Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

Университет ИТМО

Дисциплина: Моделирование

**Учебно-исследовательская работа 3**

**«Исследование СМО произвольного вида»**

## **Выполнил:** Рамеев Тимур Ильгизович

**Группа:** P3318

**Преподаватель:**

## Алиев Тауфик Измайлович

2025 г.

Санкт-Петербург

Оглавление

[Цель работы 3](#_TOC_250005)

[Задание 3](#_TOC_250004)

[Описание исследуемой системы 3](#_TOC_250003)

Рисунок 1. Схематическое изображение системы (базовая модель) 3

[Варианты организации системы 4](#_TOC_250002)

Таблица 1. Варианты организации системы 4

[Результаты моделирования в табличном виде 5](#_TOC_250001)

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

[Анализ полученных результатов и выводы 13](#_TOC_250000)

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 моделью системы, выбранной в качестве наилучшей в УИР 2, 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

Изображение выглядит как диаграмма, Прямоугольник, План

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

*Рисунок 1. Схематическое изображение системы*

# 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 | | 3 | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | | 1 | 4 |
| Интервалы между заявками входящего потока | Ср. значение | 25,95 | 25.95 | 25.95 | 25.95 | 30 | 25.95 | | 25.95 | 15 |
| Вид потока | Гипер | Экспоненциальное | | | | Гипер | Эрланг 2-го порядка | | |
| Длительность обслуживания заявок | Ср. значение | 20 | 20 | 10 | 20 | 20 | 10 | | 20 | 25 |
| Коэф-т вариации | 1.48 | 1.48 | 1.48 | 1.48 | 1.48 | 1.48 | | 1.48 | 1.48 |

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
* количество приборов

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)** | | **K** | **E** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |
| 1 | 3 | гипер. | 25.95 | 20 | 1.48 |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **СКО вр. ож.** | **Дов. инт.** |
| 10 | 0 | 0.00% | 0.047 | 0.303 | 2.658 | 8.404 | ±6.846 |
| 100 | 1 | 1.00% | 0.386 | 0.499 | 14.344 | 22.498 | ±5.795 |
| 1000 | 22 | 2.20% | 0.207 | 0.400 | 9.815 | 20.410 | ±1.663 |
| 10000 | 219 | 2.19% | 0.249 | 0.411 | 11.957 | 22.809 | ±0.588 |
| 100000 | 2071 | 2.07% | 0.257 | 0.417 | 12.296 | 23.295 | ±0.190 |
| 150000 | 3020 | 2.01% | 0.261 | 0.419 | 12.465 | 23.432 | ±0.156 |

Сравнение характеристик с расчетной модельюИзображение выглядит как снимок экрана, текст, диаграмма, линия

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Исх. Данные (вариант 2)** | | **K** | **E** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |
| 1 | 1 | эксп | 25.95 | 20 | 1.48 |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **СКО вр. Ож.** | **Дов. Инт.** |
| 10 | 3 | 30.00% | 0.229 | 0.571 | 7.745 | 9.592 | ±7.814 |
| 100 | 20 | 20.00% | 0.272 | 0.577 | 8.767 | 17.944 | ±4.622 |
| 1000 | 233 | 23.30% | 0.239 | 0.550 | 8.137 | 15.432 | ±1.257 |
| 10000 | 2525 | 25.25% | 0.249 | 0.571 | 8.634 | 16.260 | ±0.419 |
| 100000 | 25002 | 25.00% | 0.249 | 0.575 | 8.628 | 16.251 | ±0.132 |
| 200000 | 49972 | 24.99% | 0.251 | 0.578 | 8.691 | 16.442 | ±0.095 |

Длина переходного режима: 200000

*Таблица 4. Результаты моделирования варианта 3*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Исх. Данные (вариант 3)** | | **K** | **E** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |
| 1 | 1 | эксп | 25.95 | 10 | 1.48 |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **СКО вр. ож.** | **Дов. инт.** |
| 10 | 2 | 20.00% | 0.100 | 0.328 | 2.701 | 4.281 | ±3.487 |
| 100 | 8 | 8.00% | 0.091 | 0.336 | 2.519 | 8.538 | ±2.199 |
| 1000 | 81 | 8.10% | 0.082 | 0.328 | 2.329 | 5.879 | ±0.479 |
| 10000 | 947 | 9.47% | 0.094 | 0.346 | 2.681 | 6.705 | ±0.173 |
| 100000 | 9454 | 9.45% | 0.096 | 0.348 | 2.763 | 6.874 | ±0.056 |
| 150000 | 14607 | 9.74% | 0.097 | 0.349 | 2.775 | 6.902 | ±0.046 |

Длина переходного режима: 150000.

*Таблица 5. Результаты моделирования варианта 4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Исх. Данные (вариант 4)** | | **K** | **E** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |
| 1 | 4 | эксп | 25.95 | 20 | 1.48 |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **СКО вр. ож.** | **Дов. инт.** |
| 10 | 0 | 0.00% | 1.418 | 0.708 | 31.277 | 25.328 | ±20.632 |
| 100 | 6 | 6.00% | 0.790 | 0.683 | 21.309 | 37.689 | ±9.709 |
| 1000 | 60 | 6.00% | 0.950 | 0.675 | 26.505 | 33.142 | ±2.700 |
| 10000 | 776 | 7.76% | 1.032 | 0.703 | 28.976 | 35.436 | ±0.913 |
| 100000 | 7659 | 7.66% | 1.045 | 0.709 | 29.399 | 36.081 | ±0.294 |
| 300000 | 23308 | 7.77% | 1.067 | 0.711 | 30.022 | 36.609 | ±0.172 |

Длина переходного режима: 300000

*Таблица 6. Результаты моделирования варианта 5*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Исх. Данные (вариант 5)** | | **K** | **E** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |
| 1 | 4 | эксп | 30 | 20 | 1.48 |
| **Заявок** | **Потери** | **Вер-ть потери** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **СКО вр. ож.** | **Дов. инт.** |
| 10 | 0 | 0.00% | 0.993 | 0.616 | 25.170 | 27.035 | ±22.023 |
| 100 | 5 | 5.00% | 0.576 | 0.601 | 17.456 | 33.447 | ±8.616 |
| 1000 | 32 | 3.20% | 0.658 | 0.598 | 21.432 | 29.543 | ±2.407 |
| 10000 | 491 | 4.91% | 0.797 | 0.628 | 25.097 | 33.012 | ±0.850 |
| 100000 | 4787 | 4.79% | 0.779 | 0.633 | 24.558 | 33.638 | ±0.274 |
| 250000 | 11940 | 4.78% | 0.791 | 0.636 | 24.901 | 33.965 | ±0.175 |

Длина переходного режима: 250000

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Исх. Данные (вариант 6)** | | *Таблица 8. Результаты моделирования варианта 7* | **E** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |
| 1 | 2 | гипер | 25.95 | 10 | 1.48 |
| **Заявок** |  | **Вер-ть потери** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **СКО вр. ож.** | **Дов. инт.** |
| 10 | 0 | 0.00% | 0.023 | 0.153 | 1.306 | 4.130 | ±3.364 |
| 100 | 0 | 0.00% | 0.061 | 0.254 | 2.236 | 6.086 | ±1.568 |
| 1000 | 7 | 0.70% | 0.041 | 0.203 | 1.928 | 6.227 | ±0.507 |
| 10000 | 85 | 0.85% | 0.051 | 0.208 | 2.431 | 6.925 | ±0.178 |
| 100000 | 820 | 0.82% | 0.052 | 0.211 | 2.456 | 7.037 | ±0.057 |
| 130000 | 1008 | 0.78% | 0.052 | 0.212 | 2.476 | 7.115 | ±0.051 |

Длина переходного режима: 1300000

*Таблица 7. Результаты моделирования варианта 6*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Исх. Данные (вариант 7)** | | **K** | **E** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |
| 1 | 1 | эрланг | 25.95 | 20 | 1.48 |
| **Заявок** |  | **Вер-ть потери** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **СКО вр. ож.** | **Дов. инт.** |
| 10 | 0 | 0.00% | 0.000 | 0.386 | 0.000 | 0.000 | ±0.000 |
| 100 | 17 | 17.00% | 0.250 | .0.669 | 7.052 | 17.621 | ±4.539 |
| 1000 | 173 | 17.30% | 0.234 | 0.608 | 7.183 | 14.694 | ±1.197 |
| 10000 | 1868 | 18.68% | 0.245 | 0.619 | 7.828 | 15.850 | ±0.408 |
| 100000 | 18842 | 18.84% | 0.250 | 0.622 | 8.010 | 15.896 | ±0.129 |
| 250000 | 47358 | 18.94% | 0.251 | 0.623 | 8.078 | 16.066 | ±0.083 |

Длина переходного режима: 250000

*Таблица 8. Результаты моделирования варианта 8*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Исх. Данные (вариант 8)** | | **K** | **E** | **поток** | **a** | **b** | **КВ** |
| 1 | 4 | эрланг | 15 | 25 | 1.48 |
| **Заявок** |  | **Вер-ть потери** | **Длина очер.** | **Загрузка** | **Ср.вр. ож.** | **СКО вр. ож.** | **Дов. инт.** |
| 10 | 0 | 0.00% | 1.777 | 0.935 | 32.372 | 34.752 | ±28.309 |
| 100 | 33 | 33.00% | 2.807 | 0.959 | 64.569 | 41.483 | ±10.686 |
| 1000 | 396 | 39.60% | 2.983 | 0.983 | 87.984 | 41.822 | ±3.407 |
| 10000 | 3914 | 39.14% | 2.956 | 0.978 | 74.411 | 52.247 | ±1.346 |
| 100000 | 40779 | 40.78% | 3.024 | 0.983 | 76.662 | 51.437 | ±0.419 |
| 550000 | 224986 | 40.91% | 3.028 | 0.984 | 76.911 | 51.932 | ±0.180 |

Длина переходного режима: 550000

# Анализ полученных результатов и выводы

*Таблица 10. Отличия вариантов модели*

|  |  |
| --- | --- |
| **Вариант** | **Особенность** |
| 1 | Сравнение с моделью, рассчитанной с помощью марковских процессов |
| 2 | Экспоненциальное распределение интервала времени между входящими заявками, исходная организация |
| 3 | Экспоненциальное распределение, уменьшено среднее время обслуживания заявок в два раза |
| 4 | Экспоненциальное распределение, увеличена в 4 раза емкость накопителя по сравнению с вариантом 2 |
| 5 | Экспоненциальное распределение, увеличена среднее значения интервалов между заявками до 30 по сравнению с Вариантом 4 |
| 6 | Гиперэкспоненциальное распределение, установлена емкость прибора в 2, а интенсивность обслуживания - 10 |
| 7 | Распределение Эрланга 2-го порядка, исходная организация |
| 8 | Распределение Эрланга 2-го порядка, сильно перегруженная система |

Здесь можно заключить, что наименьшая вероятность потери заявки достигалась при гиперэкспоненциальном распределении (1 и 6). Наивысшая – при большой загрузке системы (2 и 8). Причем потери можно, уменьшить, увеличив емкость накопителей, что видно из вариантов 4 и 5 и соответствующего графика зависимости (минимумам количества пирборов соответствует максимум потерь, в 8 так произошло из-за искусственного повышения нагрузки на систему из-за уменьшения интенсивности обработки заявок приборами).

*Рисунок 2. Вероятности потери разных вариантов модели*

*Рисунок 3. Длина очереди разных вариантов модели*

Увеличение длины очереди зависит в основном от емкости накопителей (4, 5 и 8). Также в 2 и 7 повышенная нагрузка.

*Рисунок 4. Загрузка разных вариантов модели*

В 3 и 6 я понижал время обработки заявки, что видно по графику. В 8 я повысил время обработки заявки и емкость накопителей, что способствует повышению нагрузки на систему. Варианты без накопителей или с 1 будут самыми ненагруженными.

*Рисунок 5. Среднее время ожидания разных вариантов модели*

Среднее время ожидания также зависит от емкости накопителей (4, 5 и 8) так как при небольшой емкости заявки просто теряются и не стоят в очередях. Максимум достигается при максимальной загрузке.

*Рисунок 6. Длительность переходного процесса разных вариантов модели*

Длина переходного процесса в основном мало отличается, кроме 8 варианта, где загрузка приближается к 1. Здесь можно сделать эмпирический вывод, что чем больше загрузка и вероятность потерь заявок, тем больше длительность переходного процесса.