Университет ИТМО

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Направление подготовки 09.03.04 Программная инженерия

Дисциплина «Моделирование»

Учебно-исследовательская работа УИР 3:

«Исследование СМО произвольного вида»

Выполнили: студенты группы P34112

Провоторов Александр Владимирович,

Ганыс Герман Витальевич

Преподаватель: Алиев Тауфик Измайлович

# 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 УИР 1. 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.

# Проведенные исследования

## Исходная модель

По результатам выполнения УИР 2 наилучшей моделью выбрана СИСТЕМА\_2.

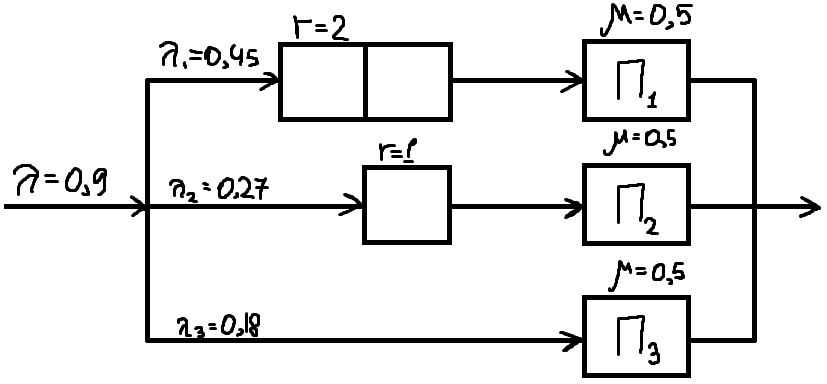


Рисунок 1. СМО СИСТЕМА\_2

Напомним её параметры:

Таблица 1. Параметры СИСТЕМА\_2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | **Интенс.**  **потока** | **Ср.длит.**  **обслуж.** | **Вероятность занятия прибора …** | | |
| λ , 1/с | b, с | **П1** | **П2** | **П3** |
| 19 | 0,9 | 2 | 0,5 | 0,3 | 0,2 |

И такие характеристики мы получили в итоге:

Таблица 2. Характеристики СИСТЕМА\_2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика** | **Прибор** | **Расчетная формула** | **СИСТ. 2** |
| **Нагрузка** | **П1** | 𝑦1 = λ1b1 | 0,9000 |
| **П2** | 𝑦2 = λ2b2 | 0,5400 |
| **П3** | 𝑦3 = λ3b3 | 0,3600 |
| **Сумм.** | y = 𝑦1 + 𝑦2 + 𝑦3 | 1,8000 |
| **Загрузка** | **П1** | ρ1 = p2 + p5 + p6 + p8 + p10 + p11 + p12 + p13 + p14 + p16 + p17 + p18 + p19 + p20 + p21 + p22 + p23 + p24 | 0,7091 |
| **П2** | ρ2 = p3 + p6 + p7 + p9 + p11 + p13 + p14 + p15 + p16 + p18 + p19 + p20 + p21 + p22 + p23 + p24 | 0,4539 |
| **П3** | ρ3 = p4 + p8 + p9 + p12 + p14 + p15 + p17 + p19 + p20 + p22 + p23 + p24 | 0,2645 |
| **Сумм.** | ρ = (ρ1 + ρ2 + ρ3)/3 | 0,4758 |
| **Вероятность потери** | **П1** | π = p10 + p16 + p17 + p21 + p22 + p24 | 0,2119 |
| **П2** | π = p7 + p13 + p15 + p18 + p20 + p21 + p23 + p24 | 0,1591 |
| **П3** | π = p4 + p8 + p12 + p14 + p15 + p17 + p19 + p20 + p22 + p23 + p24 | 0,2418 |
| **Сумм.** | π = p4 + p7 + p8 + p10 + p12 + p13 + p14 + p15 + p16 + p17 + p18 + p19 + p20 + p21 + p22 + p23 + p24 | 0,2043 |
| **Длина очереди** | **П1** | l1 = p5 + p11 + p12 + p18 + p19 + p23 + 2∙(p10 + p16 + p17 + p21 + p22 + p24) | 0,6594 |
| **П2** | l2 = p7 + p13 + p15 + p18 + p20 + p21 + p23 + p24 | 0,1591 |
| **П3** | l3 = 0 | 0,0000 |
| **Сумм.** | l = l1 + l2 + l3 | 0,8185 |
| **Число заявок находящихся в системе** | **П1** | m1 = p2 + p6 + p8 + p13 + p14 + p20 + 2∙(p5 + p11 + p12 + p18 + p19 + p23) + 3∙(p10 + p16 + p17 + p21 + p22 + p24) | 1,3685 |
| **П2** | m2 = p3 + p6 + p9 + p11 + p14 + p16 + p19 + p22 + 2∙(p7 + p13 + p15 + p18 + p20 + p21 + p23 + p24) | 0,6130 |
| **П3** | m3 = p4 + p8 + p9 + p12 + p14 + p15 + p17 + p19 + p20 + p22 + p23 + p24 | 0,2645 |
| **Сумм.** | m = m1 + m2 + m3 | 2,2460 |
| **Производительность** | **П1** | λ'1 = (1 – π1)λ1 | 0,3546 |
| **П2** | λ'2 = (1 – π2)λ2 | 0,2270 |
| **П3** | λ'3 = (1 – π3)λ3 | 0,1365 |
| **Сумм.** | λ' = λ'1 + λ'2 + λ'3 | 0,7182 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Хар-ка** | **Прибор** | **Расчетная формула** | **СИСТ. 2** |
| **Коэффициент простоя** | **П1** | η = 1 − ρ1 | 0,2909 |
| **П2** | η = 1 − ρ2 | 0,5461 |
| **П3** | η = 1 − ρ3 | 0,7355 |
| **Сумм.** | η = 1 − ρ | 0,5242 |
| **Время ожидания** | **П1** | 𝑤1 = l1/ λ'1 | 1,8593 |
| **П2** | 𝑤2 = l2/ λ'2 | 0,7007 |
| **П3** | 𝑤3 = l3/ λ'3 | 0,0000 |
| **Сумм.** | 𝑤 = l/λ' | 1,1397 |
| **Время пребывания** | **П1** | 𝑢1 = 𝑤1 + b1 | 3,8593 |
| **П2** | 𝑢2 = 𝑤2 + b2 | 2,3007 |
| **П3** | 𝑢3 = 𝑤3 + b3 | 2,0000 |
| **Сумм.** | 𝑢 = 𝑤 + b | 3,1397 |

## Сравнение результатов, полученных с помощью имитационного моделирования и метода марковских процессов для СМО, выбранной в качестве наилучшей в УИР 2

Таблица 3. Сравнение характеристик

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика** | **Прибор** | **Метод марковских**  **процессов** | **Имитационное**  **моделирование** | **Степень различия,**  **%** |
| **Загрузка,** | **П1** | 0,709 | 0,753 | 5,8300 |
| **П2** | 0,454 | 0,455 | 0,2418 |
| **П3** | 0,265 | 0,201 | 31,5920 |
| **Сумм.** | 0,476 | 0,470 | 1,2987 |
| **Вероятность потери** | **П1** | 0,212 | 0,253 | 16,2119 |
| **П2** | 0,159 | 0,159 | 0,1882 |
| **П3** | 0,242 | 0,202 | 19,8929 |
| **Сумм.** | 0,204 | 0,218 | 6,1706 |
| **Длина очереди** | **П1** | 0,659 | 0,757 | 12,8930 |
| **П2** | 0,159 | 0,159 | 0,0629 |
| **П3** | 0,000 | 0,000 | 0,0000 |
| **Сумм.** | 0,819 | 0,916 | 10,6441 |
| **Число заявок находящихся в системе** | **П1** | 1,369 | 1,804 | 24,1429 |
| **П2** | 0,613 | 0,730 | 16,0055 |
| **П3** | 0,265 | 0,360 | 26,5278 |
| **Сумм.** | 2,246 | 2,970 | 24,3771 |
| **Производительность** | **П1** | 0,355 | 0,336 | 5,4745 |
| **П2** | 0,227 | 0,227 | 0,0167 |
| **П3** | 0,137 | 0,144 | 5,0089 |
| **Сумм.** | 0,718 | 0,704 | 2,0069 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика** | **Прибор** | **Метод марковских**  **процессов** | **Имитационное**  **моделирование** | **Степень различия,**  **%** |
| **Коэффициент простоя** | **П1** | 0,291 | 0,247 | 17,7733 |
| **П2** | 0,546 | 0,545 | 0,2018 |
| **П3** | 0,736 | 0,799 | 7,9474 |
| **Сумм.** | 0,524 | 0,530 | 1,1503 |
| **Время ожидания** | **П1** | 1,859 | 2,010 | 7,4975 |
| **П2** | 0,701 | 0,701 | 0,0428 |
| **П3** | 0,000 | 0,000 | 0,0000 |
| **Сумм.** | 1,140 | 1,300 | 12,3308 |
| **Время пребывания** | **П1** | 3,859 | 4,009 | 3,7341 |
| **П2** | 2,301 | 2,703 | 14,8835 |
| **П3** | 2,000 | 2,000 | 0,0000 |
| **Сумм.** | 3,140 | 3,300 | 4,8576 |

Как мы видим, исходя из моделирования, в основном, результаты незначительно колеблются относительно Метода Марковских процессов, однако в случае больших отклонений можно предположить, что количество итераций для подсчета результатов было не настолько велико (10 миллионов в случае GPSS) или были сделаны незначительные ошибки, связанные с невнимательностью, поэтому, к примеру, параметр загрузки отличается на 31%, что является довольно большим значением.

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

* + 1. Описание моделей – вариантов организации системы

Таблица 4. Описание исследуемых вариантов организации системы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер Варианта | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Количество приборов | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Емкость накопителя | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Интервалы между заявками входящего потока | Ср. значение | 14,093 | 14,093 | 14,093 | 14,093 | 14,093 | 14,093 | 14,093 | 14,093 | 14,093 |
| Вид потока | П | Т | А | П | Т | А | П | Т | А |
| Длительность обслуживания заявок | Ср. значение | 13,831 | 13,831 | 13,831 | 8,842 | 8,842 | 8,842 | 4,484 | 4,484 | 4,484 |
| Коэф. вариации | 1 | 3,126 | 3,109 | 1 | 3,126 | 3,109 | 1 | 3,126 | 3,109 |

* + 1. Результаты исследования влияния распределения интервалов простейшего потока

Таблица 5. Результаты исследования влияния распределения интервалов простейшего потока

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исх.данные (вариант 1): | | K | E | поток | a | b | КВ |
| 3 | 2+1 | прост. | 14,093 | 13,831 | 1 |
| Заявок | Потери | Вер-ть потери | П(%) | Длина очер. | Загрузка | Ср.вр.ож. | О(%) | СКО вр.ож. | Дов.инт.(0.95) | Д(%) |
| 10 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,54 | 0,30 | 8,89 | - | 7,92 | 4,91 | 61,98 |
| 20 | 1 | 0,05 | 0,00 | 0,35 | 0,22 | 7,01 | 21,13 | 8,08 | 3,54 | 43,83 |
| 50 | 2 | 0,04 | 20,00 | 0,34 | 0,28 | 7,86 | 12,08 | 10,16 | 2,82 | 27,72 |
| 100 | 7 | 0,07 | 75,00 | 0,38 | 0,29 | 11,99 | 52,51 | 29,22 | 5,73 | 19,60 |
| 200 | 11 | 0,06 | 21,43 | 0,32 | 0,28 | 10,29 | 14,12 | 26,82 | 3,72 | 13,86 |
| 500 | 32 | 0,06 | 16,36 | 0,34 | 0,29 | 10,91 | 5,97 | 25,05 | 2,20 | 8,77 |
| 1000 | 67 | 0,07 | 4,69 | 0,34 | 0,29 | 10,47 | 4,03 | 24,25 | 1,50 | 6,20 |
| 5000 | 411 | 0,08 | 22,69 | 0,37 | 0,30 | 11,35 | 8,45 | 23,22 | 0,64 | 2,77 |
| 10000 | 796 | 0,08 | 3,16 | 0,37 | 0,30 | 11,40 | 0,39 | 22,81 | 0,45 | 1,96 |
| 50000 | 4095 | 0,08 | 2,89 | 0,37 | 0,30 | 11,61 | 1,90 | 23,64 | 0,21 | 0,88 |
| 100000 | 8109 | 0,08 | 0,99 | 0,37 | 0,30 | 11,64 | 0,22 | 23,56 | 0,15 | 0,62 |
| 500000 | 40549 | 0,08 | 0,01 | 0,37 | 0,30 | 11,74 | 0,89 | 23,82 | 0,07 | 0,28 |

Таблица 6. Результаты исследования влияния распределения интервалов в потоке

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исх.данные (вариант 2): | | K | E | поток | a | b | КВ |
| 3 | 2+1 | трасса | 14,093 | 13,831 | 3,126 |
| Заявок | Потери | Вер-ть потери | П(%) | Длина очер. | Загрузка | Ср.вр.ож. | О(%) | СКО вр.ож. | Дов.инт.(0.95) | Д(%) |
| 10 | 4 | 0,40 | - | 1,47 | 0,53 | 12,12 | - | 8,16 | 5,06 | 61,98 |
| 20 | 8 | 0,40 | 0,00 | 1,66 | 0,49 | 18,27 | 50,70 | 24,09 | 10,56 | 43,83 |
| 50 | 19 | 0,38 | 5,00 | 1,85 | 0,57 | 21,57 | 18,11 | 29,59 | 8,20 | 27,72 |
| 100 | 35 | 0,35 | 7,89 | 1,68 | 0,63 | 20,18 | 6,46 | 29,52 | 5,79 | 19,60 |
| 200 | 75 | 0,38 | 7,14 | 1,78 | 0,66 | 25,05 | 24,16 | 32,97 | 4,57 | 13,86 |
| 500 | 179 | 0,36 | 4,53 | 1,64 | 0,67 | 23,00 | 8,21 | 32,61 | 2,86 | 8,77 |
| 1000 | 392 | 0,39 | 9,50 | 1,73 | 0,67 | 25,60 | 11,33 | 35,66 | 2,21 | 6,20 |
| 5000 | 2038 | 0,41 | 3,98 | 1,76 | 0,67 | 26,39 | 3,09 | 36,13 | 1,00 | 2,77 |
| 10000 | 4151 | 0,42 | 1,84 | 1,77 | 0,67 | 27,02 | 2,36 | 37,09 | 0,73 | 1,96 |
| 50000 | 20776 | 0,42 | 0,10 | 1,79 | 0,67 | 27,55 | 1,97 | 37,02 | 0,32 | 0,88 |
| 100000 | 41583 | 0,42 | 0,07 | 1,79 | 0,67 | 27,60 | 0,18 | 37,15 | 0,23 | 0,62 |
| 500000 | 208024 | 0,42 | 0,05 | 1,80 | 0,67 | 27,69 | 0,33 | 37,18 | 0,10 | 0,28 |

Таблица 7. Результаты исследования влияния распределения интервалов аппр. потока

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исх.данные (вариант 1): | | K | E | поток | a | b | КВ |
| 3 | 2+1 | аппр. | 14,093 | 13,831 | 3,109 |
| Заявок | Потери | Вер-ть потери | П(%) | Длина очер. | Загрузка | Ср.вр.ож. | О(%) | СКО вр.ож. | Дов.инт.(0.95) | Д(%) |
| 10 | 8 | 0,80 | - | 1,75 | 0,67 | 9,48 | - | 14,46 | 8,96 | 61,98 |
| 20 | 17 | 0,85 | 6,25 | 2,18 | 0,80 | 14,98 | 58,01 | 20,52 | 8,99 | 43,83 |
| 50 | 40 | 0,80 | 5,88 | 2,42 | 0,76 | 20,89 | 39,51 | 24,93 | 6,91 | 27,72 |
| 100 | 79 | 0,79 | 1,25 | 2,54 | 0,81 | 26,03 | 24,62 | 28,85 | 5,66 | 19,60 |
| 200 | 154 | 0,77 | 2,53 | 2,57 | 0,82 | 28,95 | 11,19 | 32,23 | 4,47 | 13,86 |
| 500 | 397 | 0,79 | 3,12 | 2,62 | 0,87 | 31,86 | 10,05 | 34,10 | 2,99 | 8,77 |
| 1000 | 794 | 0,79 | 0,00 | 2,62 | 0,87 | 33,69 | 5,75 | 36,06 | 2,24 | 6,20 |
| 5000 | 3994 | 0,80 | 0,60 | 2,67 | 0,87 | 35,08 | 4,14 | 37,70 | 1,05 | 2,77 |
| 10000 | 8039 | 0,80 | 0,64 | 2,68 | 0,87 | 36,04 | 2,72 | 38,92 | 0,76 | 1,96 |
| 50000 | 40306 | 0,81 | 0,28 | 2,69 | 0,88 | 36,56 | 1,44 | 39,29 | 0,34 | 0,88 |
| 100000 | 80739 | 0,81 | 0,16 | 2,69 | 0,88 | 37,09 | 1,47 | 39,74 | 0,25 | 0,62 |
| 500000 | 404164 | 0,81 | 0,12 | 2,69 | 0,88 | 37,42 | 0,87 | 40,03 | 0,11 | 0,28 |

Рисунок 2. Зависимость характеристик СИСТЕМА\_2 от вида потока

Как мы видим, характер потока имеет большое значение на производительность самой системы. Если же в случае Марковского потока, очередь хотя-бы каким-либо образом оптимизирована и среднее время ожидания (11,75) примерно равно среднему времени обрабатывания 1 заявки (13,83), то в остальных случаях ситуация драматичнее из-за того, что в УИР1 был задан абсолютно случайный поток, без зависимостей и периодичностей. Если же мы возьмем аппроксимацию из того потока, то ситуация станет еще плачевнее и вместо 27,69 мы получим уже 37,42. Соответственно из-за случайности и неопределенности потока растут и очереди, а также и вероятности потерь, так как в один момент может не быть совсем заявок, а в другой они навалились горой и приборы перегружены.

Таблица 8. Соотношение начала стабильных результатов с Вариантом

|  |  |
| --- | --- |
| B4 | При 50 |
| B5 | При 200 |
| B6 | При 500 |

Таблица 9. Результаты исследования влияния распределения интервалов простейшего потока

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исх.данные (вариант 4): | | K | E | поток | a | b | КВ |
| 3 | 2+1 | прост. | 14,093 | 8,842 | 1 |
| Заявок | Потери | Вер-ть потери | П(%) | Длина очер. | Загрузка | Ср.вр.ож. | О(%) | СКО вр.ож. | Дов.инт.(0.95) | Д(%) |
| 10 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 0,19 | 7,20 | - | 12,61 | 7,81 | 61,98 |
| 20 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,14 | 4,65 | 35,42 | 11,63 | 5,10 | 43,83 |
| 50 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,19 | 3,95 | 15,05 | 13,58 | 3,77 | 27,72 |
| 100 | 3 | 0,03 | 0,00 | 0,19 | 0,20 | 5,06 | 28,04 | 16,87 | 3,31 | 19,60 |
| 200 | 7 | 0,04 | 16,67 | 0,14 | 0,19 | 4,06 | 19,76 | 15,46 | 2,14 | 13,86 |
| 500 | 17 | 0,03 | 2,86 | 0,15 | 0,19 | 4,62 | 13,79 | 18,29 | 1,60 | 8,77 |
| 1000 | 36 | 0,04 | 5,88 | 0,15 | 0,19 | 4,37 | 5,50 | 17,21 | 1,07 | 6,20 |
| 5000 | 174 | 0,03 | 3,33 | 0,17 | 0,20 | 4,72 | 8,13 | 19,58 | 0,54 | 2,77 |
| 10000 | 349 | 0,03 | 0,29 | 0,17 | 0,20 | 4,99 | 5,61 | 20,10 | 0,39 | 1,96 |
| 50000 | 1764 | 0,04 | 1,09 | 0,17 | 0,20 | 4,91 | 1,62 | 19,82 | 0,17 | 0,88 |
| 100000 | 3450 | 0,03 | 2,21 | 0,16 | 0,20 | 4,87 | 0,82 | 19,70 | 0,12 | 0,62 |
| 500000 | 17673 | 0,04 | 2,45 | 0,17 | 0,20 | 4,96 | 2,01 | 19,97 | 0,06 | 0,28 |

Таблица 10. Результаты исследования влияния распределения интервалов в потоке

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исх.данные (вариант 5): | | K | E | поток | a | b | КВ |
| 3 | 2+1 | трасса | 14,093 | 8,842 | 3,126 |
| Заявок | Потери | Вер-ть потери | П(%) | Длина очер. | Загрузка | Ср.вр.ож. | О(%) | СКО вр.ож. | Дов.инт.(0.95) | Д(%) |
| 10 | 4 | 0,40 | - | 1,54 | 0,37 | 13,33 | - | 16,00 | 9,92 | 61,98 |
| 20 | 4 | 0,20 | 50,00 | 1,29 | 0,41 | 10,23 | 23,32 | 11,28 | 4,94 | 43,83 |
| 50 | 8 | 0,16 | 20,00 | 1,23 | 0,48 | 10,17 | 0,58 | 15,16 | 4,20 | 27,72 |
| 100 | 21 | 0,21 | 31,25 | 1,32 | 0,52 | 13,70 | 34,75 | 21,28 | 4,17 | 19,60 |
| 200 | 43 | 0,22 | 2,38 | 1,20 | 0,54 | 12,46 | 9,03 | 21,60 | 2,99 | 13,86 |
| 500 | 104 | 0,21 | 3,26 | 1,09 | 0,54 | 11,82 | 5,17 | 21,13 | 1,85 | 8,77 |
| 1000 | 220 | 0,22 | 5,77 | 1,14 | 0,54 | 12,37 | 4,68 | 21,63 | 1,34 | 6,20 |
| 5000 | 1163 | 0,23 | 5,73 | 1,19 | 0,55 | 12,90 | 4,25 | 21,96 | 0,61 | 2,77 |
| 10000 | 2389 | 0,24 | 2,71 | 1,20 | 0,55 | 13,19 | 2,29 | 22,27 | 0,44 | 1,96 |
| 50000 | 11958 | 0,24 | 0,11 | 1,22 | 0,55 | 13,48 | 2,21 | 22,39 | 0,20 | 0,88 |
| 100000 | 23917 | 0,24 | 0,00 | 1,23 | 0,56 | 13,59 | 0,79 | 22,42 | 0,14 | 0,62 |
| 500000 | 119984 | 0,24 | 0,33 | 1,24 | 0,56 | 13,69 | 0,74 | 22,61 | 0,06 | 0,28 |

Таблица 11. Результаты исследования влияния распределения интервалов аппр. потока

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исх.данные (вариант 6): | | K | E | поток | a | b | КВ |
| 3 | 2+1 | аппр. | 14,093 | 8,842 | 3,109 |
| Заявок | Потери | Вер-ть потери | П(%) | Длина очер. | Загрузка | Ср.вр.ож. | О(%) | СКО вр.ож. | Дов.инт.(0.95) | Д(%) |
| 10 | 7 | 0,70 | - | 1,64 | 0,62 | 5,72 | - | 7,63 | 4,73 | 61,98 |
| 20 | 13 | 0,65 | 7,14 | 1,97 | 0,72 | 9,84 | 71,93 | 13,61 | 5,96 | 43,83 |
| 50 | 32 | 0,64 | 1,54 | 2,38 | 0,71 | 13,03 | 32,50 | 15,51 | 4,30 | 27,72 |
| 100 | 68 | 0,68 | 6,25 | 2,51 | 0,78 | 17,56 | 34,75 | 20,18 | 3,96 | 19,60 |
| 200 | 132 | 0,66 | 2,94 | 2,33 | 0,85 | 14,42 | 17,90 | 16,90 | 2,34 | 13,86 |
| 500 | 345 | 0,69 | 4,55 | 2,49 | 0,86 | 18,97 | 31,55 | 20,92 | 1,83 | 8,77 |
| 1000 | 681 | 0,68 | 1,30 | 2,44 | 0,85 | 18,42 | 2,88 | 20,79 | 1,29 | 6,20 |
| 5000 | 3540 | 0,71 | 3,96 | 2,48 | 0,82 | 21,54 | 16,91 | 24,09 | 0,67 | 2,77 |
| 10000 | 7103 | 0,71 | 0,32 | 2,49 | 0,83 | 21,82 | 1,34 | 24,32 | 0,48 | 1,96 |
| 50000 | 35669 | 0,71 | 0,43 | 2,50 | 0,83 | 22,09 | 1,20 | 24,67 | 0,22 | 0,88 |
| 100000 | 71541 | 0,72 | 0,28 | 2,51 | 0,83 | 22,44 | 1,59 | 24,93 | 0,15 | 0,62 |
| 500000 | 358461 | 0,72 | 0,21 | 2,51 | 0,83 | 22,72 | 1,23 | 25,29 | 0,07 | 0,28 |

Как мы видим по графику, на аппроксимирующем распределении все также потери, длина очереди и среднее время ожидания многократно превышают эти характеристики. Однако, что логично, при меньшей загрузке самой системы, в целом производительность этой системы возрастает, поэтому и потери равны не 0.81, а 0.72.

Таблица 12. Соотношение начала стабильных результатов с Вариантом

|  |  |
| --- | --- |
| B4 | При 50 |
| B5 | При 100 |
| B6 | При 200 |

Таблица 13. Результаты исследования влияния распределения интервалов простейшего потока

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исх.данные (вариант 7): | | K | E | поток | a | b | КВ |  |  |  |
| 3 | 2+1 | прост. | 14,093 | 4,48 | 1 |  |  |  |
| Заявок | Потери | Вер-ть потери | П(%) | Длина очер. | Загрузка | Ср.вр.ож. | О(%) | СКО вр.ож. | Дов.инт.(0.95) | Д(%) |
| 10 | 0 | 0,00 | - | 0,21 | 0,10 | 3,28 | - | 8,75 | 5,42 | 61,98 |
| 20 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,08 | 1,82 | 44,66 | 5,81 | 2,55 | 43,83 |
| 50 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,14 | 1,16 | 35,98 | 7,56 | 2,09 | 27,72 |
| 100 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,10 | 1,15 | 0,95 | 7,22 | 1,42 | 19,60 |
| 200 | 1 | 0,01 | 0,00 | 0,04 | 0,10 | 1,16 | 0,52 | 10,38 | 1,44 | 13,86 |
| 500 | 3 | 0,01 | 20,00 | 0,04 | 0,10 | 1,30 | 11,93 | 11,37 | 1,00 | 8,77 |
| 1000 | 8 | 0,01 | 33,33 | 0,04 | 0,10 | 1,26 | 2,70 | 10,09 | 0,63 | 6,20 |
| 5000 | 51 | 0,01 | 27,50 | 0,05 | 0,10 | 1,38 | 9,52 | 10,09 | 0,28 | 2,77 |
| 10000 | 106 | 0,01 | 3,92 | 0,05 | 0,10 | 1,34 | 3,04 | 10,13 | 0,20 | 1,96 |
| 50000 | 565 | 0,01 | 6,60 | 0,04 | 0,10 | 1,31 | 2,02 | 9,89 | 0,09 | 0,88 |
| 100000 | 1077 | 0,01 | 4,69 | 0,04 | 0,10 | 1,28 | 2,06 | 9,71 | 0,06 | 0,62 |
| 500000 | 5511 | 0,01 | 2,34 | 0,04 | 0,10 | 1,28 | 0,47 | 9,66 | 0,03 | 0,28 |

Таблица 14. Результаты исследования влияния распределения интервалов в потоке

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исх.данные (вариант 8): | | K | E | поток | a | b | КВ |
| 3 | 2+1 | трасса | 14,093 | 4,48 | 1 |
| Заявок | Потери | Вер-ть потери | П(%) | Длина очер. | Загрузка | Ср.вр.ож. | О(%) | СКО вр.ож. | Дов.инт.(0.95) | Д(%) |
| 10 | 0 | 0,00 | - | 0,38 | 0,30 | 2,00 | - | 3,20 | 1,99 | 61,98 |
| 20 | 0 | 0,00 | 0 | 0,24 | 0,28 | 1,29 | 35,76 | 2,57 | 1,13 | 43,83 |
| 50 | 1 | 0,02 | 0 | 0,32 | 0,31 | 2,27 | 76,67 | 7,62 | 2,11 | 27,72 |
| 100 | 4 | 0,04 | 100,00 | 0,42 | 0,33 | 3,38 | 48,77 | 9,82 | 1,92 | 19,60 |
| 200 | 7 | 0,04 | 12,50 | 0,37 | 0,34 | 2,96 | 12,40 | 9,12 | 1,26 | 13,86 |
| 500 | 17 | 0,03 | 2,86 | 0,33 | 0,34 | 2,92 | 1,25 | 9,48 | 0,83 | 8,77 |
| 1000 | 35 | 0,04 | 2,94 | 0,30 | 0,34 | 2,61 | 10,64 | 8,88 | 0,55 | 6,20 |
| 5000 | 260 | 0,05 | 48,57 | 0,40 | 0,35 | 3,37 | 28,86 | 10,24 | 0,28 | 2,77 |
| 10000 | 513 | 0,05 | 1,35 | 0,40 | 0,35 | 3,37 | 0,12 | 10,34 | 0,20 | 1,96 |
| 50000 | 2572 | 0,05 | 0,27 | 0,39 | 0,35 | 3,32 | 1,48 | 10,32 | 0,09 | 0,88 |
| 100000 | 5066 | 0,05 | 1,52 | 0,39 | 0,35 | 3,31 | 0,21 | 10,28 | 0,06 | 0,62 |
| 500000 | 25795 | 0,05 | 1,84 | 0,39 | 0,35 | 3,33 | 0,39 | 10,37 | 0,03 | 0,28 |

Таблица 15. Результаты исследования влияния распределения интервалов аппр. потока

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исх.данные (вариант 9): | | K | E | поток | a | b | КВ |
| 3 | 2+1 | аппр | 14,093 | 4,48 | 1 |
| Заявок | Потери | Вер-ть потери | П(%) | Длина очер. | Загрузка | Ср.вр.ож. | О(%) | СКО вр.ож. | Дов.инт.(0.95) | Д(%) |
| 10 | 5 | 0,50 | - | 1,54 | 0,59 | 4,05 | - | 5,06 | 3,13 | 61,98 |
| 20 | 9 | 0,45 | 10,00 | 1,58 | 0,58 | 4,94 | 22,00 | 6,36 | 2,79 | 43,83 |
| 50 | 24 | 0,48 | 6,67 | 1,93 | 0,62 | 7,52 | 52,42 | 9,49 | 2,63 | 27,72 |
| 100 | 45 | 0,45 | 6,25 | 1,93 | 0,66 | 7,98 | 6,09 | 9,46 | 1,85 | 19,60 |
| 200 | 99 | 0,50 | 10,00 | 2,10 | 0,70 | 10,04 | 25,84 | 11,68 | 1,62 | 13,86 |
| 500 | 230 | 0,46 | 7,07 | 1,96 | 0,72 | 8,64 | 13,94 | 10,92 | 0,96 | 8,77 |
| 1000 | 500 | 0,50 | 8,70 | 2,04 | 0,71 | 9,73 | 12,58 | 12,14 | 0,75 | 6,20 |
| 5000 | 2541 | 0,51 | 1,64 | 2,05 | 0,71 | 9,71 | 0,19 | 12,34 | 0,34 | 2,77 |
| 10000 | 5162 | 0,52 | 1,57 | 2,06 | 0,71 | 9,94 | 2,39 | 12,63 | 0,25 | 1,96 |
| 50000 | 25623 | 0,51 | 0,72 | 2,05 | 0,72 | 9,84 | 1,06 | 12,24 | 0,11 | 0,88 |
| 100000 | 51258 | 0,51 | 0,02 | 2,05 | 0,72 | 9,85 | 0,09 | 12,27 | 0,08 | 0,62 |
| 500000 | 256817 | 0,51 | 0,21 | 2,05 | 0,73 | 9,86 | 0,16 | 12,29 | 0,03 | 0,28 |

Как мы видим, при параметре загрузки 0.3с, характеристики системы меняются таким образом, что время ожидания составляет не более 9.86с, что говорит о том, что практически каждая новопришедшая заявка обрабатывается почти сразу же (исходя из того, что a = 14.093с). Очереди как раз скапливаются тогда, когда потоком идет сразу много заявок, тогда хвост в виде 0.247с начинает накапливаться, что, при переполнении очереди может приводить к очередям. С учетом распределения в аппроксимированном потоке, который является худшим в данном случае, можно сделать вывод о том, что в некоторые моменты времени заявки переполняют очередь, а в другие моменты система простаивает.

Таблица 16. Соотношение начала стабильных результатов с Вариантом

|  |  |
| --- | --- |
| B4 | При 100 |
| B5 | При 200 |
| B6 | При 500 |

**По совокупности 3-х пунктов можно сделать вывод о том, что с уменьшением параметра загрузки, система начинает работать быстрее, но, кроме этого, можно сделать вывод о зависимости установления режима функционирования и о текущем параметре. Чем меньше параметр загрузки, тем больше должен быть объем потока, поступающего в систему, чтобы она вошла в режим, (близкий к) установившемуся. Также можно сделать вывод о том, что чем сложнее функция распределения потока, тем больше будут очереди, время ожидания и количество потерь, поскольку скапливание большого количества заявок (из-за того, что параметр «а» - всего лишь усредненное значение), приводит к перегрузки системы.**

**Поскольку коэффициент вариации при Экспоненциальном распределении равен 1, а при гиперэкспоненциальном, коим была задана трасса и аппроксимация, в 3 раза выше, то и характеристики системы, соответственно, получились больше, что приводит нас к выводу о том, что чем меньше коэффициент вариации, тем меньше время ожидания и очереди.**

## Исследование влияния емкости накопителя среднее время ожидания, пребывания и вероятность потерь

### Описание моделей – вариантов организации системы

Так как наибольший процент потерь присутствовал в модели с Аппроксимирующим потоком и загрузкой равной 0,9, то мы приняли решение проводить эксперимент с увеличением накопителя именно для нее.

Таблица 17. Описание исследуемых вариантов организации системы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер варианта | | 2\_1 | 2\_2 | 2\_3 |
| Количество приборов | | 3 | 3 | 3 |
| Емкость накопителя | | 4+2 | 8+4 | 16+8 |
| Интервалы между заявками входящего потока | Ср. значение | 14,093 | 14,093 | 14,093 |
| Вид потока | аппр. | аппр. | аппр. |
| Длительность обслуживания заявок | Ср. значение | 13,831 | 13,831 | 13,831 |
| Коэфф. Вариации | 3,109 | 3,109 | 3,109 |

Таблица 18. Результаты исследования влияния размера буффера

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исх.данные (вариант 1): | | K | E | поток | a | b | КВ |
| 3 | 4+2 | аппр. | 14,093 | 13,831 | 3,109 |
| Заявок | Потери | Вер-ть потери | П(%) | Длина очер. | Загрузка | Ср.вр.ож. | О(%) | СКО вр.ож. | Дов.инт.(0.95) | Д(%) |
| 10 | 8 | 0,80 | - | 3,28 | 0,70 | 12,06 | - | 15,24 | 9,45 | 61,98 |
| 20 | 16 | 0,80 | 0,00 | 4,18 | 0,81 | 21,69 | 79,87 | 26,71 | 11,71 | 43,83 |
| 50 | 39 | 0,78 | 2,50 | 4,86 | 0,75 | 34,63 | 59,64 | 39,82 | 11,04 | 27,72 |
| 100 | 79 | 0,79 | 1,28 | 5,27 | 0,81 | 48,05 | 38,77 | 52,53 | 10,30 | 19,60 |
| 200 | 152 | 0,76 | 3,80 | 5,30 | 0,85 | 52,81 | 9,90 | 55,47 | 7,69 | 13,86 |
| 500 | 395 | 0,79 | 3,95 | 5,52 | 0,88 | 64,87 | 22,82 | 66,42 | 5,82 | 8,77 |
| 1000 | 789 | 0,79 | 0,13 | 5,52 | 0,88 | 67,10 | 3,45 | 68,48 | 4,24 | 6,20 |
| 5000 | 3979 | 0,80 | 0,86 | 5,62 | 0,88 | 73,85 | 10,06 | 75,20 | 2,08 | 2,77 |
| 10000 | 8006 | 0,80 | 0,60 | 5,62 | 0,88 | 75,37 | 2,05 | 76,50 | 1,50 | 1,96 |

Таблица 19. Результаты исследования влияния размера буффера

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исх.данные (вариант 2\_2): | | K | E | поток | a | b | КВ |  |  |  |
| 3 | 8+4 | аппр. | 14,093 | 13,831 | 3,109 |  |  |  |
| Заявок | Потери | Вер-ть потери | П(%) | Длина очер. | Загрузка | Ср.вр.ож. | О(%) | СКО вр.ож. | Дов.инт.(0.95) | Д(%) |
| 10 | 7 | 0,70 | - | 6,62 | 0,79 | 17,62 | - | 19,46 | 12,06 | 61,98 |
| 20 | 13 | 0,65 | 7,14 | 7,90 | 0,81 | 25,27 | 43,38 | 28,09 | 12,31 | 43,83 |
| 50 | 38 | 0,76 | 16,92 | 9,65 | 0,77 | 53,04 | 109,91 | 58,20 | 16,13 | 27,72 |
| 100 | 77 | 0,77 | 1,32 | 10,58 | 0,82 | 77,73 | 46,55 | 83,16 | 16,30 | 19,60 |
| 200 | 151 | 0,76 | 1,95 | 10,94 | 0,85 | 95,74 | 23,17 | 99,80 | 13,83 | 13,86 |
| 500 | 395 | 0,79 | 4,64 | 11,37 | 0,88 | 124,65 | 30,20 | 127,40 | 11,17 | 8,77 |
| 1000 | 787 | 0,79 | 0,38 | 11,48 | 0,88 | 129,32 | 3,75 | 130,78 | 8,11 | 6,20 |
| 5000 | 3988 | 0,80 | 1,35 | 11,60 | 0,87 | 152,61 | 18,01 | 153,01 | 4,24 | 2,77 |
| 10000 | 7995 | 0,80 | 0,24 | 11,62 | 0,89 | 151,80 | 0,53 | 152,00 | 2,98 | 1,96 |

Таблица 20. Результаты исследования влияния размера буффера

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исх.данные (вариант 2\_3): | | K | E | поток | a | b | КВ |
| 3 | 16+8 | аппр. | 14,093 | 13,831 | 3,109 |
| Заявок | Потери | Вер-ть потери | П(%) | Длина очер. | Загрузка | Ср.вр.ож. | О(%) | СКО вр.ож. | Дов.инт.(0.95) | Д(%) |
| 10 | 3 | 0,30 | - | 11,42 | 0,82 | 23,09 | - | 25,08 | 15,55 | 61,98 |
| 20 | 12 | 0,60 | 100,00 | 14,99 | 0,77 | 40,39 | 74,90 | 41,14 | 18,03 | 43,83 |
| 50 | 33 | 0,66 | 10,00 | 18,34 | 0,77 | 68,45 | 69,48 | 72,15 | 20,00 | 27,72 |
| 100 | 74 | 0,74 | 12,12 | 20,43 | 0,84 | 114,49 | 67,25 | 119,99 | 23,52 | 19,60 |
| 200 | 148 | 0,74 | 0,00 | 21,76 | 0,85 | 153,61 | 34,17 | 158,57 | 21,98 | 13,86 |
| 500 | 394 | 0,79 | 6,49 | 22,86 | 0,88 | 224,73 | 46,30 | 229,08 | 20,08 | 8,77 |
| 1000 | 785 | 0,79 | 0,38 | 23,21 | 0,88 | 243,53 | 8,37 | 246,06 | 15,25 | 6,20 |
| 5000 | 3983 | 0,80 | 1,48 | 23,54 | 0,87 | 304,13 | 24,89 | 304,92 | 8,45 | 2,77 |
| 10000 | 7995 | 0,80 | 0,36 | 23,59 | 0,89 | 305,81 | 0,55 | 306,21 | 6,00 | 1,96 |

**По полученным графикам можно сделать вывод о том, что увеличение очереди не является панацеей для уменьшения потерь. Увеличение буфера, в целом, помогает, поскольку сама возможность отказать меньшему количеству заявок позволяет нам повысить производительность системы за счет того, что приборы чаще будут заняты делом даже в том, случае, когда был отказ в обработке «хвоста» и к моменту принятия следующей заявки, поступление уже кончилось. В таком случае все еще будет возможность обработать большее количество заявок.**

**Как мы видим, максимальные вероятности потерь одинаковы во всех случаях, когда система пришла в стационарный режим. Длина очереди и среднее время ожидания стремятся соответственно к l и l\*b. Что логично, в эксперименте общий объем буфера увеличивался в 2 раза и характеристики росли соответственно почти в 2 раза, практически линейно.**

|  |  |
| --- | --- |
| B2\_1 | При 500 |
| B2\_2 | При 500 |
| B2\_3 | При 500 |

**Как мы видим, порог вхождения в стационарное состояние не изменился и остался на уровне 500, как и при емкости 2+1, что значит, что даже и при общей емкости 3 накопитель можно считать неограниченным (то есть даже при общей емкости накопителя равной 172, система все-равно переходит в стационарный режим при 500 заявках).**

# Вывод

**В результате исследований можно сформулировать некоторые свойства, присущие нашей системе:**

1. Структурные параметры, а точнее, емкость накопителя влияют на режим функционирования системы, а точнее: При увеличении емкости накопителя длительность переходного режима увеличивается (представлено на таблицах 5.4-5.7 и соответствующих рисунках). Также незначительно уменьшается процент потерянных заявок для большого количество, и заметно уменьшается для малого количества, поскольку у системы больше возможностей хранить и не терять заявки.
2. При общей емкости накопителя >= 3 нашу емкость можно считать бесконечной и увеличение ее размера перестает влиять на длительность переходного режима и характеристики системы
3. Нагрузка непосредственно влияет на длительность переходного режима, чем выше нагрузка, тем длительнее переходной режим для системы из УИР 2. Аналогично нагрузка влияет и на время ожидания/пребывания и вероятность потерь.
4. Характер потока поступления влияет на исследуемые характеристики системы, поскольку при коэффициенте вариации из УИР1 и трассы и аппроксимирующего потока из УИР1 системе было сложнее справиться с потоком и чаще возникали потери, а также повышались время ожидания/пребывания.