

Факультет Программной Инженерии и Компьютерной техники

Моделирование

**Лабораторная работа №3
«Исследование СМО произвольного вида»
Вариант 46/54/102**

**Выполнили:
Тюрин И.Н.
Сосновцев Г.А.
Группа Р34102**

**Санкт-Петербург
2024**

Цель работы.....	2
Ход работы.....	3
Описание модели на GPSS.....	3
Сравнение марковской и имитационной модели.....	6
План экспериментов.....	7
Результаты имитационных экспериментов.....	8
Поток с заданной трассой.....	8
Аппроксимирующий поток.....	10
Простейший поток.....	13
Вывод.....	18
Вероятность потери заявки.....	19
Количество заявок для установления стационарного режима.....	19
Среднее время ожидания.....	20

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.

Ход работы

Для проведения имитационного моделирования была взята конфигурация системы 1 из УИР2.

СИСТЕМА_1. В системе содержится 3 прибора с общим накопителем ёмкостью 3, приборы для обслуживания выбираются соответственно вероятностям $p_1 = 0,6$, $p_2 = 0,25$, $p_3 = 0,15$.

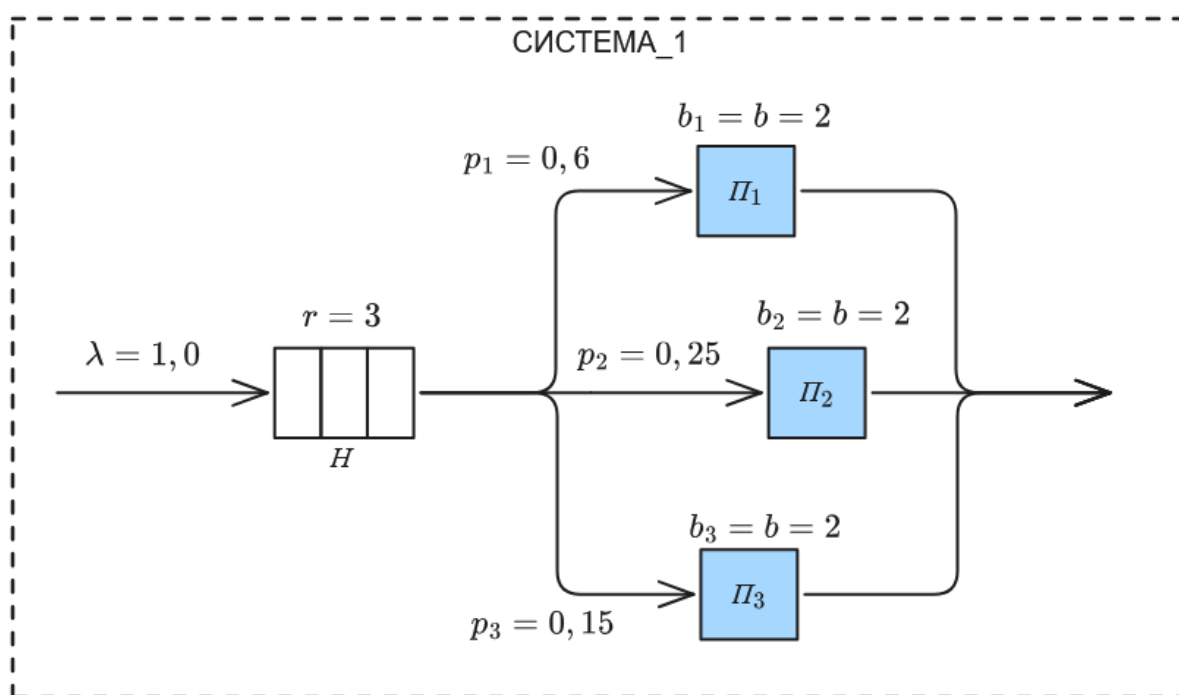


Рисунок 1. — Схема СИСТЕМА_1

Описание модели на GPSS

Модель GPSS использовавшаяся для моделирования представлена на листинге 1. В ней объявлены необходимы переменные, которые использовались для моделирования различных распределений: простейшего, заданной трассы, Эрланга 2-го порядка, трассы аппроксимирующей распределение Эрланга 2-го порядка, а так же имеются закомментированные инструкции для использования генераторов соответствующих распределений.

Основную сложность при разработке модели представляло корректное распределение транзактов по приборам в соответствии с

текущей занятостью приборов и вероятностью их занятия. Для этого потребовалось ввести 3 логических переменных обозначающих занятость приборов, дополнительного многоканально прибора, ограничивающего поток заявок до освобождения хотя бы одного прибора и реализовать сеть проверок занятости приборов (“развязка по вероятностям...”).

Отдельная очередь sys используется для подсчета времени пребывания в системе и количества потерянных заявок.

Функция (из шаблона модели) используется для моделирования распределения по трассе (полученному распределению из УИР1).

```

*****
*                               Модель СМО G/G/K/E                               *
*****
*                               И с х о д н ы е  д а н н ы е                               *
*****
servs    STORAGE    3          ; многоканальный псевдо-прибор для учета вероятностей выбора
E_buf    EQU    3          ; емкость накопителя (буфера)
t_a      EQU    1          ; интервал между поступающими заявками
t_ae     EQU    0.5        ; интервал между поступающими заявками при Эрланге-2
t_b      EQU    2          ; средняя длительность обслуживания заявки в приборе
RN_a     EQU    111        ; номер ген-ра для потока заявок
RN_ae1   EQU    222        ; номер ген-ра для потока заявок при Эрланге-2 (стадия 1)
RN_ae2   EQU    333        ; номер ген-ра для потока заявок при Эрланге-2 (стадия 2)
RN_b     EQU    444        ; номер ген-ра для длительности обслуживания
P_1      EQU    0.6        ; вероятность занятия первого прибора
P_2      EQU    0.25       ; вероятность занятия второго прибора
P_3      EQU    0.15       ; вероятность занятия третьего прибора
P_1or2   EQU    0.705882; вероятность занятия П1, если заняли П3
P_1or3   EQU    0.8        ; вероятность занятия П1, если заняли П2
P_2or3   EQU    0.625      ; вероятность занятия П2, если заняли П1
*****
*GENERATE (GetRandomNumberFromFile("D:\absolute\path\to\trace.txt")) ; для
трассы
*GENERATE (GetRandomNumberFromFile("D:\absolute\path\to\approx.txt")); для
аппр-ции трассы
*GENERATE (Exponential(RN_ae1,0,t_ae)+Exponential(RN_ae2,0,t_ae)) ; для аппр-ции
Эрланга-2
GENERATE (Exponential(RN_a,0,t_a)); для простейшего

QUEUE    sys          ; для подсчета времени пребывания
TEST L   Q$buf,E_buf,loss ; отбросить заявку при переполнении очереди
QUEUE    buf
ENTER    servs        ; занять 1 из свободных приборов, иначе ждать

* развязка по вероятностям в зависимости от занятости приборов: *

GATE LR   in_use_1,busy_1 ; П1 занят => П2 или П3
GATE LR   in_use_2,busy_2 ; П2 занят => П1 или П3 (П1 свободен)
GATE LR   in_use_3,busy_3 ; П3 занят => П1 или П2 (П1 и П2 свободны)
TRANSFER P_1,,way_1      ; все свободны => П1 или не П1

```

```

TRANSFER      P_2or3,way_3,way_2  ; П2 или П3 при условии не П1

busy_1  GATE LR      in_use_2,way_3  ; П2 занят => П3
        GATE LR      in_use_3,way_2  ; П3 занят => П2
        TRANSFER     P_2or3,way_3,way_2  ; П2 или П3

busy_2  GATE LR      in_use_3,way_1  ; П3 занят => П1
        TRANSFER     P_1or3,way_3,way_1  ; П1 или П3

busy_3  TRANSFER     P_1or2,way_2,way_1  ; П1 или П2

* занятие приборов: *

way_1   LOGIC S      in_use_1
        SEIZE        serv_1
        DEPART       buf
        ADVANCE      (Exponential(555,0,t_b))
        RELEASE      serv_1
        LOGIC R      in_use_1
        TRANSFER     ,out

way_2   LOGIC S      in_use_2
        SEIZE        serv_2
        DEPART       buf
        ADVANCE      (Exponential(666,0,t_b))
        RELEASE      serv_2
        LOGIC R      in_use_2
        TRANSFER     ,out

way_3   LOGIC S      in_use_3
        SEIZE        serv_3
        DEPART       buf
        ADVANCE      (Exponential(777,0,t_b))
        RELEASE      serv_3
        LOGIC R      in_use_3
        TRANSFER     ,out

* ВЫХОД ИЗ СИСТЕМЫ: *

out     LEAVE        servs
        DEPART       sys
        TERMINATE    1

loss    DEPART       sys
        TERMINATE    1

*****
* Служебные переменные, необходимые для процедуры GetRandomNumberFromFile *
*****
ErrorCodes  MATRIX ,2,1  ; Коды ошибок открытия/закрытия файла (при наличии ошибок в
конце моделирования будут записаны ненулевые значения)
FilePosition MATRIX ,1,1  ; Текущий номер строки в файле, из которой читается число
(увеличивается на 1 с каждым чтением)
*****
PROCEDURE GetRandomNumberFromFile(FileName) BEGIN
    TEMPORARY OpenError, CloseError, LineFromFile, FileId;
    FileId = 1;
    OpenError = open(FileId,FileName);
    if (OpenError /= 0) then begin
        FileId = 2;

```

```

OpenError = open(FileId,FileName);
if (OpenError /=0) then begin
    ErrorCodes[1,1] = OpenError;
    return "";
end;
end;
FilePosition[1,1] = FilePosition[1,1] + 1;
seek(FileId,FilePosition[1,1]);
LineFromFile = read(FileId);
if (LineFromFile = "") then begin
    FilePosition[1,1] = 1;
    seek(FileId,FilePosition[1,1]);
    LineFromFile = read(FileId);
end;
CloseError = close(FileId);
if (CloseError /=0) then begin
    ErrorCodes[2,1] = CloseError;
    return "";
end;
return value(LineFromFile);
END;
*****
*START          100000

```

Листинг 1. — Программный код модели GPSS использовавшейся для моделирования системы с различными потоками транзактов.

Сравнение марковской и имитационной модели

Сравнение характеристик системы в стационарном режиме для заданных параметров. Для имитационной модели стационарный режим рассматривался при 1 млн транзактов пропущенных через систему.

Характеристика	Марковская модель	Имитационная модель	Относительное отклонение, %
Загрузка прибора 1	0,6890	0,6900	0,15%
Загрузка прибора 2	0,6270	0,6280	0,16%
Загрузка прибора 3	0,5880	0,5880	0,00%
Вероятность потерь	0,0481	0,0481	0,05%
Средняя длина очереди	0,3970	0,3990	0,50%
Время ожидания	1,2512	1,1590	7,37%
Время пребывания	2,4171	2,4200	0,12%

Таблица 1. — Сравнение характеристик разработанных марковской и имитационной моделей в стационарном режиме.

План экспериментов.

Номер варианта		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество приборов		3								
Емкости накопителей		3								
Интервалы между заявками	среднее значение	168,50								
	вид потока	Трасса			Аппроксимирующий			Простейший		
Длительность обслуживания	среднее значение	252,75	421,26	758,26	252,75	421,26	758,26	252,75	421,26	758,26
	коэфф. вариации	0,6			0,6			1		
Загрузка		0,5	0,75	0,95	0,5	0,75	0,95	0,5	0,75	0,95

Таблица 2. — План экспериментов: описание исследуемых вариантов организации системы.

Результаты имитационных экспериментов

Поток с заданной трассой

В сериях экспериментов с потоком с заданной трассой использовался генератор на основе случайной выборки выданной в качестве варианта для УИР1, который как уже известно соответствует распределению Эрланга 2-го порядка. Время обслуживания рассчитывалось исходя из параметров распределения в выборке и требуемой загрузки, параметры модели можно видеть в таблицах 3, 4, 5. Для большей изобразительности зависимость среднего времени ожидания от количества транзактов представлена на рисунке 2 для каждой серии с соответствующей загрузкой.

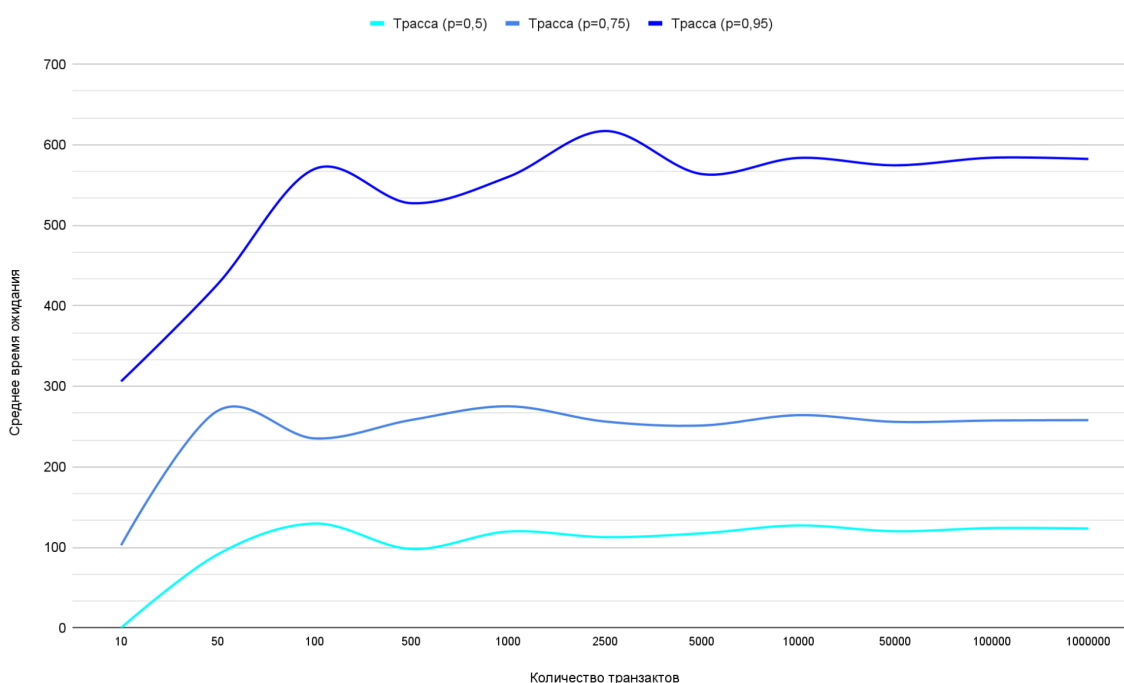


Рисунок 2. — График зависимости времени ожидания от количества транзактов пропущенных заданной трассой потока через систему для различной загрузки: 0,5; 0,75; 0,95.

Вариант	К	Е	поток	а	б	КВ	
1	3	3	Трасса	168,50	252,75	0,7	
Заявок	Потери	Вероятность потерь	П%	Длина очереди	Загрузка	Ср. вр. ожидания	О%
10	0	0,0000	-	1,9990	0,3423	0,0000	-

50	1	0,0133	1333233,33 %	0,1170	0,4980	91,4035	9140349900,00 %
100	1	0,0067	50,00%	0,0943	0,4953	129,5720	41,76%
500	1	0,0020	70,00%	0,1180	0,4920	97,9090	24,44%
1000	4	0,0040	100,00%	0,1020	0,4905	119,6490	22,20%
2500	15	0,0058	45,00%	0,1000	0,5050	112,6850	5,82%
5000	25	0,0050	13,79%	0,0985	0,4915	117,3680	4,16%
10000	67	0,0067	33,00%	0,1125	0,5025	127,2070	8,38%
50000	230	0,0046	30,98%	0,1090	0,4990	119,9720	5,69%
100000	494	0,0049	7,63%	0,1110	0,4990	123,9630	3,33%
1000000	4912	0,0049	0,57%	0,1120	0,5000	123,4030	0,45%

Таблица 3. — Результаты имитационных экспериментов: вид потока
трасса, загрузка 0,5.

Вариант	К	Е	поток	а	б	КВ	
2	3	3	Трасса	168,50	421,26	0,7	
Заявок	Потери	Вероятность потерь	П%	Длина очереди	Загрузка	Ср. вр. ожидания	О%
10	0	0,0000	-	0,1063	0,5920	102,5995	-
50	5	0,1000	9999900,00%	0,7307	0,7550	269,7250	162,89%
100	7	0,0667	33,33%	0,5627	0,7470	235,3025	12,76%
500	35	0,0707	6,00%	0,6987	0,7623	258,2460	9,75%
1000	77	0,0770	8,96%	0,6817	0,7740	275,1855	6,56%
2500	216	0,0862	11,95%	0,6880	0,7740	256,3330	6,85%
5000	328	0,0656	23,90%	0,6360	0,7610	251,3060	1,96%
10000	787	0,0787	19,89%	0,7080	0,7835	264,2030	5,13%
50000	3610	0,0722	8,20%	0,6745	0,7740	255,8550	3,16%
100000	7265	0,0727	0,62%	0,6800	0,7740	257,5360	0,66%
1000000	72993	0,0730	0,47%	0,6790	0,7760	258,0110	0,18%

Таблица 4. — Результаты имитационных экспериментов: вид потока
трасса, загрузка 0,75.

Вариант	К	Е	поток	а	б	КВ	
3	3	3	Трасса	168,50	758,26		
Заявок	Потери	Вероятность потерь	П%	Длина очереди	Загрузка	Ср. вр. ожидания	О%
10	3	0,2500	-	1,4888	0,8880	306,2025	-
50	15	0,3050	22,00%	1,7805	0,9643	427,1333	39,49%
100	35	0,3450	13,11%	1,7505	0,9520	570,0290	33,45%
500	169	0,3373	2,22%	1,8677	0,9740	527,4760	7,47%
1000	333	0,3330	1,28%	1,9435	0,9800	560,0600	6,18%
2500	906	0,3624	8,83%	1,9820	0,9695	617,1770	10,20%
5000	1740	0,3480	3,97%	1,9095	0,9730	563,7270	8,66%
10000	3543	0,3543	1,81%	1,9230	0,9695	583,7030	3,54%
50000	17618	0,3524	0,55%	1,9090	0,9690	574,5200	1,57%
100000	35726	0,3573	1,39%	1,9270	0,9690	583,9910	1,65%
1000000	356362	0,3564	0,25%	1,9210	0,9690	582,4160	0,27%

Таблица 5. — Результаты имитационных экспериментов: вид потока трасса, загрузка 0,95.

Аппроксимирующий поток

В сериях экспериментов с потоком с аппроксимирующим распределением использовался генератор согласно распределению Эрланга 2-го порядка, который был определен в УИР1. Время обслуживания рассчитывалось исходя из параметров распределения и требуемой загрузки, параметры модели можно видеть в таблицах 6, 7, 8. Зависимость среднего времени ожидания от количества транзактов для каждой серии так же представлена на рисунке 3.

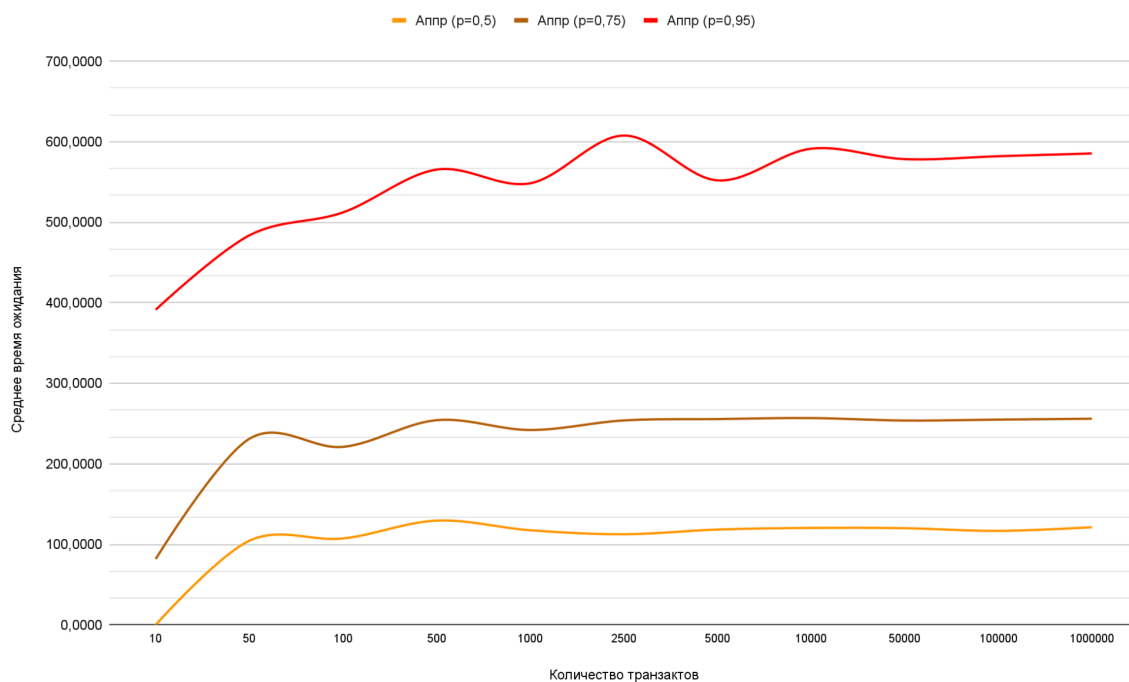


Рисунок 3. — График зависимости времени ожидания от количества транзактов пропущенных аппроксимирующим потоком через систему для различной загрузки: 0,5; 0,75; 0,95.

Вариант	К	Е	поток	а	б	КВ	
4	3	3	Аппроксимирующий	168,50	252,75	0,7	
Заявок	Потери	Вероятность потерь	П%	Длина очереди	Загрузка	Ср. вр. ожидания	О%
10	0	0,0000	-	0,000	0,3710	0,0000	-
50	0	0,0067	666566,67%	0,118	0,4837	208,9300	2089299999900,00%
100	1	0,0100	50,00%	0,054	0,4857	82,3117	60,60%
500	2	0,0047	53,33%	0,121	0,5067	141,2897	71,65%
1000	1	0,0013	71,43%	0,096	0,4990	117,4963	16,84%
2500	20	0,0080	500,00%	0,089	0,4915	112,5360	4,22%
5000	14	0,0028	65,00%	0,105	0,5085	118,3695	5,18%
10000	46	0,0046	62,50%	0,107	0,5030	120,4105	1,72%
50000	221	0,0044	2,86%	0,101	0,4950	120,0640	0,29%
100000	295	0,0030	33,26%	0,089	0,4920	116,6945	2,81%

1000000	7049	0,0070	138,95%	0,102	0,4980	121,2440	3,90%
---------	------	--------	---------	-------	--------	----------	-------

Таблица 6. — Результаты имитационных экспериментов: вид потока аппроксимирующий, загрузка 0,5.

Вариант	К	Е	поток	а	б	КВ	
5	3	3	Аппроксимирующий	168,50	421,26	0,7	
Заявок	Потери	Вероятность потерь	П%	Длина очереди	Загрузка	Ср. вр. ожидания	О%
10	0,00001	0,0000	-	0,2900	0,7517	81,7723	-
50	2,33333 3333	0,0000	0,00%	0,4330	0,7280	231,0945	160,38%
100	4,5	0,0450	4499900,00%	0,5615	0,7940	221,0598	23,82%
500	48,5	0,0970	115,56%	0,6140	0,7375	254,2415	1,14%
1000	75	0,0750	22,68%	0,6630	0,7890	242,0270	2,94%
2500	136	0,0544	27,47%	0,6360	0,7730	253,9450	0,38%
5000	364,5	0,0729	34,01%	0,6700	0,7710	255,6305	0,66%
10000	702	0,0702	3,70%	0,6600	0,7720	256,8720	0,49%
50000	3439	0,0688	2,02%	0,6580	0,7730	253,7940	1,20%
100000	10427	0,1043	51,60%	0,6650	0,7740	254,9500	0,46%
1000000	70048	0,0700	32,82%	0,6730	0,7750	256,0570	0,43%

Таблица 7. — Результаты имитационных экспериментов: вид потока аппроксимирующий, загрузка 0,75.

Вариант	К	Е	поток	а	б	КВ	
6	3	3	Аппроксимирующий	168,50	758,26	0,7	
Заявок	Потери	Вероятность потерь	П%	Длина очереди	Загрузка	Ср. вр. ожидания	О%
10	4	0,3667	-	1,5540	0,9397	391,4463	-
50	13	0,2533	30,91%	1,7853	0,9570	483,7950	23,59%
100	29	0,2900	14,47%	1,7930	0,9515	512,3055	5,89%

500	172	0,3440	18,62%	1,9240	0,9710	565,5050	10,38%
1000	333	0,3325	3,34%	1,8655	0,9710	548,5020	3,01%
2500	946	0,3784	13,80%	1,9990	0,9760	607,7750	10,81%
5000	1664	0,3328	12,05%	1,8060	0,9560	552,1260	9,16%
10000	3538	0,3538	6,31%	1,9330	0,9710	591,4660	7,13%
50000	17439	0,3488	1,42%	1,9070	0,9660	578,4930	2,19%
100000	35476	0,3548	1,71%	1,9270	0,9700	582,1080	0,62%
1000000	354766	0,3548	0,00%	1,9230	0,9680	585,5400	0,59%

Таблица 8. — Результаты имитационных экспериментов: вид потока аппроксимирующий, загрузка 0,95.

Простейший поток

В сериях экспериментов с простейшим потоком распределением использовался соответствующий генератор экспоненциального распределения. Время обслуживания рассчитывалось исходя из требуемой загрузки, параметры модели можно видеть в таблицах 9, 10, 11, а на рисунке 4 представлена зависимость среднего времени ожидания от количества транзактов для каждой серии.



Рисунок 4. — График зависимости времени ожидания от количества транзактов пропущенных простейшим потоком через систему для различной загрузки: 0,5; 0,75; 0,95.

Вариант	К	Е	поток	a	b	КВ	
7	3	3	Простейший	168,50	252,75	1	
Заявок	Потери	Вероятность потерь	П%	Длина очереди	Загрузка	Ср. вр. ожидания	О%
10	0	0,0000	-	0,3690	0,7710	44,5023	-
50	0	0,0000	0,00%	0,2857	0,5700	104,4398	134,68%
100	0	0,0000	0,00%	0,1590	0,5348	130,4277	24,88%
500	10	0,0200	1999900,00%	0,3958	0,4540	129,1853	0,95%
1000	19	0,0190	5,00%	0,1900	0,5100	126,3505	2,19%
2500	45	0,0180	5,26%	0,2020	0,4920	128,7145	1,87%
5000	90	0,0180	0,00%	0,1790	0,4997	136,4720	6,03%
10000	114	0,0114	36,67%	0,1520	0,4880	130,9495	4,05%
50000	803	0,0161	40,88%	0,1680	0,4923	132,4240	1,13%
100000	1495	0,0150	6,91%	0,1650	0,4910	132,7265	0,23%
1000000	15000	0,0150	0,33%	0,1650	0,4925	132,5350	0,14%

Таблица 9. — Результаты имитационных экспериментов: вид потока простейший, загрузка 0,5.

Вариант	К	Е	поток	a	b	КВ	
8	3	3	Простейший	168,50	421,26	1	
Заявок	Потери	Вероятность потерь	П%	Длина очереди	Загрузка	Ср. вр. ожидания	О%
10	1	0,1000	-	0,3817	0,5988	205,3795	-
50	4	0,0800	20,00%	0,6493	0,7150	249,1035	21,29%
100	12	0,1200	50,00%	0,8490	0,7687	268,1185	7,63%
500	44	0,0880	26,67%	0,6133	0,7260	249,6255	6,90%
1000	97	0,0970	10,23%	0,7147	0,7457	273,8130	9,69%
2500	310	0,1240	27,84%	0,7337	0,7523	254,5350	7,04%
5000	517	0,1034	16,61%	0,7083	0,7520	262,5615	3,15%
10000	1060	0,1060	2,51%	0,7245	0,7535	265,3140	1,05%
50000	4959	0,0992	6,43%	0,6900	0,7490	260,3370	1,88%
100000	10398	0,1040	4,84%	0,7020	0,7480	263,8470	1,35%
1000000	102586	0,1026	1,34%	0,7010	0,7480	263,9110	0,02%

Таблица 10. — Результаты имитационных экспериментов: вид потока простейший, загрузка 0,75.

Вариант	К	Е	поток	a	b	КВ	
9	3	3	Простейший	168,50	758,26	1	
Заявок	Потери	Вероятность потерь	П%	Длина очереди	Загрузка	Ср. вр. ожидания	О%
10	5	0,5000	-	1,3617	0,7740	433,4070	-
50	13	0,2600	48,00%	1,7077	0,9860	442,3730	2,07%
100	37	0,3700	42,31%	1,6860	0,9557	540,2515	22,13%
500	180	0,3600	2,70%	1,5870	0,9250	535,1355	0,95%
1000	355	0,3550	1,39%	1,7293	0,9473	548,2395	2,45%
2500	954	0,3816	7,49%	1,8145	0,9605	570,0550	3,98%
5000	1911	0,3822	0,16%	1,7855	0,9485	558,0270	2,11%

10000	3626	0,3626	5,13%	1,7795	0,9490	573,0070	2,68%
50000	18265	0,3653	0,74%	1,7515	0,9460	568,3610	0,81%
100000	36921	0,3692	1,07%	1,7620	0,9470	572,6450	0,75%
1000000	369035	0,3690	0,05%	1,7650	0,9470	572,8650	0,04%

Таблица 11. — Результаты имитационных экспериментов: вид потока простейший, загрузка 0,95.

Для удобства анализа результатов приводим графики сравнения результатов экспериментов для серий с одинаковыми установленными нагрузками: рисунок 5, 6, 7 соответственно для 0,5, 0,75, 0,95.

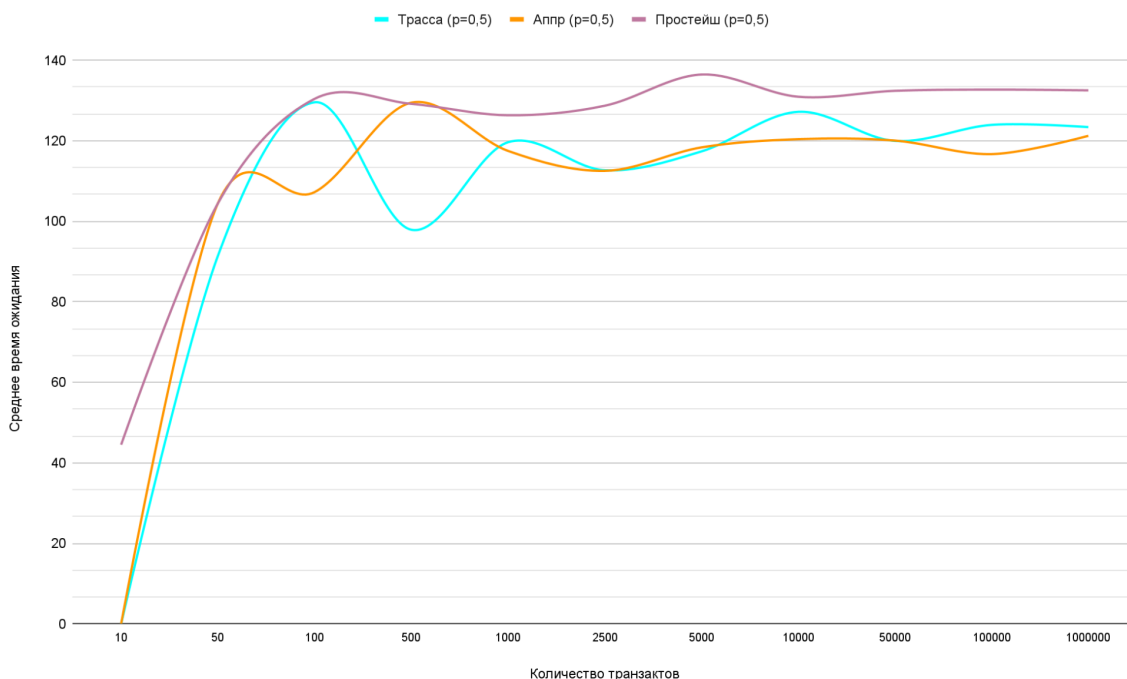


Рисунок 5. — Общий график зависимости времени ожидания от количества транзактов пропущенных через систему для различных потоков с одинаковой загрузкой 0,5.

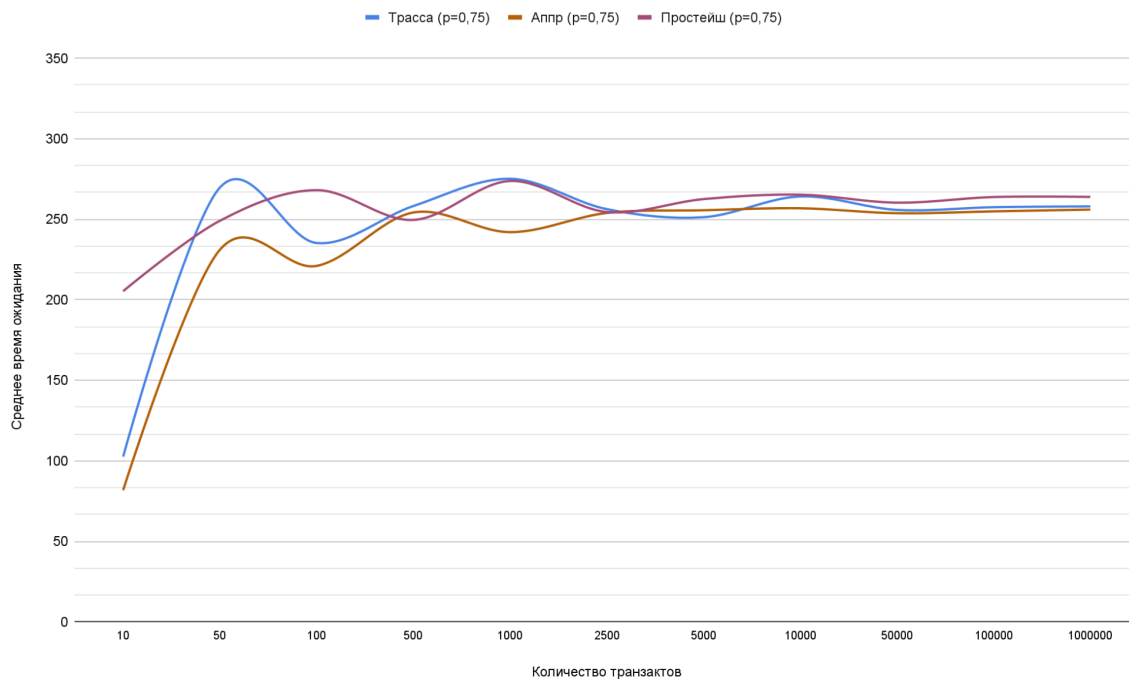


Рисунок 6. — Общий график зависимости времени ожидания от количества транзактов пропущенных через систему для различных потоков с одинаковой загрузкой 0,75.

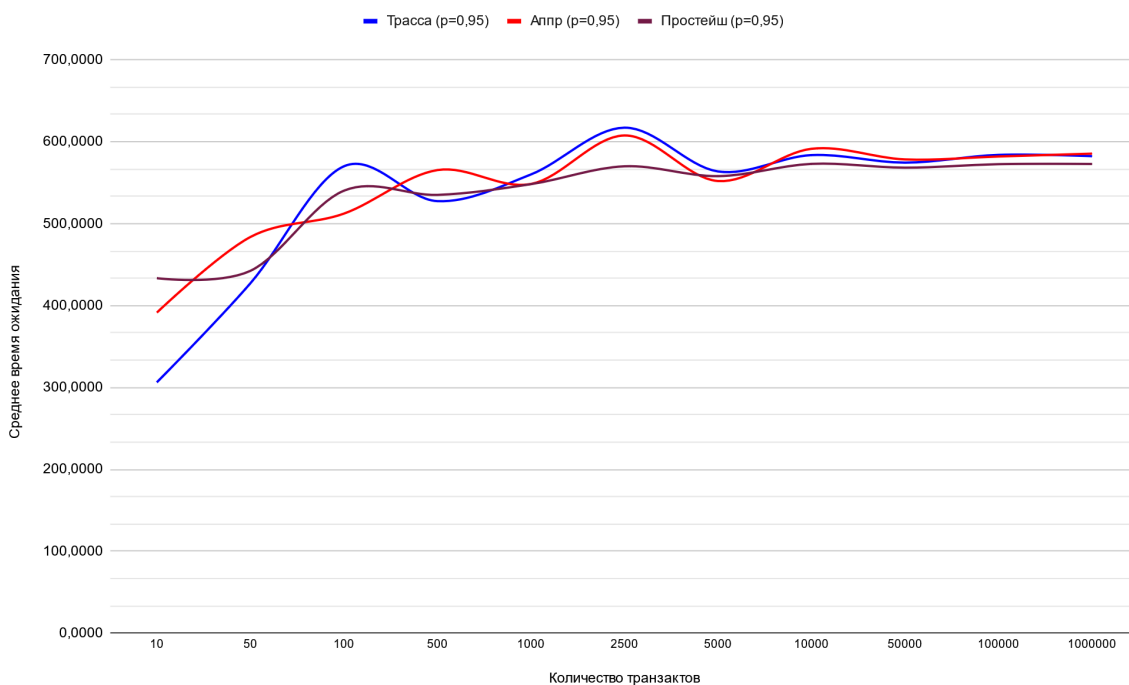


Рисунок 7. — Общий график зависимости времени ожидания от количества транзактов пропущенных через систему для различных потоков с одинаковой загрузкой 0,95.

Вывод

Нами были проверены результаты УИР2 для лучшей системы с помощью имитационного моделирования. Благодаря имитационному моделированию удалось выявить ошибки в построении марковской модели и исправить их, после чего результаты моделирований оказались очень близки, что можно видеть в таблице 1.

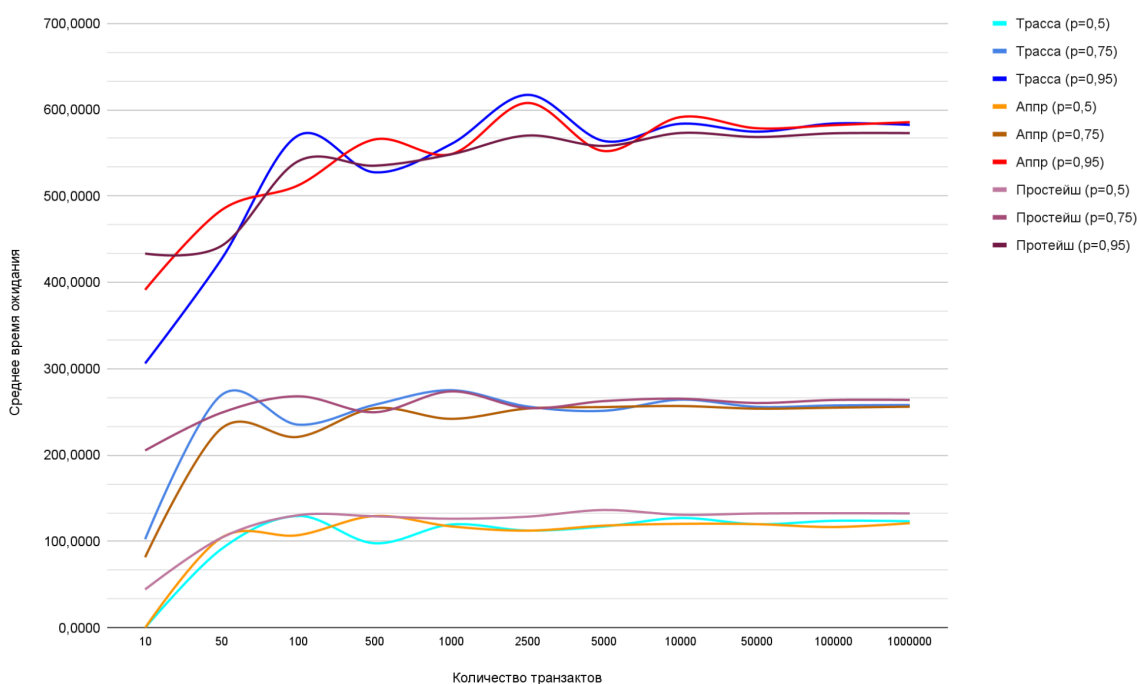


Рисунок 8. — Общий график зависимости времени ожидания от количества транзактов пропущенных через систему для различных потоков с различной загрузкой.

На рисунке 8 можно видеть, что распределение заданное трассой и аппроксимирующее визуально похоже, что говорит о качественном описании выданного в УИР1 распределения. Кроме того заметна

корреляция значений серий при одинаковом количестве пропущенных через систему транзактов, можно полагать, что это связано с методической ошибкой: при моделировании использовались одни и те же генераторы случайных значений. Тем не менее на результаты исследования этот нюанс влияет незначительно, потому что при скорой проверке значений с другими генераторами итоговые результаты не отличались.

Также нами были изучены свойства данной системы на разных входных потоках в сравнении друг с другом и для разных средних длительностей обслуживания, проведено исследование характеристик **вероятности потери заявки, количества заявок для установления стационарного режима и среднего времени ожидания.**

Вероятность потери заявки.

Для вероятности потери заявки не было выявлено зависимости от типа входного потока заявок, и весьма закономерно выявлена прямая зависимость от загрузки СМО – при повышенной загрузке системы из-за случайности поступления заявок часть из них может скапливаться в определенный интервал времени. Однако даже при загрузке близкой к критической (0,95) система на всех входных потоках отработала относительно стабильно, вероятность потери ни в одном из экспериментов не превысила 0,4. С этой точки зрения систему можно назвать хорошей.

Количество заявок для установления стационарного режима.

Колебания на графиках можно объяснить именно установлением стационарного режима, потому что для довольно малой выборки характеристик системы, получаемой в результате пропускания через систему заявок, значения варьируются сильно даже при условии многократного их измерения и усреднения, вероятно повторных измерений нужно больше.

Для данной характеристики удалось выявить зависимости и от типа потока, и от средней длительности обслуживаний. От параметра загрузки

зависимость почти очевидна и причина такого поведения аналогична предыдущей характеристике, причем разница в показателях достаточно значительная, от отличия примерно на порядок для простейшего потока (Рисунок 4) до двух порядков для трассы (Рисунок 2).

Интерес представляет зависимость количества заявок для установления переходного режима от типа потока, Аппроксимация и Трасса имеют природу распределения Эрланга 2-го порядка, Простейший же поток имеет экспоненциальное распределение, если провести расчеты параметра дисперсии, то окажется, что Простейший поток должен быть менее стабильным, однако если рассматривать графики (Рисунки 5-7) легко заметить, что на большой загрузке количество заявок требующееся для установления стационарного режима меньше, чем для других потоков. Природу такого поведения установить не удалось, возможны ошибки в модели или гипотезе, но они не так очевидны.

Среднее время ожидания.

Одной из наиболее интересных для изучения характеристик представляется среднее время ожидания заявки в очереди. По графикам видно, что основной источник зависимости в наших экспериментах также исходил от варьирования средней длительности обслуживания, причем если отобразить получившиеся значения на графике можно заметить, что зависимость похожа на линейную (коэффициент детерминации очень близок к 1). То есть можно предполагать, что увеличивая производительность прибора в несколько раз, среднее время пребывания в системе уменьшается пропорционально (т.к. слагаемые линейно зависимы с коэффициентом близким к 1).

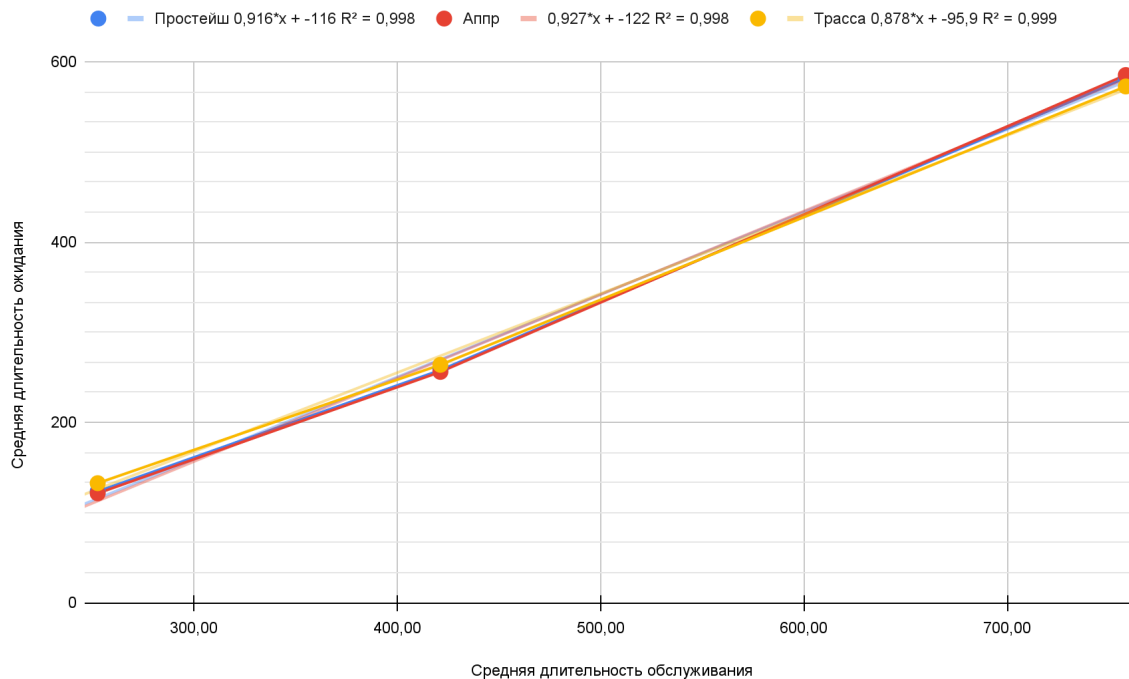


Рисунок 8. – Линейная интерполяция зависимости среднего времени ожидания от средней длительности обслуживания

Аналогично предыдущему пункту видно, что значения среднего времени ожидания для Аппроксимации и Трассы с распределениями Эрланга 2-го порядка гораздо более дисперсные, чем Простейший поток, что расходится с теоретическими рассуждениями.