.081	0.190	2.131	53.09%	5.848	±1.065	49.98%
500	3	0.60%	89.09%	0.066	0.198	1.540	27.73%	3.920	±0.452	29.35%
1000	17	1.70%	183.33%	0.080	0.219	1.794	16.49%	4.049	±0.330	18.39%
2000	40	2.00%	17.65%	0.069	0.203	1.683	6.19%	4.144	±0.239	14.20%
5000	111	2.22%	11.00%	0.078	0.215	1.796	6.71%	4.222	±0.154	8.57%
10000	226	2.26%	1.80%	0.076	0.212	1.772	1.34%	4.124	±0.106	5.98%
20000	421	2.11%	6.86%	0.076	0.216	1.759	0.73%	4.152	±0.076	4.32%
50000	1084	2.17%	2.99%	0.078	0.215	1.819	3.41%	4.275	±0.049	2.69%
100000	2174	2.17%	0.28%	0.079	0.216	1.815	0.22%	4.304	±0.035	1.93%
150000	3312	2.21%	1.56%	0.078	0.215	1.835	1.10%	4.294	±0.029	1.58%
200000	4313	2.16%	2.33%	0.077	0.215	1.801	1.85%	4.276	±0.025	1.39%
300000	6433	2.14%	0.56%	0.078	0.215	1.813	0.67%	4.294	±0.020	1.10%
350000	7634	2.18%	1.72%	0.077	0.214	1.789	1.32%	4.237	±0.018	1.01%
400000	8804	2.20%	0.91%	0.078	0.215	1.806	0.95%	4.277	±0.017	0.94%
500000	10731	2.15%	2.49%	0.078	0.215	1.803	0.17%	4.263	±0.016	0.89%
1000000	21416	2.14%	0.21%	0.079	0.217	1.814	0.61%	4.280	±0.011	0.61%

За длину переходного режима возьмем значение 150000. Так как в дальнейшем вероятность потери перестает значительно изменяться.

Таблица 5. Результаты моделирования варианта 4

Исх. Данные (вариант 4)		К	Е	поток	а	б	КВ			
		1	8	гипер.	22.707	10	1			
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П (%)	Длина очер.	Загру зка	Ср.вр. ож.	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	0	0.00%	-	0.188	0.351	4.346	-	5.740	±4.676	107.59%
20	0	0.00%	-	0.175	0.346	3.881	10.70%	5.726	±3.298	84.98%
50	0	0.00%	-	0.640	0.545	7.506	93.40%	15.798	±5.755	76.67%
100	0	0.00%	-	0.196	0.351	4.802	36.02%	9.023	±2.324	48.40%
200	0	0.00%	-	0.662	0.414	16.122	235.74%	24.106	±4.391	27.24%
500	0	0.00%	-	0.391	0.412	8.804	45.39%	13.536	±1.559	17.71%
1000	3	0.30%	-	0.663	0.430	15.184	72.47%	21.062	±1.716	11.30%
2000	9	0.45%	50.00%	0.474	0.412	11.329	25.39%	18.082	±1.042	9.20%
5000	15	0.30%	33.33%	0.532	0.440	11.968	5.64%	18.464	±0.673	5.62%
10000	23	0.23%	23.33%	0.559	0.436	12.771	6.71%	18.873	±0.486	3.81%
20000	98	0.49%	113.04%	0.576	0.439	13.065	2.30%	19.597	±0.357	2.73%
50000	173	0.35%	29.39%	0.572	0.437	13.053	0.09%	20.041	±0.231	1.77%
100000	414	0.41%	19.65%	0.580	0.438	13.248	1.49%	20.210	±0.165	1.25%
150000	564	0.38%	9.18%	0.587	0.440	13.330	0.62%	20.085	±0.134	1.01%
200000	678	0.34%	9.84%	0.579	0.438	13.216	0.86%	20.050	±0.115	0.87%
300000	987	0.33%	2.95%	0.578	0.437	13.220	0.03%	20.150	±0.095	0.72%
350000	1192	0.34%	3.52%	0.573	0.436	13.101	0.90%	19.922	±0.087	0.66%
400000	1453	0.36%	6.66%	0.579	0.439	13.177	0.58%	20.012	±0.082	0.62%
500000	1752	0.35%	3.54%	0.584	0.441	13.229	0.39%	20.046	±0.073	0.55%
1000000	3579	0.36%	2.14%	0.583	0.439	13.291	0.47%	20.139	±0.052	0.39%

За длину переходного режима возьмем значение 200000. Так как в дальнейшем вероятность потери перестает значительно изменяться.



Таблица 6. Результаты моделирования варианта 5

Исх. Данные (вариант 5)		К	Е	поток	а	б	КВ			
		1	8	гипер.	25	10	1			
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П (%)	Длина очер.	Загруз ка	Ср.вр. ож.	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	0	0.00%	-	0.119	0.313	3.081	-	4.652	±3.790	123.01%
20	0	0.00%	-	0.567	0.391	9.272	200.94%	19.251	±11.089	119.60%
50	0	0.00%	-	0.481	0.519	8.778	5.33%	9.879	±3.599	41.00%
100	0	0.00%	-	0.397	0.399	9.122	3.92%	13.379	±3.446	37.78%
200	0	0.00%	-	0.272	0.368	6.626	27.36%	13.029	±2.373	35.81%
500	0	0.00%	-	0.371	0.350	9.897	49.37%	20.296	±2.338	23.62%
1000	2	0.20%	-	0.408	0.404	9.746	1.53%	16.153	±1.316	13.50%
2000	2	0.10%	50.00%	0.369	0.380	9.584	1.66%	15.823	±0.911	9.51%
5000	1	0.02%	80.00%	0.373	0.388	9.492	0.96%	16.981	±0.619	6.52%
10000	7	0.07%	250.00%	0.405	0.405	10.004	5.39%	17.131	±0.441	4.41%
20000	21	0.11%	50.00%	0.393	0.398	9.834	1.70%	17.081	±0.311	3.16%
50000	56	0.11%	6.67%	0.393	0.398	9.872	0.39%	17.110	±0.197	2.00%
100000	122	0.12%	8.93%	0.401	0.400	10.046	1.76%	17.076	±0.139	1.38%
150000	169	0.11%	7.65%	0.404	0.401	10.069	0.23%	17.093	±0.114	1.13%
200000	199	0.10%	11.69%	0.393	0.399	9.848	2.19%	16.739	±0.096	0.97%
300000	331	0.11%	10.89%	0.400	0.398	10.049	2.04%	17.099	±0.080	0.80%
350000	310	0.09%	19.72%	0.393	0.397	9.865	1.83%	16.885	±0.074	0.75%
400000	405	0.10%	14.31%	0.400	0.400	9.986	1.23%	16.920	±0.069	0.69%
500000	481	0.10%	4.99%	0.399	0.399	9.966	0.20%	16.971	±0.062	0.62%
1000000	1079	0.11%	12.16%	0.397	0.399	9.938	0.28%	16.861	±0.043	0.43%

За длину переходного режима возьмем значение 200000. Так как в дальнейшем вероятность потери перестает значительно изменяться.

Таблица 7. Результаты моделирования варианта 6

Исх. Данные (вариант 6)		К	Е	поток	а	б	КВ			
		1	8	гипер.	22.707	2.271	1			
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П (%)	Длина очер.	Загруз ка	Ср.вр. ож.	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	0	0.00%	-	0.009	0.081	0.218	-	0.688	±0.560	256.88%
20	0	0.00%	-	0.017	0.113	0.342	56.88%	1.089	±0.627	183.33%
50	0	0.00%	-	0.013	0.116	0.238	30.41%	0.750	±0.273	114.71%
100	0	0.00%	-	0.017	0.092	0.391	64.29%	1.325	±0.341	87.21%
200	0	0.00%	-	0.006	0.094	0.132	66.24%	0.579	±0.105	79.55%
500	2	0.40%	-	0.014	0.087	0.330	150.00%	1.137	±0.131	39.70%
1000	2	0.20%	50.00%	0.015	0.101	0.338	2.42%	1.167	±0.095	28.11%
2000	9	0.45%	125.00%	0.017	0.095	0.405	19.82%	1.457	±0.084	20.74%
5000	12	0.24%	46.67%	0.015	0.099	0.344	15.06%	1.256	±0.046	13.37%
10000	33	0.33%	37.50%	0.016	0.100	0.375	9.01%	1.376	±0.035	9.33%
20000	43	0.22%	34.85%	0.016	0.099	0.354	5.60%	1.270	±0.023	6.50%
50000	152	0.30%	41.40%	0.016	0.099	0.374	5.65%	1.312	±0.015	4.01%
100000	288	0.29%	5.26%	0.016	0.100	0.373	0.27%	1.328	±0.011	2.95%
150000	378	0.25%	12.50%	0.016	0.100	0.369	1.07%	1.312	±0.009	2.44%
200000	529	0.26%	4.96%	0.016	0.100	0.373	1.08%	1.328	±0.008	2.14%
300000	783	0.26%	1.32%	0.016	0.099	0.368	1.34%	1.313	±0.006	1.63%
350000	948	0.27%	3.78%	0.016	0.099	0.366	0.54%	1.306	±0.006	1.64%
400000	1073	0.27%	0.96%	0.016	0.100	0.366	0.00%	1.307	±0.005	1.37%
500000	1385	0.28%	3.26%	0.016	0.100	0.370	1.09%	1.321	±0.005	1.35%
1000000	2695	0.27%	2.71%	0.016	0.100	0.370	0.00%	1.320	±0.003	0.81%

За длину переходного режима возьмем значение 100000. Так как в дальнейшем вероятность потери перестает значительно изменяться.

Таблица 8. Результаты моделирования варианта 7

Исх. Данные (вариант 7)		К	Е	поток	а	б	КВ			
		1	8	гипер.	22.707	18.166	1			
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П (%)	Длина очер.	Загруз ка	Ср.вр. ож.	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	0	0.00%	-	1.548	0.559	54.385	-	33.577	±27.352	50.29%
20	0	0.00%	-	2.385	0.844	61.601	13.27%	57.299	±33.005	53.58%
50	9	18.00%	-	3.932	0.892	73.946	20.04%	43.635	±15.896	21.50%
100	2	2.00%	88.89%	1.643	0.633	47.322	36.00%	37.739	±9.722	20.54%
200	36	18.00%	800.00%	3.640	0.861	84.115	77.75%	80.791	±14.716	17.50%
500	41	8.20%	54.44%	2.407	0.708	63.045	25.05%	62.740	±7.228	11.46%
1000	125	12.50%	52.44%	2.899	0.723	83.185	31.95%	71.429	±5.819	7.00%
2000	240	12.00%	4.00%	3.171	0.797	81.531	1.99%	67.414	±3.883	4.76%
5000	587	11.74%	2.17%	3.260	0.814	82.717	1.45%	67.418	±2.456	2.97%
10000	1174	11.74%	0.00%	3.082	0.787	80.009	3.27%	67.246	±1.732	2.16%
20000	3633	18.17%	54.73%	3.105	0.792	79.748	0.33%	66.738	±1.216	1.52%
50000	6376	12.75%	29.80%	3.147	0.798	81.714	2.47%	67.928	±0.783	0.96%
100000	12168	12.17%	4.58%	3.035	0.787	79.360	2.88%	68.073	±0.555	0.70%
150000	18512	12.34%	1.42%	3.088	0.794	79.964	0.76%	67.718	±0.450	0.56%
200000	25706	12.85%	4.15%	3.185	0.800	81.943	2.47%	67.722	±0.390	0.48%
300000	37313	12.44%	3.23%	3.080	0.792	79.974	2.40%	68.063	±0.320	0.40%
350000	43317	12.38%	0.49%	3.104	0.796	80.212	0.30%	67.872	±0.296	0.37%
400000	49452	12.36%	0.11%	3.110	0.797	80.446	0.29%	67.659	±0.276	0.34%
500000	62749	12.55%	1.51%	3.135	0.799	81.096	0.81%	68.069	±0.248	0.31%
1000000	125309	12.53%	0.15%	3.105	0.796	80.590	0.62%	67.917	±0.175	0.22%

За длину переходного режима возьмем значение 500000. Так как в дальнейшем вероятность потери перестает значительно изменяться.

Таблица 9. Результаты моделирования варианта 8

Исх. Данные (вариант 7)		К	Е	поток	а	б	КВ			
		1	2	эрлг. 2	22.707	10	1			
Заявок	Потери	Вер-ть потери	П (%)	Длина очер.	Загруз ка	Ср.вр. ож.	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	0	0.00%	-	0.325	0.902	7.111	-	11.426	±9.308	130.90%
20	0	0.00%	-	0.048	0.403	1.213	82.94%	3.101	±1.786	147.24%
50	0	0.00%	-	0.074	0.325	2.065	70.24%	6.449	±2.349	113.75%
100	2	2.00%	-	0.136	0.436	3.003	45.42%	6.575	±1.694	56.41%
200	2	1.00%	50.00%	0.122	0.383	2.918	2.83%	7.572	±1.379	47.26%
500	8	1.60%	60.00%	0.179	0.465	4.067	39.38%	9.193	±1.059	26.04%
1000	9	0.90%	43.75%	0.119	0.419	2.732	32.83%	6.626	±0.540	19.77%
2000	42	2.10%	133.33%	0.156	0.431	3.562	30.38%	8.479	±0.488	13.70%
5000	107	2.14%	1.90%	0.158	0.434	3.632	1.97%	8.452	±0.308	8.48%
10000	204	2.04%	4.67%	0.164	0.436	3.795	4.49%	8.957	±0.231	6.09%
20000	378	1.89%	7.35%	0.157	0.433	3.624	4.51%	8.667	±0.158	4.36%
50000	974	1.95%	3.07%	0.159	0.431	3.692	1.88%	8.656	±0.100	2.71%
100000	1866	1.87%	4.21%	0.156	0.432	3.593	2.68%	8.469	±0.069	1.92%
150000	2908	1.94%	3.89%	0.157	0.433	3.641	1.34%	8.604	±0.057	1.57%
200000	3788	1.89%	2.30%	0.155	0.429	3.587	1.48%	8.533	±0.049	1.37%
300000	5747	1.92%	1.14%	0.156	0.431	3.601	0.39%	8.498	±0.040	1.11%
350000	6807	1.94%	1.52%	0.157	0.432	3.639	1.06%	8.546	±0.037	1.02%
400000	7575	1.89%	2.63%	0.156	0.432	3.599	1.10%	8.480	±0.035	0.97%
500000	9701	1.94%	2.45%	0.157	0.433	3.642	1.19%	8.593	±0.031	0.85%
1000000	19291	1.93%	0.57%	0.157	0.432	3.632	0.27%	8.567	±0.022	0.61%

За длину переходного режима возьмем значение 200000. Так как в дальнейшем вероятность потери перестает значительно изменяться.

# Анализ полученных результатов и выводы

Таблица 10. Отличия вариантов модели

Вариант	Особенность
1	Трасса, исходная организация
2	Гиперэкспоненциальное распределение интервала времени между входящими заявками, исходная организация
3	Гиперэкспоненциальное распределение, уменьшено на 5 среднее время обслуживания заявок по сравнению с Вариантом 2
4	Гиперэкспоненциальное распределение, увеличена на 6 емкость накопителя по сравнению с Вариантом 2
5	Гиперэкспоненциальное распределение, увеличена среднее значения интервалов между заявками до 25 по сравнению с Вариантом 4
6	Гиперэкспоненциальное распределение, установлена загрузка прибора 0.1 по сравнению с Вариантом 4
7	Гиперэкспоненциальное распределение, установлена загрузка прибора 0.8 по сравнению с Вариантом 4
8	Распределение Эрланга 2-го порядка интервала времени между входящими заявками по сравнению с Вариантом 1 и 2

Изменение характера распределения времени поступления заявок - варианты 1, 2, 8

Изменение загрузки системы и, соответственно, времени обслуживания - варианты 4, 6, 7

Изменение емкости накопителя - варианты 2, 4

Изменение среднего интервала поступления заявок - варианты 4, 5

Зависимость переходного режима от загрузки

# Вероятность потери

## Вероятность потери

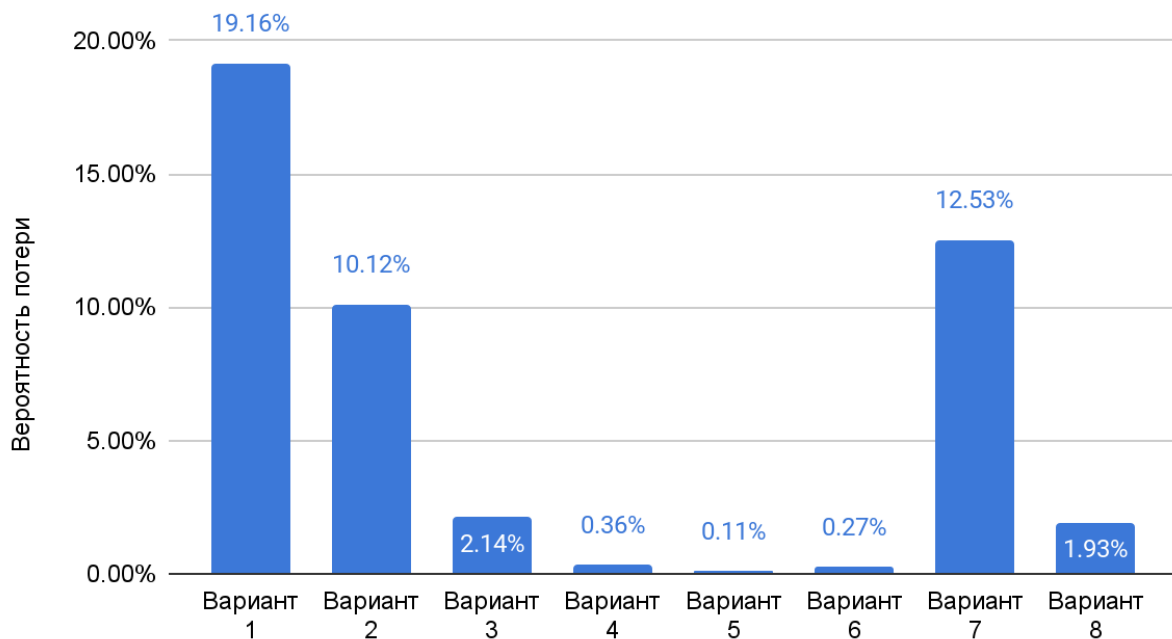
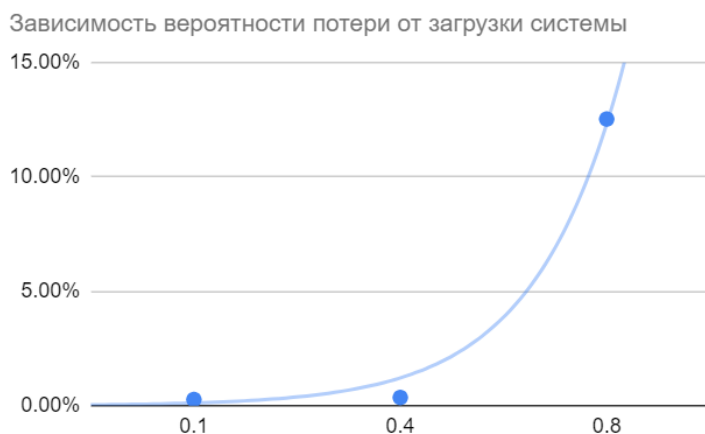


Рисунок 2. Вероятности потери разных вариантов модели

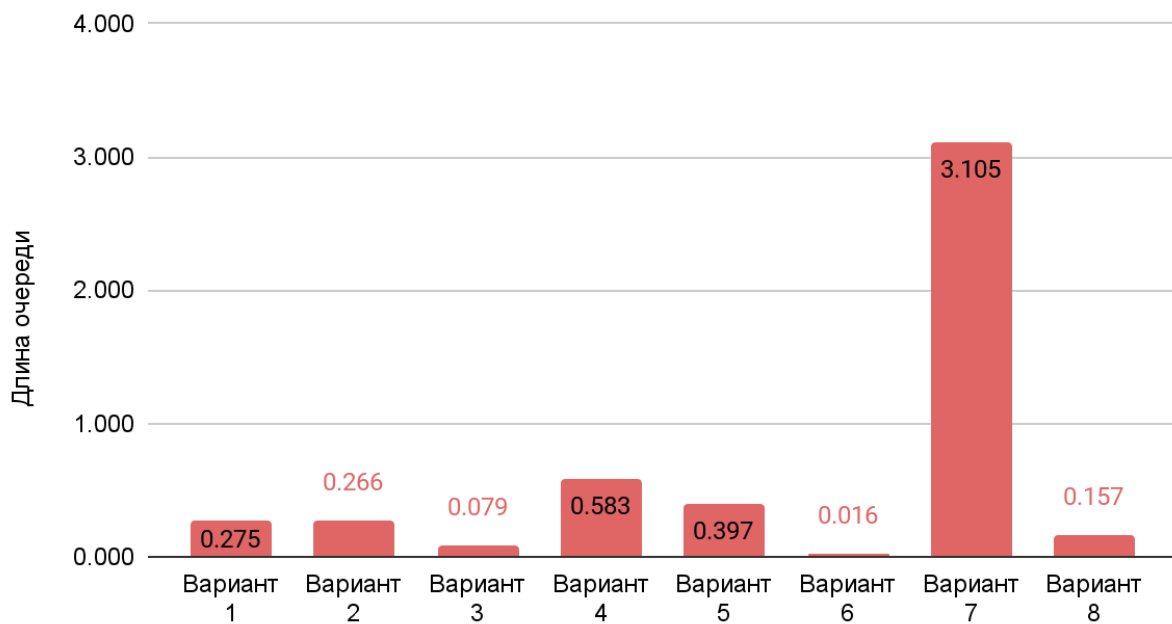
По вариантам 2 и 4 на гистограмме видно, что чем вероятность потери заявок упала почти в 30 раз, при увеличении емкости накопителя в 4 раза. Чем больше интервал между поступлением заявок, тем меньше вероятности потерь (варианты 4, 5).

При изменении нагрузки в вариантах 4 (загрузка 0.4), 6 (загрузка 0.1), 7 (загрузка 0.8) можно заметить, что при высоком значении нагрузки вероятности потери значительно увеличиваются, следовательно, можно предположить экспоненциальную зависимость.



## Длина очереди

### Длина очереди

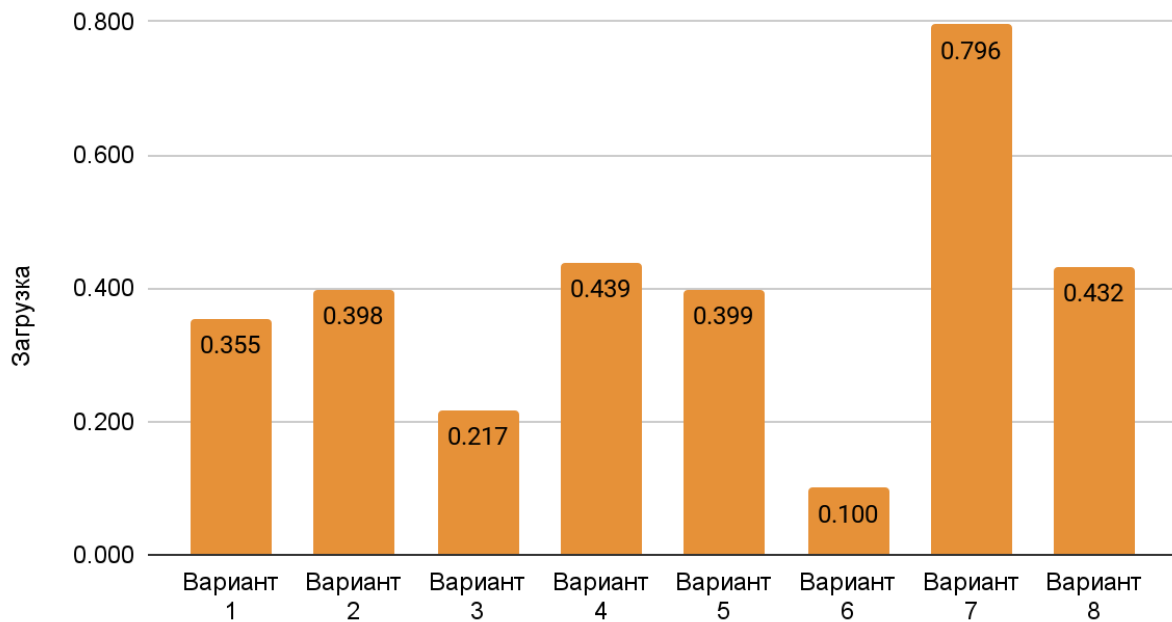


*Рисунок 3. Длина очереди разных вариантов модели*

Емкость накопителя в вариантах 4-7 увеличилась, из чего следует **увеличение длины очереди** в вариантах 4 и 5. В вариантах 6 и 7 мы изменяли значение длительности обслуживания из-за чего увеличилось или уменьшалось среднее время ожидания в очереди. По этой причине менялась загрузка самой системы.

## Загрузка

### Загрузка



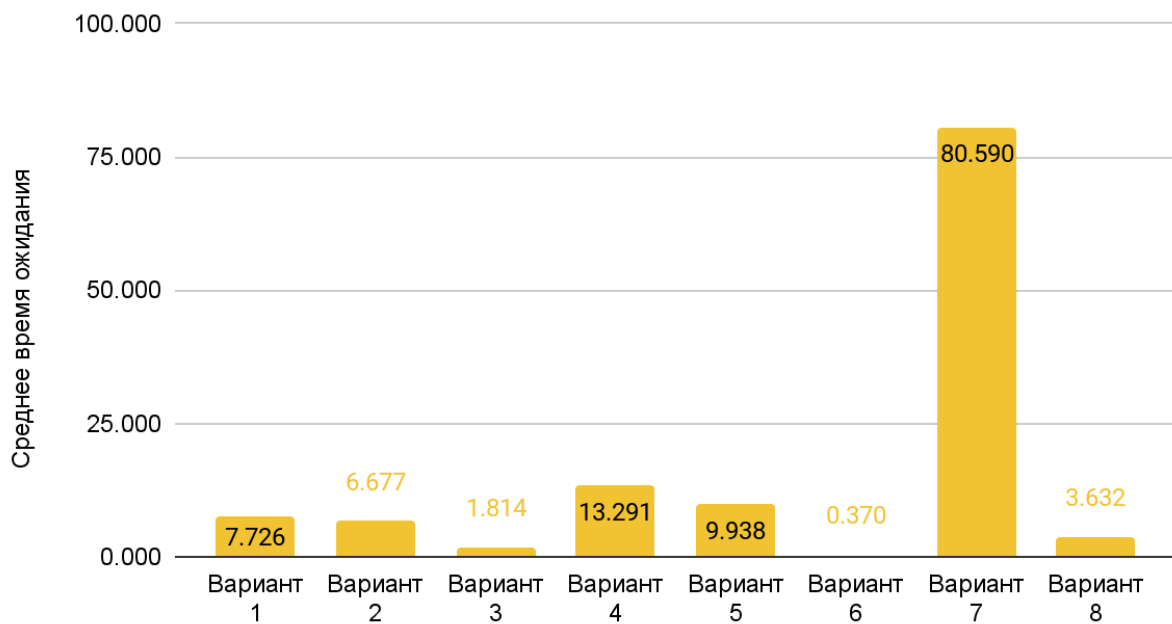
*Рисунок 4. Загрузка разных вариантов модели*

Загрузка системы примерно одинаковая в случаях 1-2, 4-5 и 8 (соотношение  $\lambda \times b$ ). Это происходит по причине того, что средняя длительность обслуживания и интенсивность поступления не изменялись. А вот в рассмотренных вариантах 3, 6 и 7 можно увидеть, что изменение среднего времени длительности обслуживания - влияет на значение загрузки.



## Среднее время ожидания

### Среднее время ожидания



*Рисунок 5. Среднее время ожидания разных вариантов модели*

Опишем влияние на среднее время ожидания заявок в системе. Для этого рассмотрим варианты 1, 2, 8, где изменялся только характер распределения интервала между входящими заявками. Лучший результат показало распределение Эрланга по сравнению с гиперэкспоненциальным распределением.

## Длина переходного процесса

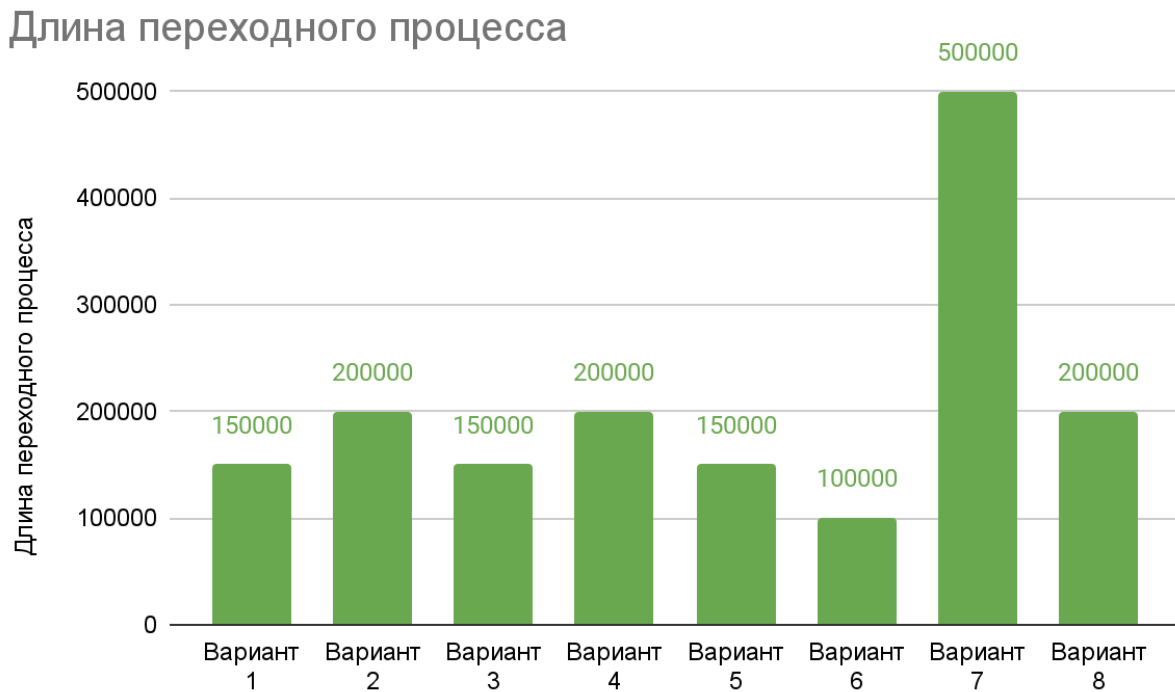


Рисунок 6. Длительность переходного процесса разных вариантов модели

Можно заметить, что длительности переходных процессов не отличаются значительно во всех экспериментах, кроме 7 варианта так как загрузка в данном эксперименте составляет 0.8 по сравнению со всеми остальными. При этом видно, что в некоторых случаях длительность немного выше, чем в остальных. Во втором эксперименте это можно объяснить отличием аппроксимации от трассы из-за случайного характера распределения интервалов между заявками в сравнении с трассой, которая повторяется с циклом в 300 заявок. В четвертом же эксперименте это можно объяснить увеличением ёмкости накопителя, который приводит к увеличению времени, которое требуется для установления характеристик. Обратив внимание на 5 эксперимент, можно заметить, что увеличение среднего интервала между заявками привело к уменьшению длительности переходного процесса, это связано с уменьшением загрузки устройства, что наглядно видно в 6 и 7 эксперименте.