Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

МФКТиУ

Лабораторная работа 2

по дисциплине

«Моделирование»

Вариант 14 / 4

Выполнил:

Санкт-Петербург

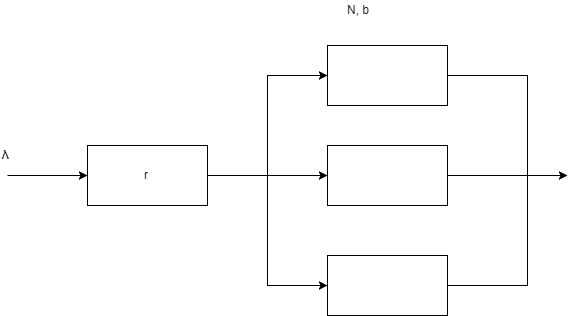
2018 г.

**Цель работы**

Исследование свойств простейших одно- и многоканальных СМО с однородным потоком заявок на имитационных GPSS-моделях при различных предположениях о параметрах структурно-функциональной организации и нагрузочных параметрах в соответствии с заданной программой исследований.

**Описание системы**

Одно-(N=1) и многоканальная(N > 1) СМО с ограниченной очередью вместимостью r, входным потоком с интенсивностью λ, с N обслуживающими приборами, с средним временем обслуживания b



**Выполнение работы**

**Генератор 210**

Обозначения:

* Э – экспоненциальное
* Р – равномерное
* Д – детерминированное
* Э2 – Эрланг второго порядка
* Э4 – Эрланг четвертого порядка

1. **Влияние коэффициента загрузки на длительность переходного режима для значений 0,1 и 0,9**

**Оценка длительности переходного режима для коэффициента загрузки 0,1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Количество заявок | | **1000** | **5000** | **10000** | **50000** | **100000** | **1000000** |
| Теор.загрузка системы: 0.1 | Значение | 0.097 | 0.099 | 0.098 | 0.100 | 0.100 | 0.100 |
| Отност.откл. | -0.030 | -0.010 | -0.020 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Время ожидания заявок: 1.11 | Ср.значение | 1.045 | 1.282 | 1.196 | 1.181 | 1.146 | 1.124 |
| Отност.откл. | -0.059 | 0.154 | 0.076 | 0.063 | 0.031 | 0.012 |
| С.к.о. | 4.158 | 5.456 | 5.148 | 5.247 | 5.060 | 4.903 |
| К-т вар. | 3.979 | 4.256 | 4.304 | 4.443 | 4.415 | 4.362 |
| Время пребывания заявок: 11.11 | Ср.значение | 10.751 | 11.235 | 11.122 | 11.181 | 11.171 | 11.119 |
| Отност.откл. | -0.032 | 0.011 | 0.001 | 0.006 | 0.005 | 0.001 |
| С.к.о. | 10.678 | 11.363 | 11.182 | 11.356 | 11.263 | 11.151 |
| К-т вар. | 0.993 | 1.011 | 1.005 | 1.016 | 1.008 | 1.003 |
| Потерянные заявки | Количество | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Вероятность | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Оценка длительности переходного режима для коэффициента загрузки 0,9**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Количество заявок | | **1000** | **5000** | **10000** | **50000** | **100000** | **1000000** |
| Теор.загрузка системы: 0.9 | Значение | 0.869 | 0.863 | 0.876 | 0.900 | 0.902 | 0.901 |
| Отност.откл. | -0.034 | -0.041 | -0.027 | 0.000 | 0.002 | 0.001 |
| Время ожидания заявок: 810 | Ср.значение | 582.357 | 622.440 | 676.915 | 766.219 | 807.910 | 795.456 |
| Отност.откл. | -0.281 | -0.232 | -0.164 | -0.054 | -0.003 | -0.018 |
| С.к.о. | 637.467 | 700.909 | 758.711 | 744.288 | 859.247 | 851.620 |
| К-т вар. | 1.095 | 1.126 | 1.121 | 0.971 | 1.064 | 1.071 |
| Время пребывания заявок: 900 | Ср.значение | 669.382 | 710.634 | 766.018 | 856.227 | 898.254 | 885.454 |
| Отност.откл. | -0.256 | -0.210 | -0.149 | -0.049 | -0.002 | -0.016 |
| С.к.о. | 642.458 | 707.998 | 765.065 | 749.392 | 863.702 | 856.298 |
| К-т вар. | 0.7491 | 1.0428 | 1.1296 | 1.0199 | 0.9824 | 0.9820 |
| Потерянные заявки | Количество | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Вероятность | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

Коэффициенты вариации времени ожидания и пребывания стремятся к 1, можно сделать вывод, что они имеют экспоненциальное распределение.

По результатам испытаний можно сделать вывод, что приемлемым количеством заявок, для получения статистически устойчивых результатов, равно 100000.

1. **Влияние на среднее время ожидания и пребывания заявок в системе закона распределения**

Интервалов между заявками в потоке

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер варианта** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |  |
| **Количество приборов** | | 1 | | | | |  |
| **Ёмкость накопителя** | | 100 | | | | |  |
| **Интервалы между заявками входящего потока** | **ср.знач.** | 1000 | | | | |  |
| **з-н. распр.** | Э | Р | Д | Э2 | Э4 |  |
| **Длительность обслуживания заявок** | **ср.знач.** | 113 и 900 | | | | |  |
| **з-н. распр.** | Э | | | | |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер варианта** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **Теор. загр. системы** | **Значение** | 0.113 | 0.113 | 0.113 | 0.114 | 0.113 |
| 0.113 | **Относит.откл.** | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.000 |
| **Время ожидания заявок** | **Сред. Значение** | 14.713 | 0.019 | 0.018 | 4.232 | 1.114 |
| **С.К.О.** | 60.624 | 1.869 | 1.564 | 31.314 | 14.087 |
| **К-т вар.** | 4.120 | 98.368 | 86.889 | 7.399 | 12.645 |
| **Время прибывания заявок** | **Сред. Значение** | 127.958 | 113.330 | 113.023 | 117.721 | 113.872 |
| **С.К.О.** | 128.770 | 113.413 | 113.340 | 117.968 | 114.106 |
| **К-т вар.** | 1.006 | 1.001 | 1.003 | 1.002 | 1.002 |
| **Потерянные заявки** | **Кол-во** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Вер-ть** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер варианта** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **Теор. загр. системы** | **Значение** | 0.902 | 0.904 | 0.900 | 0.897 | 0.904 |
| 0.9 | **Относит.откл.** | 0.002 | 0.004 | 0.000 | -0.003 | 0.004 |
| **Время ожидания заявок** | **Сред. Значение** | 8079.096 | 4171.312 | 3829.272 | 5738.735 | 5314.366 |
| **С.К.О.** | 8592.466 | 5087.757 | 4762.570 | 6640.943 | 6448.422 |
| **К-т вар.** | 1.064 | 1.220 | 1.244 | 1.157 | 1.213 |
| **Время прибывания заявок** | **Сред. Значение** | 8982.537 | 5075.459 | 4729.311 | 6637.984 | 6217.482 |
| **С.К.О.** | 8637.020 | 5171.093 | 4848.449 | 6699.703 | 6512.949 |
| **К-т вар.** | 0.962 | 1.019 | 1.025 | 1.009 | 1.048 |
| **Потерянные заявки** | **Кол-во** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Вер-ть** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Длительности обслуживания

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер варианта** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |  |
| **Количество приборов** | | 1 | | | | |  |
| **Ёмкость накопителя** | | 100 | | | | |  |
| **Интервалы между заявками входящего потока** | **ср.знач.** | 1000 | | | | |  |
| **з-н. распр.** | Э | | | | |  |
| **Длительность обслуживания заявок** | **ср.знач.** | 113 и 900 | | | | |  |
| **з-н. распр.** | Э | Р | Д | Э2 | Э4 |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер варианта** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **Теор. загр. системы** | **Значение** | 0.113 | 0.113 | 0.113 | 0.113 | 0.114 |
| 0.113 | **Относит.откл.** | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 |
| **Время ожидания заявок** | **Сред. Значение** | 14.713 | 7.152 | 7.088 | 10.788 | 9.240 |
| **С.К.О.** | 60.624 | 24.537 | 24.025 | 42.001 | 33.466 |
| **К-т вар.** | 4.120 | 3.431 | 3.390 | 3.893 | 3.622 |
| **Время прибывания заявок** | **Сред. Значение** | 127.958 | 120.140 | 120.088 | 123.770 | 122.375 |
| **С.К.О.** | 128.770 | 25.645 | 24.025 | 90.232 | 65.419 |
| **К-т вар.** | 1.006 | 0.213 | 0.200 | 0.729 | 0.535 |
| **Потерянные заявки** | **Кол-во** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Вер-ть** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Расчётные значения для СМО типа М/М/1 и M/G/1 при загрузке 0.9**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** |  |  |  |  |  |  |
| **1** | 0.001 | 900 | 1 | 0.9 | 8100 | 9000 |
| **2** | 0.001 | 900 | 0.02886 | 0.9 | 4053 | 4953 |
| **3** | 0.001 | 900 | 0 | 0.9 | 4050 | 4950 |
| **4** | 0.001 | 900 | 0.707 | 0.9 | 6074 | 6974 |
| **5** | 0.001 | 900 | 0.5 | 0.9 | 5062 | 5962 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер варианта** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **Теор. загр. системы** | **Значение** | 0.902 | 0.894 | 0.900 | 0.895 | 0.903 |
| 0.9 | **Относит.откл.** | 0.002 | -0.007 | 0.000 | -0.006 | 0.003 |
| **Время ожидания заявок** | **Сред. Значение** | 8079.096 | 3778.220 | 3944.090 | 6027.326 | 5145.725 |
| **С.К.О.** | 8592.466 | 4109.560 | 4041.696 | 6934.303 | 5434.772 |
| **К-т вар.** | 1.064 | 1.088 | 1.025 | 1.150 | 1.056 |
| **Время прибывания заявок** | **Сред. Значение** | 8982.537 | 4678.276 | 4844.090 | 6926.768 | 6046.391 |
| **С.К.О.** | 8637.020 | 4109.626 | 4041.696 | 6965.047 | 5453.362 |
| **К-т вар.** | 0.962 | 0.878 | 0.834 | 1.006 | 0.902 |
| **Потерянные заявки** | **Кол-во** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Вер-ть** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Одновременно 1 и 2 при разных законах распределения

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер варианта** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |  |
| **Количество приборов** | | 1 | | | | |  |
| **Ёмкость накопителя** | | 100 | | | | |  |
| **Интервалы между заявками входящего потока** | **ср.знач.** | 1000 | | | | |  |
| **з-н. распр.** | Э | Р | Д | Э2 | Э4 |  |
| **Длительность обслуживания заявок** | **ср.знач.** | 113 и 900 | | | | |  |
| **з-н. распр.** | Э | Р | Д | Э2 | Э4 |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер варианта** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **Теор. загр. системы** | **Значение** | 0.113 | 0.113 | 0.113 | 0.113 | 0.113 |
| 0.113 | **Относит.откл.** | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| **Время ожидания заявок** | **Сред. Значение** | 14.713 | 0.000 | 0.000 | 2.370 | 0.146 |
| **С.К.О.** | 60.624 | 0.000 | 0.000 | 18.353 | 3.648 |
| **К-т вар.** | 4.120 | 0.000 | 0.000 | 7.744 | 24.986 |
| **Время прибывания заявок** | **Сред. Значение** | 127.958 | 112.985 | 113.000 | 115.446 | 113.081 |
| **С.К.О.** | 128.770 | 7.511 | 0.000 | 81.890 | 56.728 |
| **К-т вар.** | 1.006 | 0.066 | 0.000 | 0.709 | 0.502 |
| **Потерянные заявки** | **Кол-во** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Вер-ть** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Коэффициент вариаций времени пребывания с небольшим отклонением соответствуют коэффициентам вариаций распределений времени обработки Э Р Д Э2 Э4 соответственно.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер варианта** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **Теор. загр. системы** | **Значение** | 0.902 | 0.900 | 0.900 | 0.903 | 0.898 |
| 0.9 | **Относит.откл.** | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | -0.002 |
| **Время ожидания заявок** | **Сред. Значение** | 8079.096 | 0.000 | 0.000 | 3909.288 | 1862.189 |
| **С.К.О.** | 8592.466 | 0.000 | 0.000 | 4383.787 | 2298.008 |
| **К-т вар.** | 1.064 | 0.000 | 0.000 | 1.121 | 1.234 |
| **Время прибывания заявок** | **Сред. Значение** | 8982.537 | 899.944 | 900.000 | 4811.432 | 2760.956 |
| **С.К.О.** | 8637.020 | 28.889 | 0.000 | 4426.905 | 2341.000 |
| **К-т вар.** | 0.962 | 0.032 | 0.000 | 0.920 | 0.848 |
| **Потерянные заявки** | **Кол-во** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Вер-ть** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

1. **Исследовать влияние на среднее время ожидания и пребывания емкости накопителя и определить емкость накопителя, начиная с которой СМО можно рассматривать как систему с неограниченной очередью.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер варианта** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |  |
| **Количество приборов** | | 1 | | | | | | |  |
| **Ёмкость накопителя** | | 10 | 50 | 70 | 80 | 90 | 98 | 100 |  |
| **Интервалы между заявками входящего потока** | **ср.знач.** | 1000 | | | | | | |  |
| **з-н. распр.** | Э | | | | | | |  |
| **Длительность обслуживания заявок** | **ср.знач.** | 900 | | | | | | |  |
| **з-н. распр.** | Э | | | | | | |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер варианта** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| **Теор. загр. системы** | **Значение** | 0.859 | 0.89 | 0.896 | 0.902 | 0.902 | 0.902 | 0.902 |
| **Относит.откл.** | -0.046 | -0.011 | -0.004 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 |
| **Время ожидания заявок** | **Сред. Значение** | 3588.875 | 6760.592 | 7630.327 | 8040.35 | 8079.096 | 8079.096 | 8079.1 |
| **С.К.О.** | 3295.682 | 6686.353 | 7820.433 | 8498.777 | 8592.466 | 8592.466 | 8592.47 |
| **К-т вар.** | 0.918 | 0.989 | 1.025 | 1.057 | 1.064 | 1.064 | 1.064 |
| **Время пребывания заявок** | **Сред. Значение** | 4490.395 | 7659.795 | 8530.567 | 8943.768 | 8982.537 | 8982.537 | 8982.54 |
| **С.К.О.** | 3418.02 | 6745.137 | 7969.116 | 8543.669 | 8637.02 | 8637.02 | 8637.02 |
| **К-т вар.** | 0.761 | 0.881 | 0.934 | 0.955 | 0.962 | 0.962 | 0.962 |
| **Потерянные заявки** | **Кол-во** | 4233 | 380 | 18 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| **Вер-ть** | 0.04233 | 0.0038 | 0.00018 | 0.00006 | 0 | 0 | 0 |

Коэффициенты вариаций стремятся к 1, можно считать, что ожидание и пребывание распределены экспоненциально

1. **Провести исследование влияния числа обслуживающих приборов (1, 2, 3) на среднее время ожидания и пребывания заявок в системе**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер варианта** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
| **Количество приборов** | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| **Ёмкость накопителя** | | 100 | | | | | | | | |
| **Интервалы между заявками входящего потока** | **ср.знач.** | 1000 | | | 2000 | | | 500 | | |
| **з-н. распр.** | Э | | | | | | | | |
| **Длительность обслуживания заявок** | **ср.знач.** | 900 | | | 1800 | | | 450 | | |
| **з-н. распр.** | Э | | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер варианта** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
| **Теор. загр. системы** | **Значение** | 0.902 | 0.451 | 0.300 | 0.902 | 0.451 | 0.300 | 0.902 | 0.451 | 0.300 |
| **Относит.откл.** | 0.002 | 0.002 | 0.000 | 0.002 | 0.002 | 0.000 | 0.002 | 0.002 | 0.000 |
| **Время ожидания заявок** | **Сред. Значение** | 8079.096 | 235.759 | 29.865 | 16158.191 | 471.518 | 59.730 | 4039.548 | 117.879 | 14.933 |
| **С.К.О.** | 8592.466 | 581.013 | 156.217 | 17184.932 | 1162.025 | 312.435 | 4296.233 | 290.506 | 78.109 |
| **К-т вар.** | 1.064 | 2.464 | 5.231 | 1.064 | 2.464 | 5.231 | 1.064 | 2.464 | 5.231 |
| **Время пребывания заявок** | **Сред. Значение** | 8982.537 | 1138.928 | 931.798 | 17965.073 | 2277.857 | 1863.597 | 4491.268 | 569.464 | 465.899 |
| **С.К.О.** | 8637.020 | 1072.946 | 915.347 | 17274.040 | 2145.891 | 1830.695 | 4318.510 | 536.473 | 457.674 |
| **К-т вар.** | 0.962 | 0.942 | 0.982 | 0.962 | 0.942 | 0.982 | 0.962 | 0.942 | 0.982 |
| **Потерянные заявки** | **Кол-во** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Вер-ть** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Вывод**

В ходе анализа полученных результатов были выявлены закономерности влияния параметров СМО:

* Длительность переходного режима напрямую зависит от загрузки системы. Оптимальная длительность составляет 100000 заявок.
* В основном, коэффициент вариации времени пребывания схож с коэффициентом времени обработки, если нет существенных потерь заявок
* Из графика можно сделать вывод о критически важных параметрах, влияющих на время ожидания заявок в СМО. Минимального ожидания можно достичь разными путями:
* ограничением длины очереди, что в свою очередь приведет к потерям заявок
* снижением загрузки, что в свою очередь может быть достигнуто: увеличением числа приборов, увеличением интенсивности обслуживания
* заменой законов распределения интервалов между заявками и времени обслуживания на законы с меньшим коэффициентом вариации (более близким к детерминированному)