

Университет ИТМО
Факультет ПИиКТ

Учебно-исследовательская работа 3 (УИР 3)
«Исследование СМО произвольного вида»

Выполнила:

Батомункуева Виктория Жаргаловна, Р34101

Преподаватель:

Алиев Тауфик Измайлович

Санкт-Петербург
2024

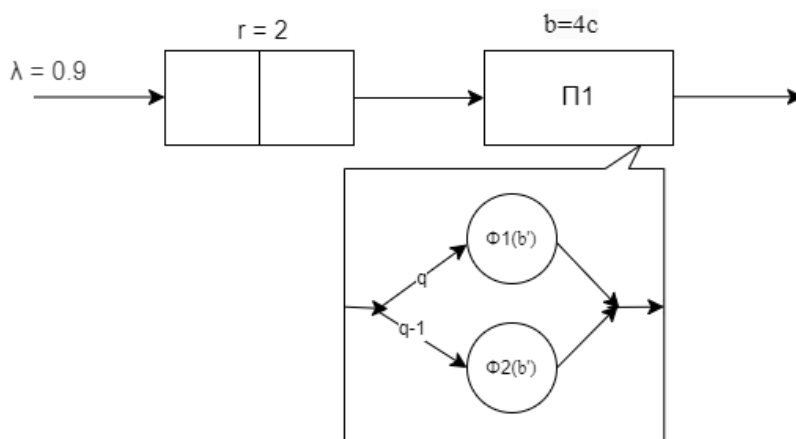
Цель работы:

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.

Выполнение:

Сравнение:

Сравнение результатов имитационного моделирования и метода марковских процессов для выбранной в качестве наилучшей в УИР 2 СМО



Графическое представление СИСТЕМЫ

Результаты имитационного моделирования

Таблица 1. Сравнение

Характеристика	Имитационное моделирование	Метод Марковских процессов	Разница, %
Загрузка	0,985	0,9844	0,06%
Коэффициент простоя	0,015	0,0156	-0,06%
Вероятность потери	0,7246	0,7266	-0,20%

Производительность	0,24786	0,2461	0,18%
Среднее число заявок в очереди	1,652	1,655	-0,30%
Среднее число заявок в системе	2,6359911	2,6395	-0,35%
Время ожидания заявок	6,663	6,726	-6,30%
Время пребывания в системе	10,635	10,7271	-9,21%
Время обработки	3,972	4	-2,80%

Варианты:

Таблица 2. Варианты

Номер варианта		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кол-во приборов		1								
Емкость накопителя		2	2	3	2	2	3	2	2	2
Интервалы между заявками входящего потока	Ср. знач.	206,063			206,063			212,615		
	Вид потока	Прост.			Трасса (УИР1)			Аппрокс. (УИР1)		
Длительность обслуживания заявок	Ср. знач.	114	490	114	107	350	107	110	184	358
	Коэф. вариации	1,5			0,584			0,560		

Для исследования было выбрано по 3 варианта организации системы для каждого вида потока:

- Простейшего
 - Варианты 1 и 3 отличаются емкостью накопителя, загрузка 0.5
 - Во 2-м варианте увеличена длительность обслуживания заявок до значения загрузки 0.95
- Заданной последовательности из УИР1 (трасса)
 - Варианты 4 и 6 отличаются емкостью накопителя, загрузка 0.5
 - В 5-м варианте увеличена длительность обслуживания заявок до значения загрузки 0.95
- Сгенерированной последовательности из УИР1 (аппроксимация)

- Варианты отличаются длительностью обслуживания заявок. Загрузки 0.5, 0.75, 0.95

Таблица 3. 1 Вариант

исх данные	К	Е	Поток	a	b	KB				
	1	2	прост	206,063	114	0,584				
заявок	потери	вер-ть потери	П (%)	Загрузка (UTIL.)	Ср.дл.оч. (AVE. CONT.)	Ср.вр.ож. (AVE. TIME)	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	1	10,00%	-	0,46	0,397	87,372	-	117,818	37,2573	42,64%
20	1	5,00%	50,00%	0,36	0,239	55,227	-36,79%	87,32	19,5253	35,35%
50	2	4,00%	20,00%	0,471	0,225	43,526	-21,19%	65,938	9,3250	21,42%
100	9	9,00%	-125,00%	0,485	0,304	67,064	54,08%	145,738	14,5738	21,73%
200	12	6,00%	33,33%	0,478	0,29	65,334	-2,58%	123,434	8,7281	13,36%
500	42	8,40%	-40,00%	0,485	0,313	70,191	7,43%	130,806	5,8498	8,33%
1000	72	7,20%	14,29%	0,485	0,296	64,756	-7,74%	123,047	3,8911	6,01%
2000	153	7,65%	-6,25%	0,492	0,307	68,509	5,80%	123,472	2,7609	4,03%
5000	407	8,14%	-6,41%	0,5	0,314	70,666	3,15%	122,659	1,7347	2,45%
10000	827	8,27%	-1,60%	0,499	0,314	70,708	0,06%	122,899	1,2290	1,74%
20000	1646	8,23%	0,48%	0,502	0,308	69,255	-2,05%	120,682	0,8534	1,23%
50000	4093	8,19%	0,53%	0,506	0,317	70,883	2,35%	122,942	0,5498	0,78%
100000	8184	8,18%	0,02%	0,506	0,314	70,505	-0,53%	122,498	0,3874	0,55%
200000	16502	8,25%	-0,82%	0,507	0,317	71,151	0,92%	123,768	0,2768	0,39%
500000	41452	8,29%	-0,48%	0,506	0,317	71,362	0,30%	124,138	0,1756	0,25%
1000000	82989	8,30%	-0,10%	0,506	0,317	71,423	0,09%	124,328	0,1243	0,17%

Примем длительность переходного процесса равной 10000, так как при больших количествах заявок вероятность потери заявок отличается не более чем на 0.53%, длина очереди и загрузка начиная с этого момента времени практически неизменны

Таблица 4. 2 Вариант

исх данные	К	Е	Поток	a	b	KB				
	1	2	прост	206,063	490	0,584				
заявок	потери	вер-ть потери	П (%)	Загрузка (UTIL.)	Ср.дл.оч. (AVE. CONT.)	Ср.вр.ож. (AVE. TIME)	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	6	60,00%	-	0,763	1,321	763,037	-	746,817	236,1643	30,95%
20	10	50,00%	16,67%	0,878	1,232	552,702	-27,57%	442,156	98,8691	17,89%

50	28	56,00%	-12,00%	0,943	1,535	618,879	11,97%	338,985	47,9397	7,75%
100	52	52,00%	7,14%	0,928	1,388	577,465	-6,69%	373,546	37,3546	6,47%
200	114	57,00%	-9,62%	0,945	1,408	680,507	17,84%	714,822	50,5455	7,43%
500	287	57,40%	-0,70%	0,922	1,341	643,061	-5,50%	639,86	28,6154	4,45%
1000	586	58,60%	-2,09%	0,931	1,389	682,663	6,16%	657,819	20,8021	3,05%
2000	1153	57,65%	1,62%	0,947	1,42	692,548	1,45%	674,417	15,0804	2,18%
5000	2931	58,62%	-1,68%	0,945	1,425	711,364	2,72%	682,711	9,6550	1,36%
10000	5887	58,87%	-0,43%	0,95	1,429	716,395	0,71%	674,966	6,7497	0,94%
20000	11839	59,20%	-0,55%	0,954	1,437	725,742	1,30%	672,627	4,7562	0,66%
50000	29809	59,62%	-0,71%	0,955	1,442	733,716	1,10%	678,442	3,0341	0,41%
100000	59508	59,51%	0,18%	0,955	1,444	734,841	0,15%	678,07	2,1442	0,29%
200000	119334	59,67%	-0,27%	0,956	1,448	739,616	0,65%	681,831	1,5246	0,21%
500000	298562	59,71%	-0,08%	0,956	1,448	741,794	0,29%	687,634	0,9725	0,13%
1000000	596988	59,70%	0,02%	0,955	1,447	741,578	-0,03%	688,425	0,6884	0,09%

Примем длительность переходного процесса равной 5000

Таблица 4. 3 Вариант

исх данные	К	Е	Поток	a	b	KB				
	1	3	прост	206,063	114	0,584				
заявок	потери	вер-ть потери	П (%)	Загрузка (UTIL.)	Ср.дл.оч. (AVE. CONT.)	Ср.вр.ож. (AVE. TIME)	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	1	10,00%	-	0,497	0,609	123,603	-	149,872	47,3937	38,34%
20	0	0,00%	100,00%	0,389	0,333	75,641	-38,80%	118,076	26,4026	34,91%
50	2	4,00%	-	0,498	0,357	67,957	-10,16%	89,518	12,6598	18,63%
100	6	6,00%	-50,00%	0,496	0,368	78,953	16,18%	147,58	14,7580	18,69%
200	9	4,50%	25,00%	0,485	0,378	83,521	5,79%	147,717	10,4452	12,51%
500	15	3,00%	33,33%	0,514	0,411	86,742	3,86%	147,992	6,6184	7,63%
1000	34	3,40%	-13,33%	0,508	0,381	80,212	-7,53%	141,972	4,4895	5,60%
2000	80	4,00%	-17,65%	0,51	0,411	88,306	10,09%	146,853	3,2837	3,72%
5000	208	4,16%	-4,00%	0,523	0,437	94,28	6,77%	151,144	2,1375	2,27%
10000	434	4,34%	-4,33%	0,521	0,427	92,153	-2,26%	149,118	1,4912	1,62%
20000	826	4,13%	4,84%	0,525	0,423	90,969	-1,28%	146,848	1,0384	1,14%
50000	2142	4,28%	-3,73%	0,528	0,432	92,806	2,02%	149,264	0,6675	0,72%
100000	4237	4,24%	1,10%	0,528	0,429	92,322	-0,52%	148,914	0,4709	0,51%
200000	8684	4,34%	-2,48%	0,528	0,432	93,146	0,89%	150,648	0,3369	0,36%
500000	22007	4,40%	-1,37%	0,528	0,433	93,495	0,37%	151,704	0,2145	0,23%

1000000	43630	4,36%	0,87%	0,528	0,434	93,664	0,18%	151,643	0,1516	0,16%
---------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	-------	---------	--------	-------

Примем длительность переходного процесса равной 50000

Таблица 5. 4 Вариант

исх данные	К	Е	Поток	а	б	КВ				
	1	2	траса	206,063	107	0,584				
заявок	потери	вер-ть потери	П (%)	Загрузка (UTIL.)	Ср.дл.оч. (AVE. CONT.)	Ср.вр.ож. (AVE. TIME)	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	0	0,00%	-	0,556	0,081	13,366	-	32,814	10,3767	77,64%
20	0	0,00%	-	0,43	0,034	6,683	-50,00%	23,602	5,2776	78,97%
50	0	0,00%	-	0,428	0,069	16,178	142,08%	71,359	10,0917	62,38%
100	4	4,00%	-	0,483	0,17	35,753	121,00%	84,69	8,4690	23,69%
200	5	2,50%	37,50%	0,486	0,163	33,683	-5,79%	79,878	5,6482	16,77%
500	14	2,80%	-12,00%	0,485	0,184	38,701	14,90%	91,938	4,1116	10,62%
1000	25	2,50%	10,71%	0,478	0,182	38,242	-1,19%	89,558	2,8321	7,41%
2000	59	2,95%	-18,00%	0,487	0,199	42,093	10,07%	96,058	2,1479	5,10%
5000	143	2,86%	3,05%	0,501	0,206	43,479	3,29%	97,067	1,3727	3,16%
10000	289	2,89%	-1,05%	0,498	0,2	42,392	-2,50%	94,173	0,9417	2,22%
20000	591	2,96%	-2,25%	0,5	0,201	42,5	0,25%	93,942	0,6643	1,56%
50000	1474	2,95%	0,24%	0,502	0,204	43,203	1,65%	95,793	0,4284	0,99%
100000	2931	2,93%	0,58%	0,503	0,207	43,86	1,52%	96,582	0,3054	0,70%
200000	5970	2,99%	-1,84%	0,505	0,211	44,614	1,72%	98,173	0,2195	0,49%
500000	14762	2,95%	1,09%	0,505	0,211	44,673	0,13%	98,181	0,1388	0,31%
1000000	29755	2,98%	-0,78%	0,505	0,211	44,711	0,09%	98,162	0,0982	0,22%

Примем длительность переходного процесса равной 20000

Таблица 6. 5 Вариант

исх данные	К	Е	Поток	а	б	КВ				
	1	2	траса	206,063	350	0,584				
заявок	потери	вер-ть потери	П (%)	Загрузка (UTIL.)	Ср.дл.оч. (AVE. CONT.)	Ср.вр.ож. (AVE. TIME)	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	4	40,00%	-	0,0886	1,264	378,313	-	308,496	97,5550	25,79%
20	5	25,00%	37,50%	0,945	1,221	332,455	-12,12%	230,177	51,4691	15,48%
50	14	28,00%	-12,00%	0,931	1,141	367,365	10,50%	265,126	37,4945	10,21%

100	40	40,00%	-42,86%	0,914	1,284	430,125	17,08%	546,161	54,6161	12,70%
200	84	42,00%	-5,00%	0,927	1,326	463,621	7,79%	484,115	34,2321	7,38%
500	198	39,60%	5,71%	0,933	1,284	434,857	-6,20%	440,647	19,7063	4,53%
1000	433	43,30%	-9,34%	0,942	1,317	476,696	9,62%	503,911	15,9351	3,34%
2000	844	42,20%	2,54%	0,932	1,292	458,965	-3,72%	480,242	10,7385	2,34%
5000	2190	43,80%	-3,79%	0,943	1,33	486,116	5,92%	488,931	6,9145	1,42%
10000	4427	44,27%	-1,07%	0,95	1,34	494,177	1,66%	493,583	4,9358	1,00%
20000	8801	44,01%	0,60%	0,949	1,335	489,856	-0,87%	484,753	3,4277	0,70%
50000	22251	44,50%	-1,13%	0,951	1,344	497,901	1,64%	484,933	2,1687	0,44%
100000	44646	44,65%	-0,32%	0,95	1,344	499,198	0,26%	489,299	1,5473	0,31%
200000	89618	44,81%	-0,37%	0,95	1,347	501,593	0,48%	491,009	1,0979	0,22%
500000	224739	44,95%	-0,31%	0,95	1,35	503,979	0,48%	493,741	0,6983	0,14%
1000000	449348	44,93%	0,03%	0,951	1,349	503,617	-0,07%	494,32	0,4943	0,10%

Примем длительность переходного процесса равной 50000

Таблица 7. 6 Вариант

исх данные	К	Е	Поток	а	б	КВ				
	1	3	траса	206,063	107	0,584				
заявок	потери	вер-ть потери	П (%)	Загрузка (UTIL.)	Ср.дл.оч. (AVE. CONT.)	Ср.вр.ож. (AVE. TIME)	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	0	0,00%	-	0,556	0,081	13,366	-	32,814	10,3767	77,64%
20	0	0,00%	-	0,43	0,034	6,683	-50,00%	23,602	5,2776	78,97%
50	0	0,00%	-	0,428	0,069	16,178	142,08%	71,359	10,0917	62,38%
100	3	3,00%	-	0,496	0,193	39,392	143,49%	92,377	9,2377	23,45%
200	3	1,50%	50,00%	0,488	0,188	38,496	-2,27%	89,624	6,3374	16,46%
500	7	1,40%	6,67%	0,492	0,203	42,056	9,25%	105,019	4,6966	11,17%
1000	14	1,40%	0,00%	0,483	0,2	41,469	-1,40%	102,779	3,2502	7,84%
2000	27	1,35%	3,57%	0,495	0,229	47,573	14,72%	104,566	2,3382	4,91%
5000	69	1,38%	-2,22%	0,509	0,252	52,538	10,44%	110,775	1,5666	2,98%
10000	115	1,15%	16,67%	0,507	0,25	52,039	-0,95%	110,24	1,1024	2,12%
20000	217	1,09%	5,65%	0,51	0,251	52,077	0,07%	110,032	0,7780	1,49%
50000	551	1,10%	-1,57%	0,512	0,255	53,04	1,85%	111,333	0,4979	0,94%
100000	1091	1,09%	1,00%	0,513	0,256	53,298	0,49%	111,249	0,3518	0,66%
200000	2293	1,15%	-5,09%	0,514	0,26	54,055	1,42%	113,466	0,2537	0,47%
500000	5751	1,15%	-0,32%	0,514	0,261	54,24	0,34%	113,883	0,1611	0,30%
1000000	11654	1,17%	-1,32%	0,514	0,262	54,554	0,58%	114,429	0,1144	0,21%

Примем длительность переходного процесса равной 200000

Таблица 8. 7 Вариант

исх данные	К	Е	Поток	а	б	КВ				
	1	2	апрокс	212,615	110	0,56				
заявок	потери	вер-ть потери	П (%)	Загрузка (UTIL.)	Ср.дл.оч. (AVE. CONT.)	Ср.вр.ож. (AVE. TIME)	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	0	0,00%	-	0,48	0,098	19,287	-	41,652	13,1715	68,29%
20	0	0,00%	-	0,389	0,043	9,643	-50,00%	30,326	6,7811	70,32%
50	0	0,00%	-	0,445	0,15	33,523	247,64%	90,413	12,7863	38,14%
100	3	3,00%	-	0,462	0,193	43,526	29,84%	105,707	10,5707	24,29%
200	5	2,50%	16,67%	0,463	0,2	44,68	2,65%	97,888	6,9217	15,49%
500	15	3,00%	-20,00%	0,473	0,198	43,867	-1,82%	104,053	4,6534	10,61%
1000	25	2,50%	16,67%	0,473	0,177	38,621	-11,96%	95,56	3,0219	7,82%
2000	48	2,40%	4,00%	0,486	0,182	39,658	2,69%	92,968	2,0788	5,24%
5000	89	1,78%	25,83%	0,504	0,189	40,872	3,06%	92,883	1,3136	3,21%
10000	186	1,86%	-4,49%	0,501	0,189	40,764	-0,26%	93,115	0,9312	2,28%
20000	418	2,09%	-12,37%	0,502	0,19	41,261	1,22%	94,578	0,6688	1,62%
50000	1046	2,09%	-0,10%	0,505	0,19	41,178	-0,20%	94,756	0,4238	1,03%
100000	2030	2,03%	2,96%	0,506	0,191	41,448	0,66%	94,308	0,2982	0,72%
200000	4253	2,13%	-4,75%	0,507	0,196	42,515	2,57%	96,776	0,2164	0,51%
500000	10557	2,11%	0,71%	0,507	0,197	42,727	0,50%	97,037	0,1372	0,32%
1000000	21231	2,12%	-0,55%	0,507	0,197	42,788	0,14%	97,082	0,0971	0,23%

Примем длительность переходного процесса равной 200000

Таблица 9. 8 Вариант

исх данные	К	Е	Поток	а	б	КВ				
	1	2	апрокс	212,615	184	0,56				
заявок	потери	вер-ть потери	П (%)	Загрузка (UTIL.)	Ср.дл.оч. (AVE. CONT.)	Ср.вр.ож. (AVE. TIME)	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	0	0,00%	-	0,787	0,706	141,716	-	130,391	41,2333	29,10%
20	0	0,00%	-	0,648	0,327	73,194	-48,35%	114,452	25,5922	34,96%
50	2	4,00%	-	0,682	0,394	90,373	23,47%	101,04	14,2892	15,81%
100	9	9,00%	-125%	0,721	0,498	119,481	32,21%	220,208	22,0208	18,43%

200	22	11,00%	-22%	0,716	0,562	137,798	15,33%	211,602	14,9625	10,86%
500	55	11,00%	0%	0,727	0,583	140,605	2,04%	221,168	9,8909	7,03%
1000	102	10,20%	7,27%	0,725	0,543	128,664	-8,49%	203,924	6,4486	5,01%
2000	240	12,00%	-17,65%	0,731	0,581	140,393	9,12%	212,681	4,7557	3,39%
5000	602	12,04%	-0,33%	0,746	0,599	144,57	2,98%	213,913	3,0252	2,09%
10000	1225	12,25%	-1,74%	0,749	0,599	144,859	0,20%	213,557	2,1356	1,47%
20000	2481	12,41%	-1,27%	0,751	0,61	147,684	1,95%	215,425	1,5233	1,03%
50000	6351	12,70%	-2,39%	0,752	0,612	148,815	0,77%	218,327	0,9764	0,66%
100000	12768	12,77%	-0,52%	0,753	0,617	150,123	0,88%	219,693	0,6947	0,46%
200000	25760	12,88%	-0,88%	0,754	0,62	150,946	0,55%	221,388	0,4950	0,33%
500000	64936	12,99%	-0,83%	0,754	0,623	151,822	0,58%	222,377	0,3145	0,21%
1000000	130752	13,08%	-0,68%	0,754	0,626	152,662	0,55%	223,384	0,2234	0,15%

Примем длительность переходного процесса равной

Таблица 10. 9 Вариант

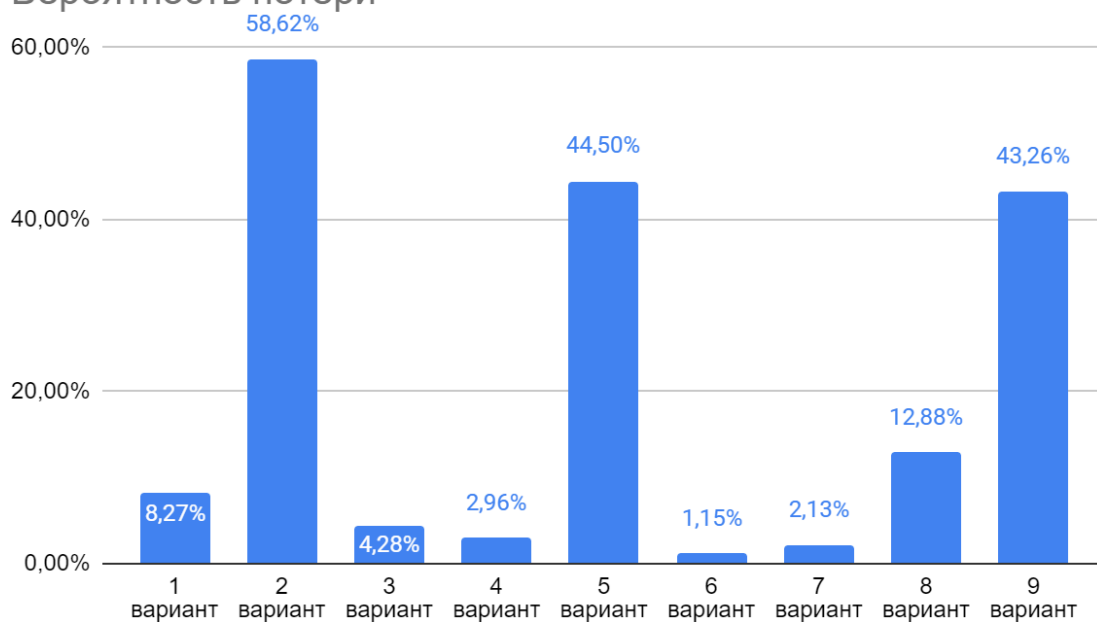
исх данные	К	Е	Поток	а	б	КВ				
	1	2	апрокс	212,615	358	0,56				
заявок	потери	вер-ть потери	П (%)	Загрузка (UTIL.)	Ср.дл.оч. (AVE. CONT.)	Ср.вр.ож. (AVE. TIME)	О (%)	СКО вр. ож.	Дов. инт.	Д (%)
10	4	40,00%	-	0,884	1,393	417,154	-	341,001	107,8340	25,85%
20	6	30,00%	25,00%	0,865	0,993	340,158	-18,46%	290,909	65,0492	19,12%
50	16	32,00%	-6,67%	0,917	1,176	374,984	10,24%	299,948	42,4191	11,31%
100	36	36,00%	-12,50%	0,876	1,123	383,612	2,30%	506,57	50,6570	13,21%
200	81	40,50%	-12,50%	0,914	1,224	446,828	16,48%	475,257	33,6057	7,52%
500	188	37,60%	7,16%	0,928	1,221	420,337	-5,93%	428,574	19,1664	4,56%
1000	409	40,90%	-8,78%	0,947	1,285	461,874	9,88%	487,434	15,4140	3,34%
2000	792	39,60%	3,18%	0,944	1,273	448,117	-2,98%	462,623	10,3446	2,31%
5000	2113	42,26%	-6,72%	0,947	1,313	482,802	7,74%	485,791	6,8701	1,42%
10000	4275	42,75%	-1,16%	0,951	1,325	490,957	1,69%	493,365	4,9337	1,00%
20000	8549	42,75%	0,01%	0,948	1,319	488,946	-0,41%	486,99	3,4435	0,70%
50000	21631	43,26%	-1,21%	0,95	1,338	500,408	2,34%	490,009	2,1914	0,44%
100000	43469	43,47%	-0,48%	0,95	1,338	501,943	0,31%	494,366	1,5633	0,31%
200000	87100	43,55%	-0,19%	0,95	1,34	503,761	0,36%	494,905	1,1066	0,22%
500000	218325	43,67%	-0,26%	0,95	1,341	504,922	0,23%	497,697	0,7038	0,14%
1000000	436811	43,68%	-0,04%	0,95	1,341	505,06	0,03%	498,498	0,4985	0,10%

Примем длительность переходного процесса равной 50000

Сравнительный анализ результатов моделирования:

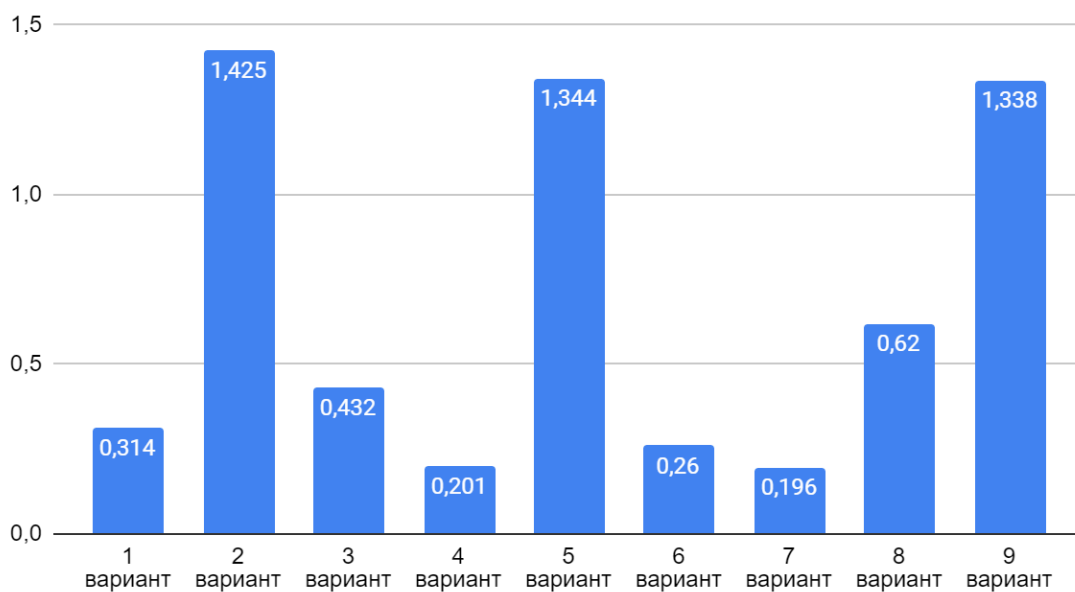
Вероятность потери существенно уменьшается при уменьшении времени обслуживания (варианты 7, 8, 9), незначительно уменьшается при увеличении емкости накопителя (варианты 1 и 3, 4 и 6).

Вероятность потери



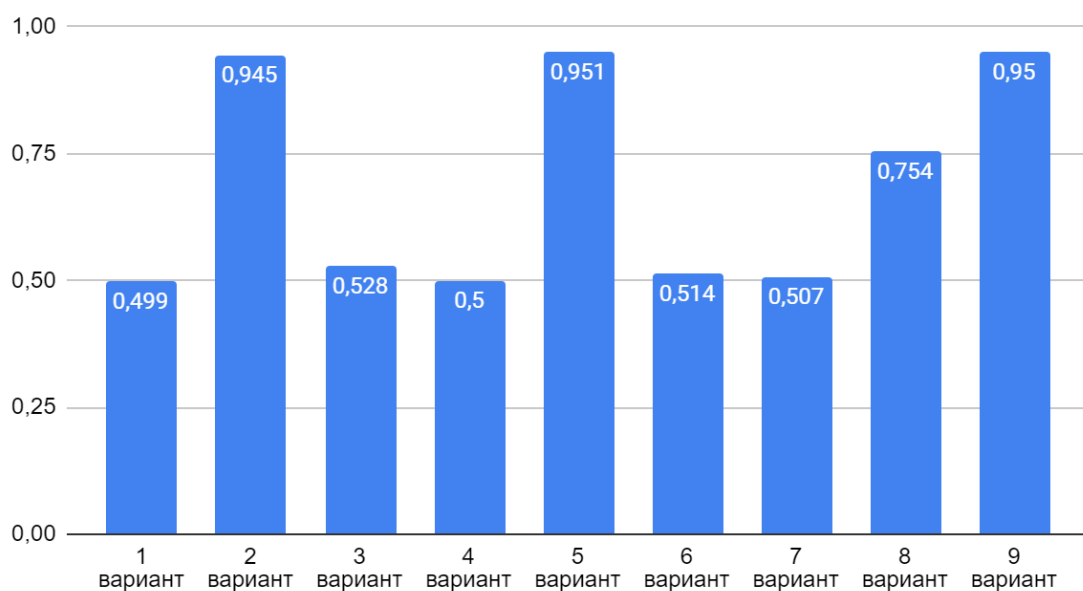
Длина очереди существенно возрастает при увеличении времени обслуживания (варианты 7, 8, 9), также возрастает пропорционально увеличению емкости накопителя (варианты 1 и 3, 4 и 6).

Длина очереди



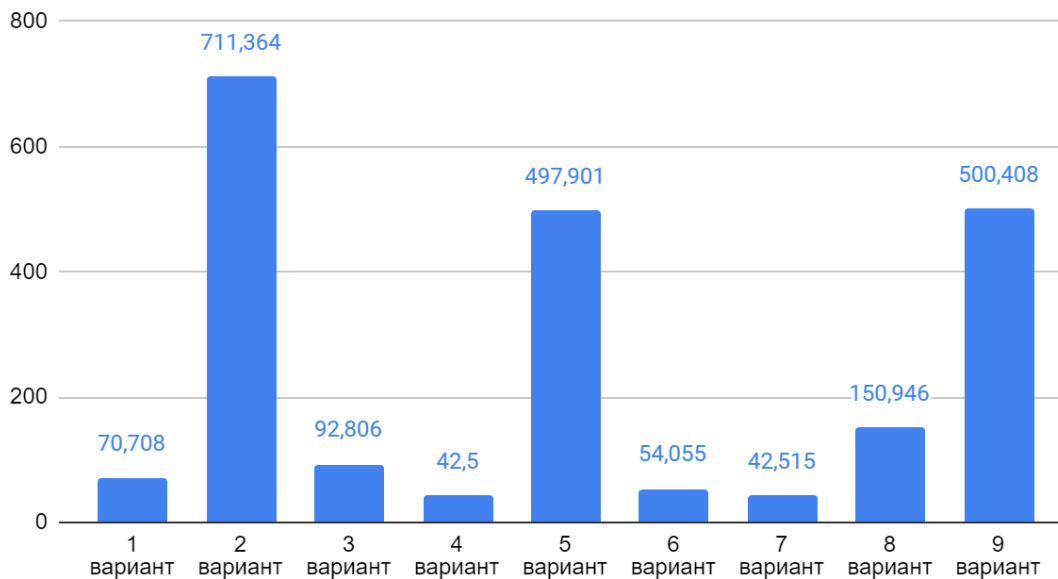
Загрузка увеличивается с увеличением времени обслуживания в приборе.

Загрузка



Среднее время ожидания зависит от скорости обслуживания в приборе и длины очереди, поэтому при возрастании данных параметров оно также возрастает.

Время ожидания



Вывод:

В результате моделирования можно сделать вывод, что:

- Если увеличивать среднее времени обслуживания в приборе при сохранении среднего интервала между заявками, то:
 - загрузка системы будет увеличиваться, так как новые заявки будут приходить быстрее, чем старые будут обрабатываться.
 - вероятность потери будет также увеличиваться, так как заявки будут приходить в систему, накопитель в которой уже заполнен, и отбрасываться.
- Если увеличивать размер накопителя, то:
 - увеличивается среднее время нахождения в приборе и среднее время ожидания, так как большее
 - уменьшается вероятность потери заявок, так как больше заявок смогут встать в очередь и впоследствии попадать на обслуживание