УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Направление подготовки 09.03.04 Программная инженерия

Дисциплина «Моделирование»

**Лабораторная работа №3**

Вариант 54/15

Выполнили

*Крюков Андрей*

*Патутин Владимир*

*Митрофанов Егор*

*P34101*

Преподаватель

*Алиев Тауфик Измайлович*

Санкт-Петербург

2022 г.

[**Цель работы**](#_85qhaxvh9alo) **3**

[**Задание**](#_rdkxqkiu5bj3) **3**

[**Исходная модель**](#_alqj2kpigi57) **4**

[**Выполнение**](#_x199kw6xazi1) **5**

[Результаты имитационного моделирования](#_3o3jhk54cqer) 5

[Сравнение результатов имитационного и аналитического моделирования](#_w4tyifw0ahmq) 5

[Исследование влияния коэффициента загрузки на длительность переходного режима](#_hs0358n68gmr) 6

[Изменение средней длительности обслуживания](#_t23l7waosz7v) 6

[Изменение среднего интервала между заявками](#_gylbrr1rubl) 8

[Итоги исследования](#_677g5yr77pwn) 9

[Исследование влияния законов распределения интервалов между заявками в потоке на среднее время ожидания, среднее время пребывания заявок в системе и вероятность потерь](#_7ar2ojsimmv1) 10

[Простейший поток](#_jv922d8e8e7i) 10

[Заданная трасса](#_1jhne7gr2r4y) 12

[Заданная трасса](#_wh198m6ufvon) 13

[Итоги исследования](#_g96eboqdef1h) 14

[Исследование влияния емкости накопителя на систему](#_vjonzowqd20k) 16

[Установившейся режим при нагрузке 0.5](#_1i0wc543l43m) 17

[Установившейся режим при нагрузке 0.9](#_lecdnl71gg9o) 18

[**Выводы**](#_t62rcpfbydie) **22**

# 

# 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).

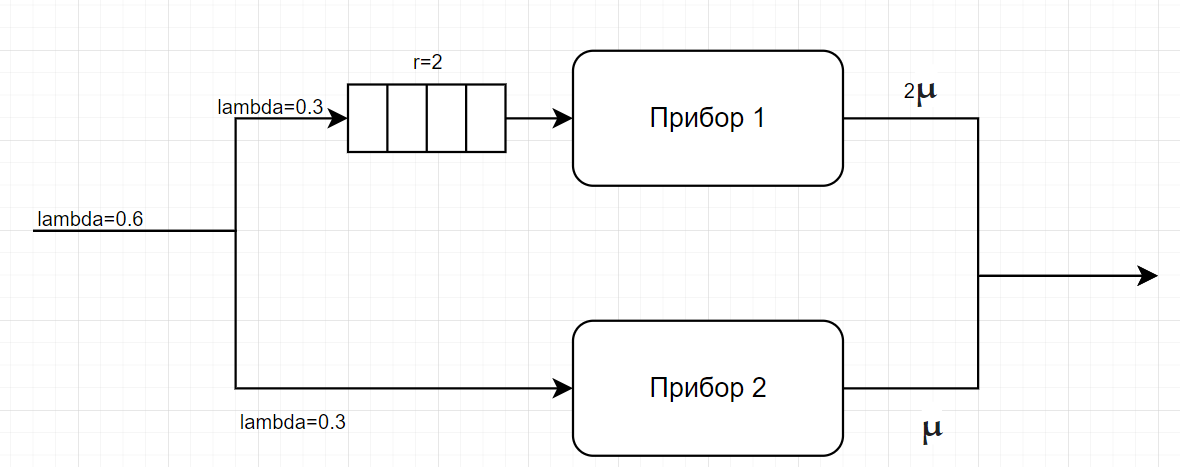
В процессе исследований необходимо оценить влияние на такие характеристики системы, как:

* длительность переходного процесса в системе;
* среднее время ожидания (пребывания) заявок в системе;
* вероятность потери заявок следующих параметров нагрузки и структуры:
  + загрузки системы (в интервале от 0,1 до 0,9);
  + характера потока поступающих в систему заявок (заданная трасса; аппроксимирующий поток; простейший поток);
  + законов распределения длительности обслуживания;
  + количества приборов в системе (от 1 до 3);
  + ёмкости накопителя.

Результаты исследований рекомендуется представлять в форме таблиц, примерная форма которых приведена ниже, и графиков, отражающих зависимости указанных характеристик от варьируемых параметров. Указание: длительность переходного процесса измеряется в количестве заявок, прошедших через систему.

# Исходная модель

* 3 прибора. Вероятности попадания заявки в 1, 2 и 3 прибор: 0.5, 0.4 и 0.1 соотв. Очередь объемом 2 перед первым прибором, перед вторым и третьим накопителей нет
* Критерий эффективности: минимальное время пребывания в системе заявок
* Интенсивность входного потока:
* Средняя длительность обслуживания: 10 сек



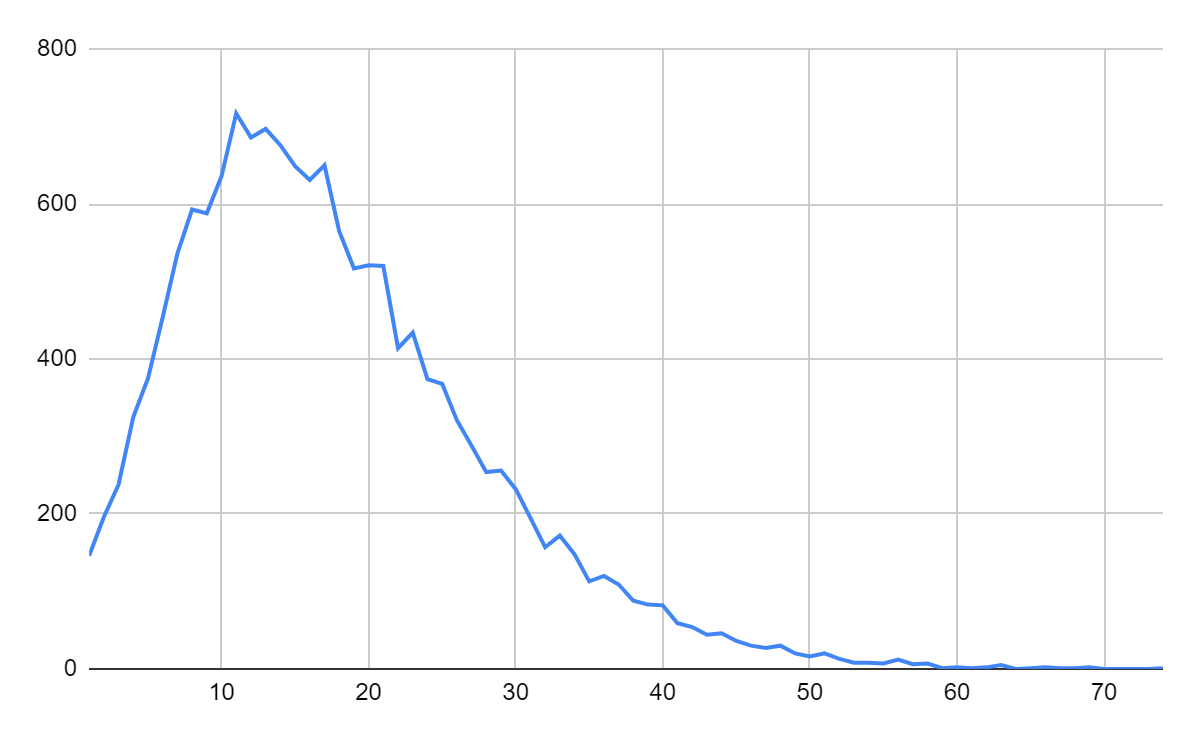
# 

# Выполнение

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

## Результаты имитационного моделирования

Распределение времени ожидания заявок в очереди



## Сравнение результатов имитационного и аналитического моделирования

| **Хар-ка** | **Прибор** | **Имитационное моделирование** | **Метод марковских процессов** | **Степень различия, %** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Загрузка** | **П1** | 0,994 | 0,9896 | 0,44% |
| **П2** | 0,777 | 0,75 | 3,60% |
| **Сумм.** | **0,995** | **0,9974** | -0,22% |
| **Вероятность потери** | **П1** | 0,6801 | 0,6701 | 1,49% |
| **П2** | 0,777 | 0,75 | 3,60% |
| **Сумм.** | **0,72855** | **0,71005** | 2,61% |
| **Длина очереди** | **П1** | 1,663 | 1,6048 | 3,63% |
| **П2** | 0 | 0 | 0,00% |
| **Сумм.** | **1,663** | **1,6048** | 3,63% |
| **Число заявок находящихся в системе** | **П1** | 2,657 | 2,5944 | 2,41% |
| **П2** | 0,777 | 0,7422 | 4,69% |
| **Сумм.** | **3,434** | **3,3444** | 2,68% |
| **Производительность** | **П1** | 0,09597 | 0,09897 | -3,03% |
| **П2** | 0,0669 | 0,075 | -10,80% |
| **Сумм.** | **0,16287** | **0,17397** | -6,38% |
| **Коэффициент простоя системы** | **П1** | 0,006 | 0,0104 | -42,31% |
| **П2** | 0,223 | 0,25 | -10,80% |
| **Сумм.** | **0,005** | **0,0026** | 84,62% |
| **Время ожидания** | **П1** | 16,738 | 16,21501465 | 3,23% |
| **П2** | 0 | 0 | 0,00% |
| **Сумм.** | **10,21059741** | **9,22457895** | 10,69% |
| **Время пребывания** | **П1** | 27,68573513 | 26,21400424 | 5,61% |
| **П2** | 11,61434978 | 9,896 | 17,36% |
| **Сумм.** | **21,08430036** | **19,22400414** | 9,68% |

Как мы видим из сравнительного анализа характеристик, полученных методом имитационного моделирования и методом марковских процессов, различия достигают максимум 10%. Стоит отметить, что различия в 42% или 84% имеют такие большие значения из-за того, что степень загрузки системы близка к 1.

## 

## Исследование влияния коэффициента загрузки на длительность переходного режима

### Изменение средней длительности обслуживания

Исследование простейшего потока при средней длительности обслуживания 100

| **Исх.данные (вариант \_1):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 2;0 | прост. | 169,57 | 100 | 1;1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 10 | 0 | 0,0000 | 0,0% | 0 | 0,3595 | 0 | 0,0% | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 1 | 0,0476 | 0,0% | 0,116 | 28,43 | 22,646 | 0,0% | 36,939 | 8,061 | 35,6% |
| 50 | 2 | 0,0400 | -16,0% | 0,067 | 28,25 | 30,589 | 35,1% | 24,735 | 3,498 | 11,4% |
| 100 | 6 | 0,0600 | 50,0% | 0,021 | 25,11 | 22,627 | -26,0% | 25,624 | 2,562 | 11,3% |
| 200 | 23 | 0,1150 | 91,7% | 0,074 | 27,66 | 24,035 | 6,2% | 51,33 | 3,630 | 15,1% |
| 300 | 14 | 0,0467 | -59,4% | 0,058 | 28,24 | 18,152 | -24,5% | 48,33 | 2,790 | 15,4% |
| 600 | 55 | 0,0917 | 96,4% | 0,043 | 28,76 | 14,586 | -19,6% | 42,24 | 1,724 | 11,8% |
| 1000 | 82 | 0,0820 | -10,5% | 0,036 | 26,66 | 13,136 | -9,9% | 38,24 | 1,209 | 9,2% |
| 1500 | 128 | 0,0853 | 4,1% | 0,048 | 27,84 | 15,9 | 21,0% | 44,185 | 1,141 | 7,2% |
| 2000 | 152 | 0,0760 | -10,9% | 0,044 | 29,66 | 15,216 | -4,3% | 42,44 | 0,949 | 6,2% |
| 5000 | 426 | 0,0852 | 12,1% | 0,056 | 27,24 | 18,94 | 24,5% | 50,762 | 0,718 | 3,8% |
| 10000 | 858 | 0,0858 | 0,7% | 0,047 | 22,86 | 15,35 | -19,0% | 48,48 | 0,485 | 3,2% |
| 20000 | 1814 | 0,0907 | 5,7% | 0,046 | 24,85 | 15,91 | 3,6% | 45,43 | 0,321 | 2,0% |
| 35000 | 3136 | 0,0896 | -1,2% | 0,053 | 23,33 | 17,934 | 12,7% | 49,906 | 0,267 | 1,5% |
| 50000 | 4370 | 0,0874 | -2,5% | 0,052 | 28,63 | 17,732 | -1,1% | 48,909 | 0,219 | 1,2% |

Исследование простейшего потока при средней длительности обслуживания 250

| **Исх.данные (вариант \_2):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 2;0 | прост. | 169,57 | 250 | 1;1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 10 | 2 | 0,2000 | 0 | 0,289 | 0,435 | 108,05 | 0 | 135,883 | 0 | 0 |
| 21 | 6 | 0,2857 | 0 | 1,224 | 78,55 | 298,245 | 0 | 264,971 | 57,821 | 19,4% |
| 50 | 13 | 0,2600 | -9,0% | 1,003 | 77,3 | 283,35 | -5,0% | 244,849 | 34,627 | 12,2% |
| 100 | 19 | 0,1900 | -26,9% | 0,535 | 78,14 | 179,706 | -36,6% | 185,604 | 18,560 | 10,3% |
| 200 | 48 | 0,2400 | 26,3% | 0,405 | 71,49 | 138,372 | -23,0% | 183,1 | 12,947 | 9,4% |
| 300 | 60 | 0,2000 | -16,7% | 0,438 | 75,28 | 152,596 | 10,3% | 197,393 | 11,396 | 7,5% |
| 600 | 146 | 0,2433 | 21,7% | 0,517 | 72,91 | 191,82 | 25,7% | 223,578 | 9,128 | 4,8% |
| 1000 | 225 | 0,2250 | -7,5% | 0,432 | 76,04 | 168,327 | -12,2% | 245,926 | 7,777 | 4,6% |
| 1500 | 319 | 0,2127 | -5,5% | 0,382 | 73,14 | 144,78 | -14,0% | 223,307 | 5,766 | 4,0% |
| 2000 | 486 | 0,2430 | 14,3% | 0,442 | 76,15 | 167,728 | 15,9% | 227,178 | 5,080 | 3,0% |
| 5000 | 1135 | 0,2270 | -6,6% | 0,457 | 76,85 | 172,814 | 3,0% | 239,12 | 3,382 | 2,0% |
| 10000 | 2412 | 0,2412 | 6,3% | 0,442 | 76,38 | 168,607 | -2,4% | 232,086 | 2,321 | 1,4% |
| 20000 | 4735 | 0,2368 | -1,8% | 0,425 | 75,68 | 159,511 | -5,4% | 219,724 | 1,554 | 1,0% |
| 35000 | 8343 | 0,2384 | 0,7% | 0,439 | 75,76 | 162,99 | 2,2% | 219,674 | 1,174 | 0,7% |
| 50000 | 11932 | 0,2386 | 0,1% | 0,445 | 75,8424 | 167,318 | 2,7% | 227,541 | 1,018 | 0,6% |

### 

### Изменение среднего интервала между заявками

Исследование простейшего потока при среднем интервале между заявками 50

| **Исх.данные (вариант \_5):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 2;0 | прост. | 50 | 100 | 1;1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 10 | 3 | 0,3000 | 0 | 0,749 | 0,575 | 92,256 | 0 | 76,479 | 0 | 0 |
| 21 | 9 | 0,4286 | 42,9% | 1,275 | 83,065 | 104,007 | 12,7% | 106,909 | 23,329 | 22,4% |
| 50 | 15 | 0,3000 | -30,0% | 0,804 | 86,49 | 82,315 | -20,9% | 100,771 | 14,251 | 17,3% |
| 100 | 34 | 0,3400 | 13,3% | 0,895 | 86,39 | 104,751 | 27,3% | 108,289 | 10,829 | 10,3% |
| 200 | 76 | 0,3800 | 11,8% | 0,661 | 88,24 | 80,964 | -22,7% | 92,763 | 6,559 | 8,1% |
| 300 | 109 | 0,3633 | -4,4% | 0,853 | 80,439 | 104,846 | 29,5% | 89,181 | 5,149 | 4,9% |
| 600 | 191 | 0,3183 | -12,4% | 0,82 | 84,94 | 97,367 | -7,1% | 105,675 | 4,314 | 4,4% |
| 1000 | 332 | 0,3320 | 4,3% | 0,762 | 87,3429 | 94,445 | -3,0% | 99,186 | 3,137 | 3,3% |
| 1500 | 479 | 0,3193 | -3,8% | 0,746 | 87,439 | 92,77 | -1,8% | 102,164 | 2,638 | 2,8% |
| 2000 | 631 | 0,3155 | -1,2% | 0,674 | 83,82 | 83,406 | -10,1% | 92,814 | 2,075 | 2,5% |
| 5000 | 1570 | 0,3140 | -0,5% | 0,705 | 80,39 | 87,503 | 4,9% | 97,245 | 1,375 | 1,6% |
| 10000 | 3354 | 0,3354 | 6,8% | 0,724 | 82,45 | 91,552 | 4,6% | 100,909 | 1,009 | 1,1% |
| 20000 | 6517 | 0,3259 | -2,8% | 0,728 | 84,86 | 90,049 | -1,6% | 97,412 | 0,689 | 0,8% |
| 35000 | 11697 | 0,3342 | 2,6% | 0,751 | 84,33 | 93,327 | 3,6% | 100,246 | 0,536 | 0,6% |
| 50000 | 16541 | 0,3308 | -1,0% | 0,745 | 83,49 | 92,907 | -0,5% | 100,464 | 0,449 | 0,5% |

Исследование простейшего потока при среднем интервале между заявками 150

| **Исх.данные (вариант \_6):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 2;0 | прост. | 150 | 100 | 1;1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 10 | 0 | 0,0000 | 0 | 0 | 0,406 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 1 | 0,0476 | 0 | 0,155 | 30 | 29,469 | 0 | 59,98 | 13,089 | 44,4% |
| 50 | 1 | 0,0200 | -58,0% | 0,014 | 21,74 | 3,931 | -86,7% | 61,129 | 8,645 | 219,9% |
| 100 | 11 | 0,1100 | 450,0% | 0,104 | 37,78 | 28,98 | 637,2% | 61,755 | 6,176 | 21,3% |
| 200 | 23 | 0,1150 | 4,5% | 0,09 | 33,52 | 26,77 | -7,6% | 58,757 | 4,155 | 15,5% |
| 300 | 16 | 0,0533 | -53,6% | 0,069 | 35,21 | 19,35 | -27,7% | 51,782 | 2,990 | 15,5% |
| 600 | 54 | 0,0900 | 68,8% | 0,06 | 36,75 | 17,575 | -9,2% | 40,233 | 1,643 | 9,3% |
| 1000 | 91 | 0,0910 | 1,1% | 0,06 | 31,61 | 19,471 | 10,8% | 62,543 | 1,978 | 10,2% |
| 1500 | 142 | 0,0947 | 4,0% | 0,069 | 34,02 | 20,884 | 7,3% | 50,53 | 1,305 | 6,2% |
| 2000 | 210 | 0,1050 | 10,9% | 0,063 | 32,77 | 19,389 | -7,2% | 47,884 | 1,071 | 5,5% |
| 5000 | 453 | 0,0906 | -13,7% | 0,073 | 34,67 | 22,337 | 15,2% | 56,819 | 0,804 | 3,6% |
| 10000 | 994 | 0,0994 | 9,7% | 0,065 | 32,07 | 20,01 | -10,4% | 52,843 | 0,528 | 2,6% |
| 20000 | 2000 | 0,1000 | 0,6% | 0,066 | 33,07 | 20,249 | 1,2% | 51,945 | 0,367 | 1,8% |
| 35000 | 3491 | 0,0997 | -0,3% | 0,075 | 33,95 | 22,422 | 10,7% | 55,787 | 0,298 | 1,3% |
| 50000 | 4987 | 0,0997 | 0,0% | 0,072 | 33,91 | 21,93 | -2,2% | 54,272 | 0,243 | 1,1% |

### 

### Итоги исследования

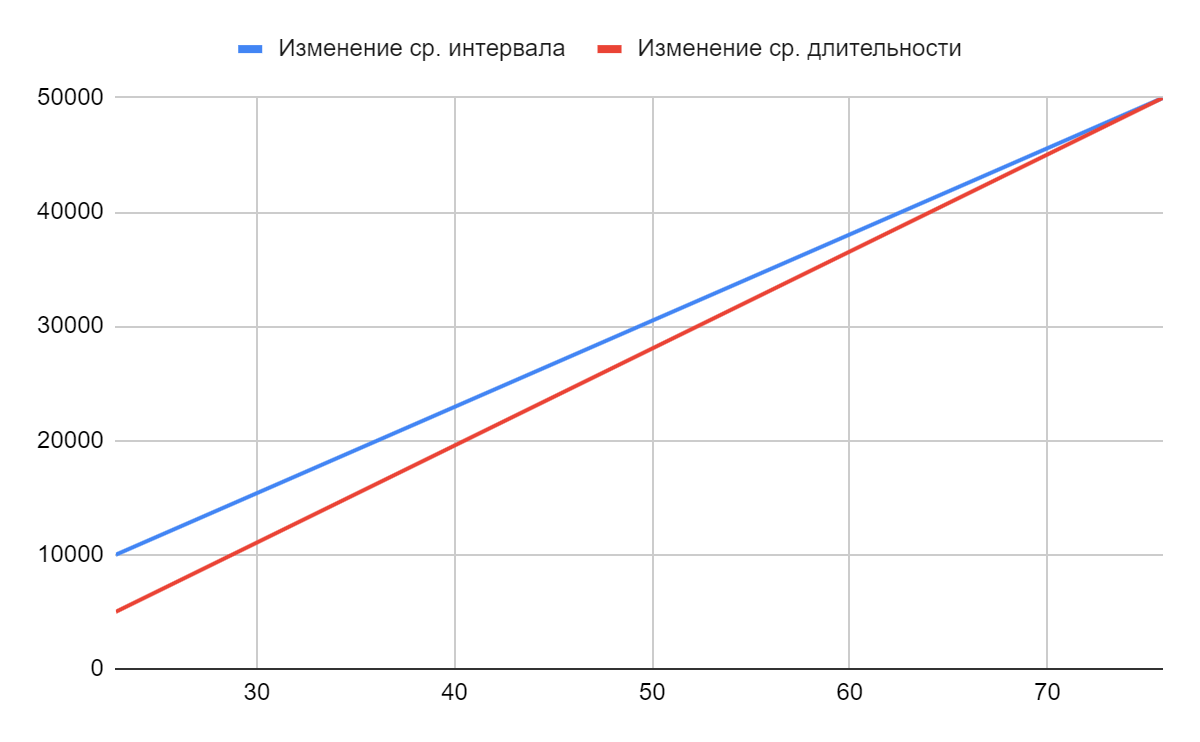
В результате исследования влияния коэффициента загрузки на длительность переходного режима были получены данные представленные ниже:

Итоги изменения времени обработки:

| Ср. инт. между заявками | Ср. дл. обсл. | Кол-во заявок | Загрузка |
| --- | --- | --- | --- |
| 169,57 | 100 | 10000 | 22,86 |
| 169,57 | 250 | 50000 | 75,8424 |

Итоги изменения среднего интервала между заявками:

| Ср. инт. между заявками | Ср. дл. обсл. | Кол-во заявок | Загрузка |
| --- | --- | --- | --- |
| 50 | 100 | 50000 | 83,49 |
| 150 | 100 | 50000 | 33,91 |



В результате исследования была выявлена прямая зависимость между средним интервалом между заявками и длительностью перехода системы в установившийся режим.

## Исследование влияния законов распределения интервалов между заявками в потоке на среднее время ожидания, среднее время пребывания заявок в системе и вероятность потерь

Варианты параметров системы

| Номер варианта | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Количество приборов | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Емкость накопителя | | 2/0 | 2/0 | 2/0 | 2/0 | 2/0 | 2/0 | 2/0 | 2/0 | 2/0 |
| Интервалы между заявками входящего потока | Ср. значение | 169,57 | 169,57 | 169,57 | 169,57 | 169,57 | 169,57 | 169,57 | 169,57 | 169,57 |
| Вид потока | П | П | П | Т | Т | Т | А | А | А |
| Длительность обслуживания заявок | Ср. значение | 80 | 180 | 450 | 140 | 210 | 380 | 80 | 100 | 310 |
| Коэф-т вариации | 1;1 | 1;1 | 1;1 | 0,5;1 | 0,5;1 | 0,5;1 | 0,5;1 | 0,5;1 | 0,5;1 |

### Простейший поток

Исследование простейшего потока при загрузке 0.3

| **Исх.данные (вариант \_1):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 2/0 | прост | 169,57 | 80 | 1;1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 10 | 0 | 0,0000 | 0,00% | 0 | 0,125 | 0 | 0,00% | 0 | 0 | 0,0% |
| 20 | 1 | 0,0500 | 0,00% | 0,033 | 0,2 | 15,764 | 0,00% | 47,292 | 10,57481268 | 67,1% |
| 50 | 7 | 0,1400 | 180,0% | 0,023 | 0,32 | 11,042 | -30,0% | 26,434 | 3,738332131 | 33,9% |
| 100 | 8 | 0,0800 | -42,9% | 0,045 | 0,3011 | 14,268 | 29,2% | 39,107 | 3,9107 | 27,4% |
| 200 | 19 | 0,0950 | 18,8% | 0,042 | 0,3591 | 14,252 | -0,1% | 31,917 | 2,256872714 | 15,8% |
| 300 | 32 | 0,1067 | 12,3% | 0,055 | 0,347 | 20,057 | 40,7% | 45,432 | 2,623017743 | 13,1% |

Исследование простейшего потока при загрузке 0.6

| **Исх.данные (вариант \_2):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 2/0 | прост | 169,57 | 180 | 1;1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 10 | 1 | 0,1000 | 0,00% | 0,015 | 0,6 | 8,765 | 0,00% | 17,53 | 5,543472738 | 63,2% |
| 20 | 3 | 0,1500 | 50,0% | 0,058 | 0,5294 | 25,452 | 190,4% | 56,468 | 12,62662866 | 49,6% |
| 50 | 8 | 0,1600 | 6,7% | 0,05 | 0,5 | 18,752 | -26,3% | 43,334 | 6,128353051 | 32,7% |
| 100 | 21 | 0,2100 | 31,3% | 0,357 | 0,5926 | 112,67 | 500,8% | 159,845 | 15,9845 | 14,2% |
| 200 | 45 | 0,2250 | 7,1% | 0,297 | 0,6178 | 104,438 | -7,3% | 150,129 | 10,6157234 | 10,2% |
| 300 | 63 | 0,2100 | -6,7% | 0,296 | 0,6245 | 101,2 | -3,1% | 145,491 | 8,399926 | 8,3% |

Исследование простейшего потока при загрузке 0.9

| **Исх.данные (вариант \_3):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 2/0 | прост | 169,57 | 450 | 1;1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 10 | 2 | 0,2000 | 0,00% | 0,085 | 0,6 | 34,45 | 0,00% | 17,701 | 5,597547686 | 16,2% |
| 20 | 7 | 0,3500 | 75,0% | 0,887 | 0,8 | 509,781 | 1379,8% | 381,387 | 85,28072577 | 16,7% |
| 50 | 20 | 0,4000 | 14,3% | 0,85 | 0,8125 | 387,216 | -24,0% | 324,985 | 45,95981946 | 11,9% |
| 100 | 35 | 0,3500 | -12,5% | 0,78 | 0,8382 | 345,991 | -10,6% | 367,637 | 36,7637 | 10,6% |
| 200 | 79 | 0,3950 | 12,9% | 1,032 | 0,879 | 463,966 | 34,1% | 425,058 | 30,05613942 | 6,5% |
| 300 | 127 | 0,4233 | 7,2% | 1,034 | 0,029 | 457,005 | -1,5% | 396,973 | 22,91924684 | 5,0% |

### Заданная трасса

Исследование простейшего потока при загрузке 0.3

| **Исх.данные (вариант \_4):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 2/0 | трасса | 169,57 | 140 | 0,5;1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 10 | 1 | 0,1000 | 0,00% | 0,063 | 0,4444 | 22,935 | 0,00% | 51,285 | 16,21774098 | 70,7% |
| 20 | 1 | 0,0500 | -50,0% | 0,264 | 0,65 | 78,48 | 242,2% | 103,221 | 23,08091727 | 29,4% |
| 50 | 4 | 0,0800 | 60,0% | 0,112 | 0,3191 | 37,176 | -52,6% | 78,941 | 11,16394328 | 30,0% |
| 100 | 6 | 0,0600 | -25,0% | 0,028 | 0,266 | 8,918 | -76,0% | 28,955 | 2,8955 | 32,5% |
| 200 | 18 | 0,0900 | 50,0% | 0,02 | 0,2926 | 6,307 | -29,3% | 22,915 | 1,620335189 | 25,7% |
| 300 | 21 | 0,0700 | -22,2% | 0,058 | 0,2989 | 18,709 | 196,6% | 73,482 | 4,242485248 | 22,7% |

Исследование простейшего потока при загрузке 0.6

| **Исх.данные (вариант \_5):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 2/0 | трасса | 169,57 | 210 | 0,5;1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 10 | 0 | 0,0000 | 0,00% | 0,347 | 0,6 | 105,152 | 0,00% | 99,995 | 31,62119546 | 30,1% |
| 20 | 1 | 0,0500 | 0,00% | 0,192 | 0,5 | 53,088 | -49,5% | 83,27 | 18,61973805 | 35,1% |
| 50 | 9 | 0,1800 | 260,0% | 0,083 | 0,4762 | 32,788 | -38,2% | 67,965 | 9,611702477 | 29,3% |
| 100 | 18 | 0,1800 | 0,0% | 0,284 | 0,5783 | 106,567 | 225,0% | 159,631 | 15,9631 | 15,0% |
| 200 | 30 | 0,1500 | -16,7% | 0,221 | 0,5965 | 73,918 | -30,6% | 125,976 | 8,907848387 | 12,1% |
| 300 | 44 | 0,1467 | -2,2% | 0,27 | 0,6381 | 90,11 | 21,9% | 133,926 | 7,732221215 | 8,6% |

Исследование простейшего потока при загрузке 0.9

| **Исх.данные (вариант \_6):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 2/0 | трасса | 169,57 | 380 | 0,5;1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 10 | 4 | 0,4000 | 0,00% | 0,856 | 0,7778 | 338,045 | 0,00% | 347,65 | 109,9365829 | 32,5% |
| 20 | 10 | 0,5000 | 25,0% | 1,259 | 0,8462 | 614,01 | 81,6% | 458,863 | 102,604886 | 16,7% |
| 50 | 22 | 0,4400 | -12,0% | 1,215 | 0,8966 | 701,745 | 14,3% | 614,474 | 86,89974645 | 12,4% |
| 100 | 34 | 0,3400 | -22,7% | 0,927 | 0,8358 | 408,842 | -41,7% | 490,22 | 49,022 | 12,0% |
| 200 | 67 | 0,3350 | -1,5% | 0,979 | 0,8582 | 417,698 | 2,2% | 430,436 | 30,43642145 | 7,3% |
| 300 | 99 | 0,3300 | -1,5% | 0,959 | 0,8812 | 402,269 | -3,7% | 396,106 | 22,86919057 | 5,7% |

### Заданная трасса

Исследование простейшего потока при загрузке 0.3

| **Исх.данные (вариант \_7):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 2/0 | аппр | 169,57 | 80 | 0,5;1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 10 | 0 | 0,0000 | 0,00% | 0,211 | 0,3 | 40,076 | 0,00% | 49,931 | 15,78956858 | 39,4% |
| 20 | 0 | 0,0000 | 0,0% | 0,109 | 0,25 | 21,859 | -45,5% | 41,044 | 9,177717407 | 42,0% |
| 50 | 3 | 0,0600 | 0,0% | 0,052 | 0,2553 | 12,479 | -42,9% | 28,549 | 4,037438299 | 32,4% |
| 100 | 7 | 0,0700 | 16,7% | 0,054 | 0,2979 | 13,687 | 9,7% | 35,718 | 3,5718 | 26,1% |
| 200 | 14 | 0,0700 | 0,0% | 0,046 | 0,2796 | 11,479 | -16,1% | 31,119 | 2,200445592 | 19,2% |
| 300 | 27 | 0,0900 | 28,6% | 0,045 | 0,293 | 11,332 | -1,3% | 30,535 | 1,762939047 | 15,6% |

Исследование простейшего потока при загрузке 0.6

| **Исх.данные (вариант \_8):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 2/0 | аппр | 169,57 | 100 | 0,5;1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 10 | 0 | 0,0000 | 0,0% | 0,091 | 0,8182 | 25,179 | 0,0% | 23,155 | 7,322253922 | 29,1% |
| 20 | 2 | 0,1000 | 0,00% | 0,356 | 0,8421 | 76,981 | 205,7% | 103,438 | 23,12943995 | 30,0% |
| 50 | 7 | 0,1400 | 40,0% | 0,333 | 0,7045 | 81,241 | 5,5% | 105,507 | 14,92094303 | 18,4% |
| 100 | 14 | 0,1400 | 0,0% | 0,321 | 0,7241 | 78,79 | -3,0% | 94,18 | 9,418 | 12,0% |
| 200 | 37 | 0,1850 | 32,1% | 0,255 | 0,638 | 68,215 | -13,4% | 105,292 | 7,44526872 | 10,9% |
| 300 | 63 | 0,2100 | 13,5% | 0,291 | 0,6432 | 75,909 | 11,3% | 114,164 | 6,591261613 | 8,7% |

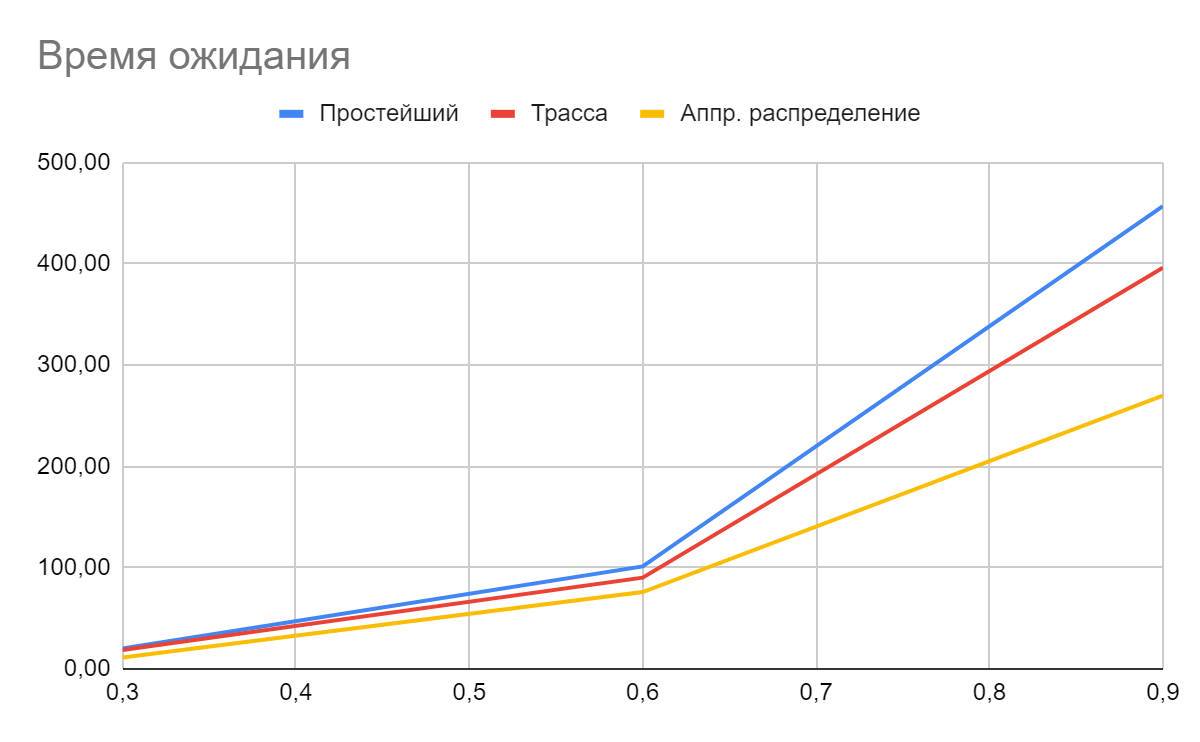
Исследование простейшего потока при загрузке 0.9

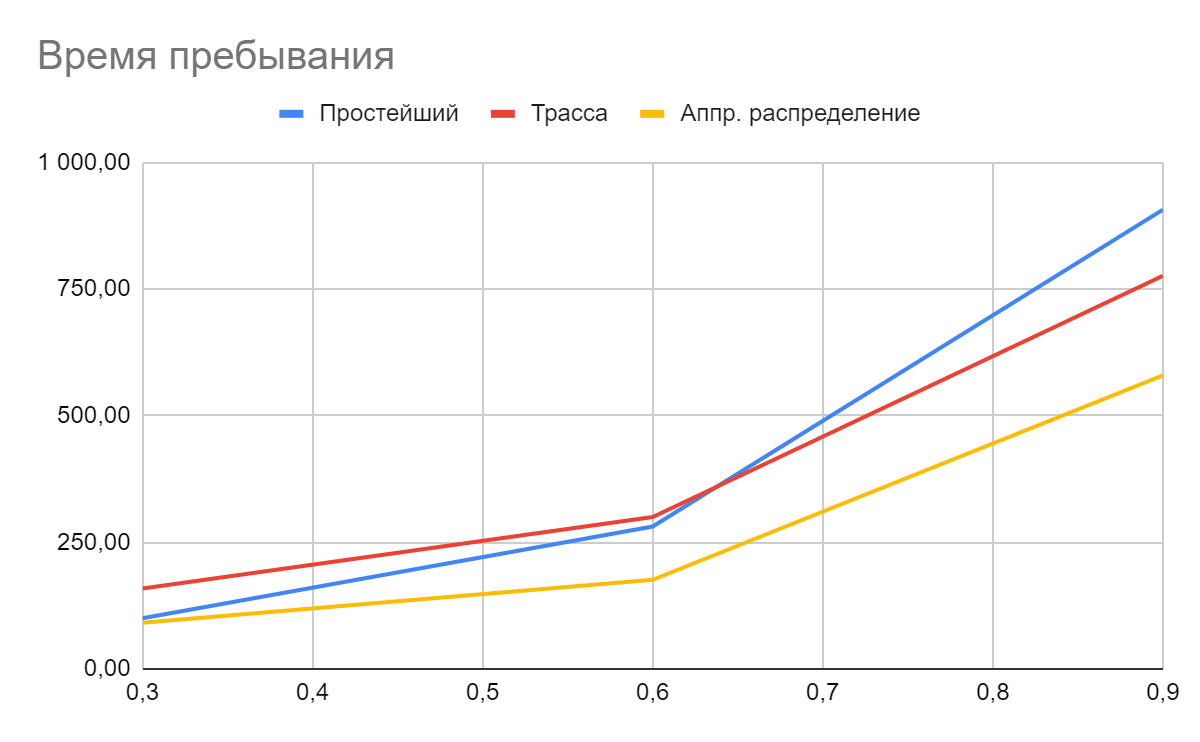
| **Исх.данные (вариант \_9):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 2/0 | аппр | 169,57 | 310 | 0,5;1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 10 | 4 | 0,4000 | 0,00% | 0,295 | 0,9 | 89,15 | 0,0% | 59,153 | 18,70582104 | 21,0% |
| 20 | 7 | 0,3500 | -12,5% | 0,653 | 0,286 | 217,91 | 144,4% | 285,084 | 63,74672033 | 29,3% |
| 50 | 19 | 0,3800 | 8,6% | 0,921 | 0,375 | 301,102 | 38,2% | 278,233 | 39,34808821 | 13,1% |
| 100 | 39 | 0,3900 | 2,6% | 0,943 | 0,531 | 294,008 | -2,4% | 251,437 | 25,1437 | 8,6% |
| 200 | 75 | 0,3750 | -3,8% | 0,923 | 0,206 | 307,229 | 4,5% | 299,547 | 21,1811715 | 6,9% |
| 300 | 106 | 0,3533 | -5,8% | 0,859 | 0,898 | 269,815 | -12,2% | 287,843 | 16,61862335 | 6,2% |

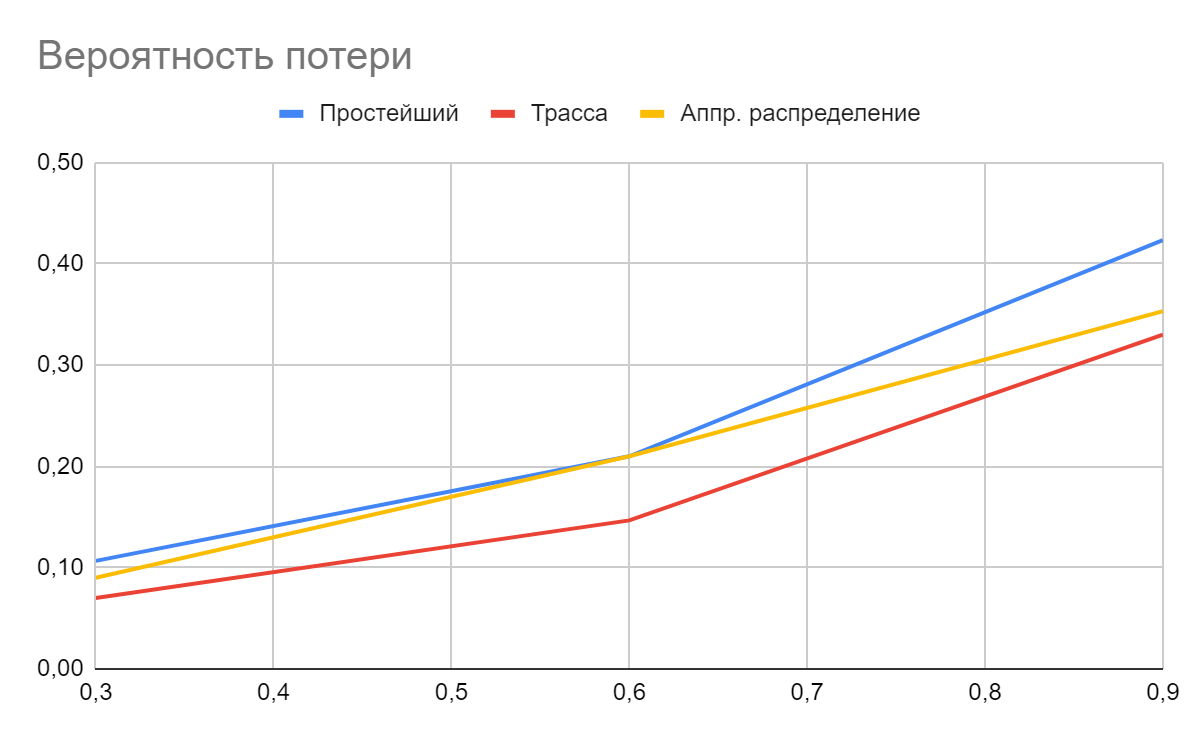
### Итоги исследования

Итоги исследования влияния законов распределения на время ожидания, время пребывания и вероятность потери

| Загрузка | Поток | Время ожидания | Время пребывания | Вероятность потери |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 0,3 | Простейший | 20,06 | 100,06 | 0,1067 |
| 0,3 | Трасса | 18,71 | 158,71 | 0,0700 |
| 0,3 | АР | 11,33 | 91,33 | 0,09 |
| 0,6 | Простейший | 101,2 | 281,20 | 0,2100 |
| 0,6 | Трасса | 90,11 | 300,11 | 0,15 |
| 0,6 | АР | 75,909 | 175,91 | 0,21 |
| 0,9 | Простейший | 457,005 | 907,01 | 0,42 |
| 0,9 | Трасса | 396,106 | 776,11 | 0,33 |
| 0,9 | АР | 269,815 | 579,82 | 0,3533 |







Заданная трасса из УИР 1 дала лучший результат по вероятности потери заявок во всех случаях. В случае высокой загрузки системы аппроксимирующее распределение дает наименьшее время ожидания и время пребывания, но незначительно уступает по вероятности потери. Таким образом, при высоких показателях нагрузки системы более выгодно будет взять аппроксимирующее распределение.

## Исследование влияния емкости накопителя на систему

Варианты параметров системы

| Номер варианта | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Количество приборов | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Емкость накопителя | | 5 | 10 | 20 | 5 | 10 | 20 |
| Интервалы между заявками входящего потока | Ср. значение | 169,57 | 169,57 | 169,57 | 169,57 | 169,57 | 169,57 |
| Вид потока | П | П | П | П | П | П |
| Длительность обслуживания заявок | Ср. значение | 90 | 90 | 90 | 180 | 160 | 90 |
| Коэф-т вариации | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

### Установившейся режим при нагрузке 0.5

Исследование простейшего потока при емкости 5

| **Исх.данные (вариант \_1):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 5 | прост | 169,57 | 90 | 1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 20 | 0 | 0 | 0,00% | 0,701 | 0,7 | 93,1 | 0,00% | 94,285 | 21,08276693 | 22,6% |
| 50 | 0 | 0 | 0,00% | 0,506 | 0,4 | 74,025 | -20,5% | 97,637 | 13,80795696 | 18,7% |
| 100 | 0 | 0 | 0,00% | 0,366 | 0,55 | 56,895 | -23,1% | 80,747 | 8,0747 | 14,2% |
| 300 | 0 | 0 | 0,00% | 0,293 | 0,47 | 48,067 | -15,5% | 78,85 | 4,552406873 | 9,5% |
| 1000 | 0 | 0 | 0,00% | 0,385 | 0,51 | 63,906 | 33,0% | 95,637 | 3,024307486 | 4,7% |
| 5000 | 8 | 0,0016 | 0,00% | 0,397 | 0,52 | 68,841 | 7,7% | 105,536 | 1,492504425 | 2,2% |

### 

Исследование простейшего потока при емкости 10

| **Исх.данные (вариант \_2):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 10 | прост | 169,57 | 90 | 1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 20 | 0 | 0 | 0,00% | 0,701 | 0,7 | 93,1 | 0,00% | 94,285 | 21,08276693 | 22,6% |
| 50 | 0 | 0 | 0,00% | 0,506 | 0,61 | 74,025 | -20,5% | 97,637 | 13,80795696 | 18,7% |
| 100 | 0 | 0 | 0,00% | 0,366 | 0,55 | 56,895 | -23,1% | 80,747 | 8,0747 | 14,2% |
| 300 | 0 | 0 | 0,00% | 0,293 | 0,47 | 48,241 | -15,2% | 78,85 | 4,552406873 | 9,4% |
| 1000 | 0 | 0 | 0,00% | 0,385 | 0,52 | 63,906 | 32,5% | 95,637 | 3,024307486 | 4,7% |
| 5000 | 0 | 0 | 0,00% | 0,414 | 0,52 | 71,42 | 11,8% | 119,968 | 1,696603727 | 2,4% |

### 

Исследование простейшего потока при емкости 20

| **Исх.данные (вариант \_3):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 20 | прост | 169,57 | 90 | 1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 20 | 0 | 0 | 0,00% | 0,701 | 0,7 | 93,1 | 0,00% | 94,285 | 21,08276693 | 22,6% |
| 50 | 0 | 0 | 0,00% | 0,506 | 0,61 | 74,025 | -20,5% | 97,637 | 13,80795696 | 18,7% |
| 100 | 0 | 0 | 0,00% | 0,366 | 0,55 | 56,895 | -23,1% | 80,747 | 8,0747 | 14,2% |
| 300 | 0 | 0 | 0,00% | 0,293 | 0,47 | 48,241 | -15,2% | 78,85 | 4,552406873 | 9,4% |
| 1000 | 0 | 0 | 0,00% | 0,385 | 0,52 | 63,906 | 32,5% | 95,637 | 3,024307486 | 4,7% |
| 5000 | 0 | 0 | 0,00% | 0,414 | 0,52 | 77,42 | 21,1% | 119,968 | 1,696603727 | 2,2% |

### Установившейся режим при нагрузке 0.9

Исследование простейшего потока при емкости 5

| **Исх.данные (вариант \_4):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 5 | прост | 169,57 | 180 | 1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 20 | 6 | 0,3 | 0,0% | 3,183 | 0,85 | 734,93 | 0,00% | 455,091 | 101,7614412 | 13,8% |
| 50 | 9 | 0,18 | -40,0% | 2,263 | 0,9 | 482,043 | -34,4% | 371,01 | 52,46873738 | 10,9% |
| 100 | 11 | 0,11 | -38,9% | 1,59 | 0,81 | 335,573 | -30,4% | 350,984 | 35,0984 | 10,5% |
| 300 | 31 | 0,1033333333 | -6,1% | 1,703 | 0,8 | 336,398 | 0,2% | 326,145 | 18,82999035 | 5,6% |
| 1000 | 122 | 0,122 | 18,1% | 2,115 | 0,86 | 422,302 | 25,5% | 352,899 | 11,15964624 | 2,6% |
| 5000 | 704 | 0,1408 | 15,4% | 2,365 | 0,89 | 470,935 | 11,5% | 355,763 | 5,031248596 | 1,1% |

### 

Исследование простейшего потока при емкости 10

| **Исх.данные (вариант \_5):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 10 | прост | 169,57 | 160 | 1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 20 | 4 | 0,2 | 0,00% | 5.524 | 0,91 | 972,149 | 0,00% | 594,171 | 132,8606746 | 13,7% |
| 50 | 4 | 0,08 | -60,0% | 3,291 | 0,85 | 648,405 | -33,3% | 514,562 | 72,77005591 | 11,2% |
| 100 | 4 | 0,04 | -50,0% | 2,584 | 0,83 | 464,354 | -28,4% | 453,198 | 45,3198 | 9,8% |
| 300 | 5 | 0,01666666667 | -58,3% | 2,862 | 0,89 | 476,904 | 2,7% | 414,214 | 23,91465644 | 5,0% |
| 1000 | 44 | 0,044 | 164,0% | 3,588 | 0,89 | 632,432 | 32,6% | 529,633 | 16,74846604 | 2,6% |
| 5000 | 247 | 0,0494 | 12,3% | 3,914 | 0,9 | 696,147 | 10,1% | 550,984 | 7,792090455 | 1,1% |

### 

Исследование простейшего потока при емкости 20

| **Исх.данные (вариант \_6):** | | **К** | **Е** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 20 | прост | 169,57 | 90 | 1 |  |  |  |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **П(%)** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **О(%)** | **СКО вр.ож.** | **Дов. инт.** | **Д(%)** |
|
| 20 | 0 | 0 | 0,00% | 7,144 | 0,9 | 1031,268 | 0,00% | 581.312 | 0 | 0,0% |
| 50 | 0 | 0 | 0,00% | 6,235 | 0,96 | 1073,611 | 4,1% | 443,573 | 62,73069525 | 5,8% |
| 100 | 0 | 0 | 0,00% | 4,498 | 0,93 | 765,998 | -28,7% | 498,548 | 49,8548 | 6,5% |
| 300 | 0 | 0 | 0,00% | 3,589 | 0,89 | 619,854 | -19,1% | 501,859 | 28,97484287 | 4,7% |
| 1000 | 17 | 0,017 | 0,00% | 6,587 | 0,93 | 1121,168 | 80,9% | 891,432 | 28,18955499 | 2,5% |
| 5000 | 92 | 0,0184 | 108,24% | 6,258 | 0,92 | 1089,67 | -2,8% | 949,814 | 13,43239841 | 1,2% |

График времени ожидания от емкости при загрузке = 0.5

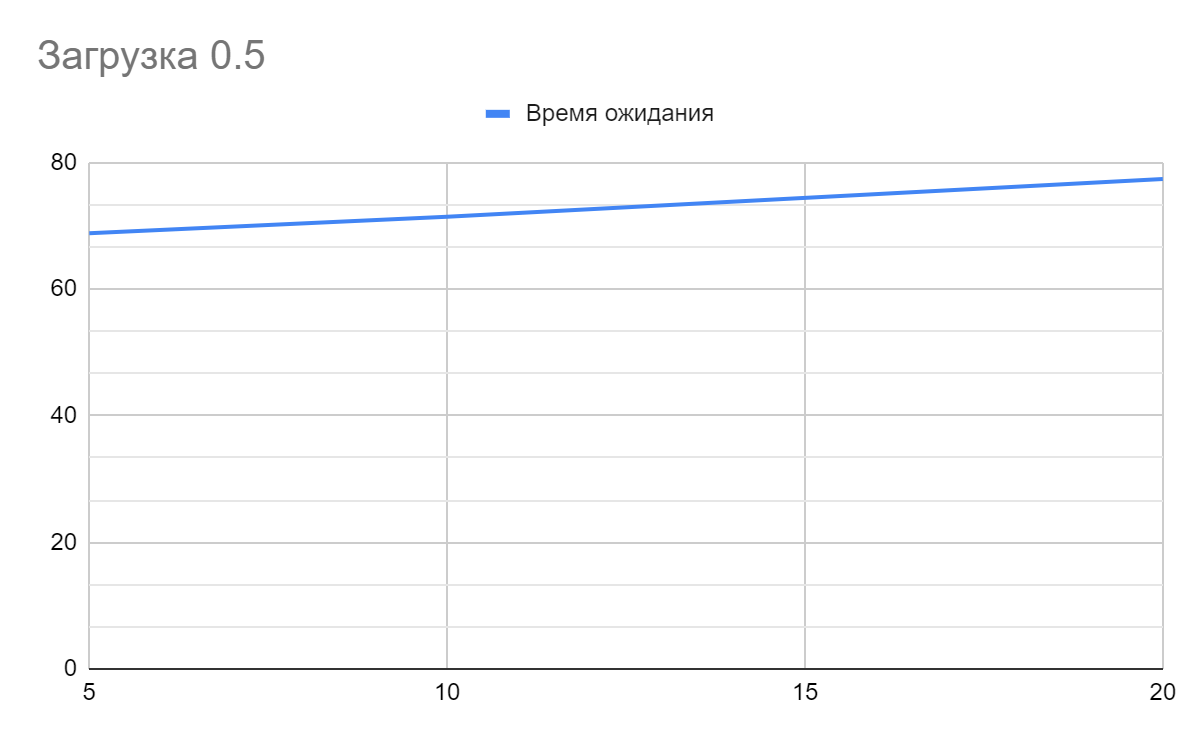
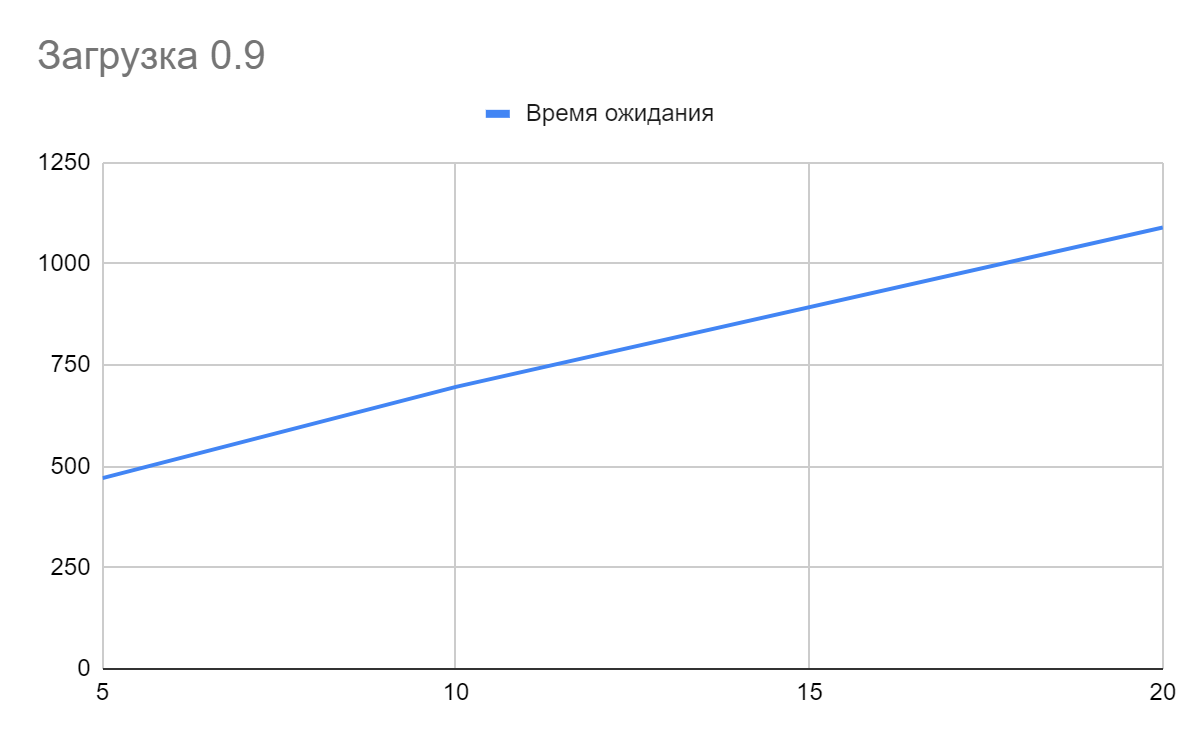


График времени ожидания от емкости при загрузке = 0.9



### 

График времени пребывания от емкости при загрузке = 0.5

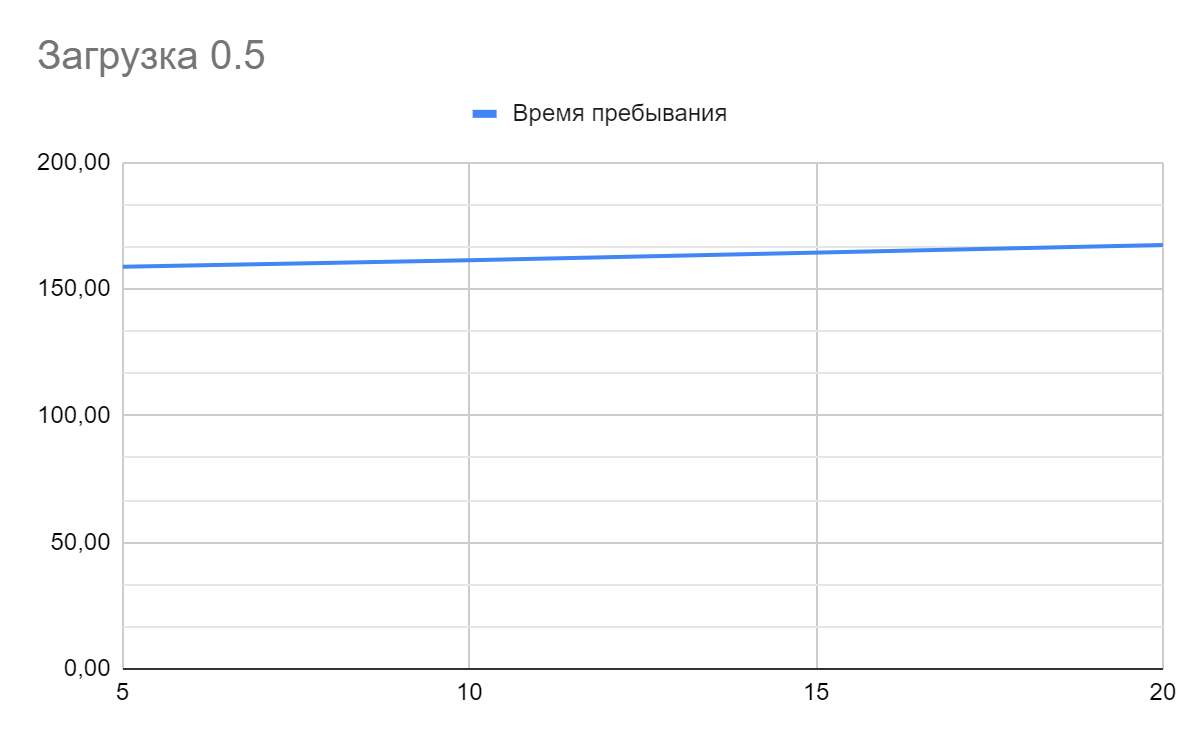


График времени пребывания от емкости при загрузке = 0.9

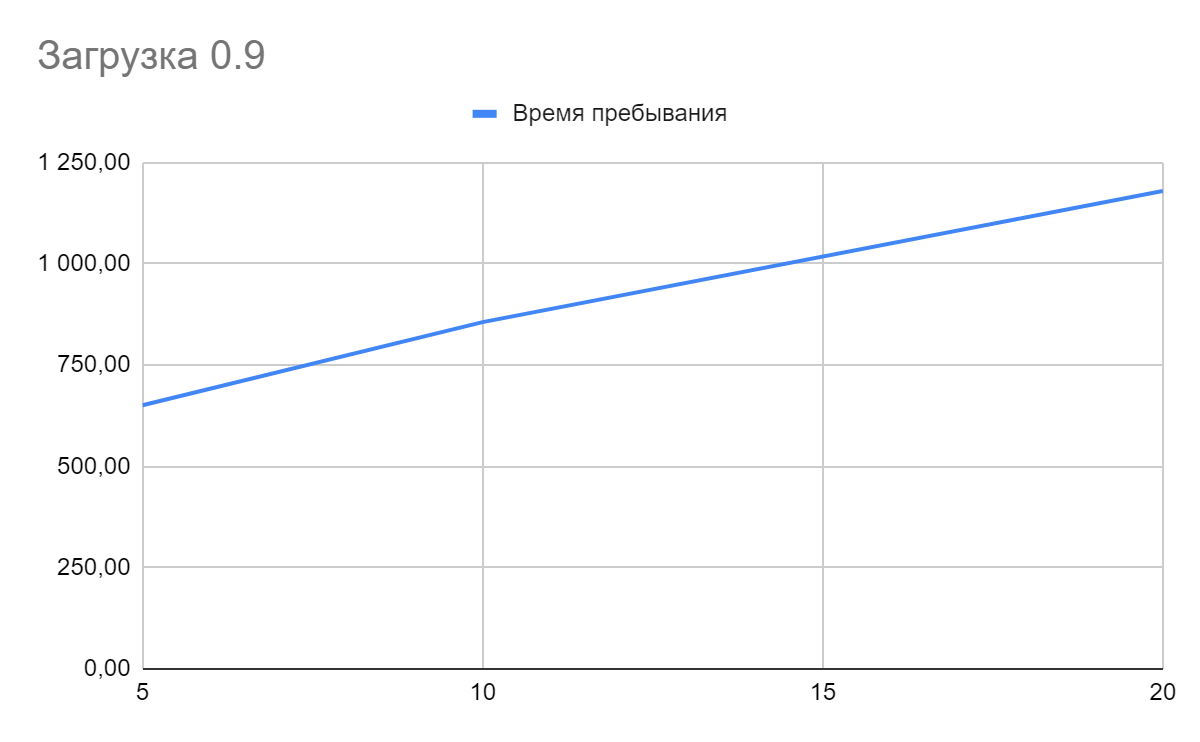
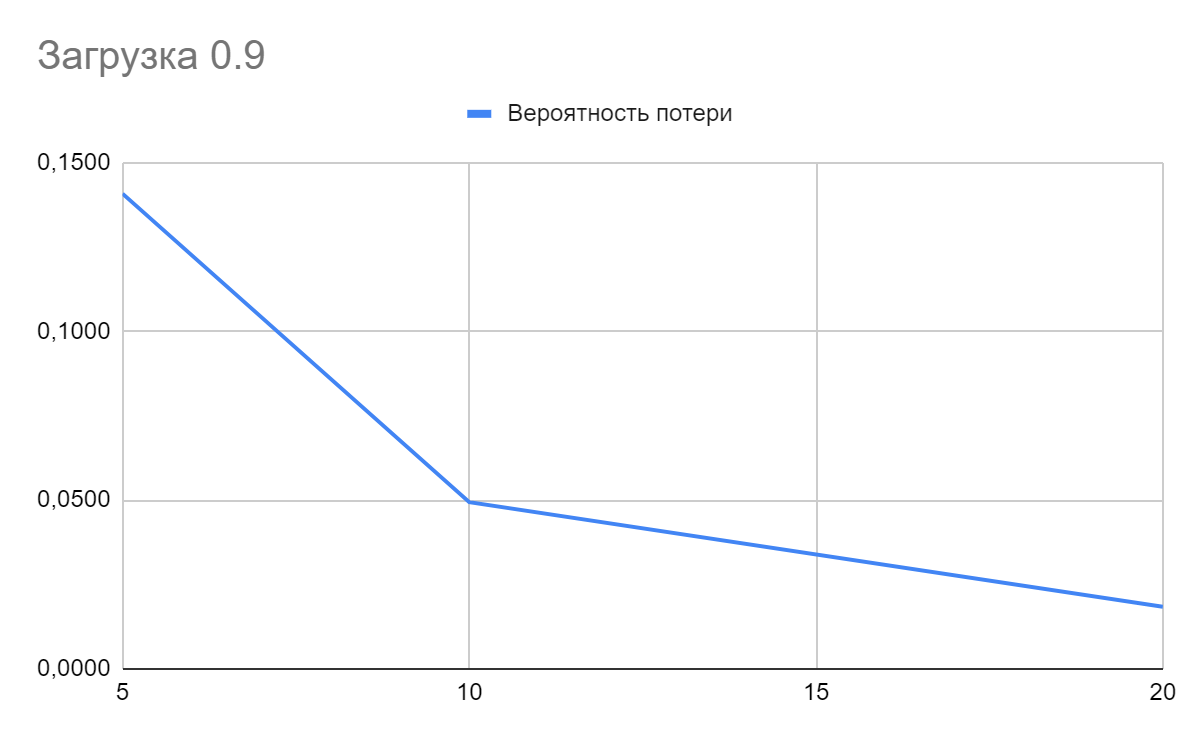


График вероятности потери от емкости при загрузке = 0.9



С увеличением емкости накопителя время ожидания и пребывания в системе увеличивается. Что касается вероятности потери заявки, то она уменьшается, что говорит о приближение к накопителю бесконечной емкости.

# Выводы

В результате исследований мы пришли к следующим заключениям:

* Увеличение загрузки привело к уменьшению необходимого числа заявок для приведения системы в установившийся режим
* Из 3-х исследуемых потоков (простейший, заданная трасса и аппроксимирующее распределение) лучший результат показал поток, сформированный из аппроксимирующего распределения
* Увеличение емкости накопителя позволило уменьшить процент потери заявок, но при этом существенно увеличилось время ожидания.