

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики»

**Моделирование**  
**Домашнее задание №2**  
Вариант 22/5

Выполнили:      Калугина Марина  
                         Саржевский Иван  
                         Группа: Р3302

г. Санкт-Петербург

2019 г.

**Цель работы:**

Изучение метода Марковских случайных процессов и его применение для исследования приоритетных моделей – систем массового обслуживания (СМО) с неоднородным потоком заявок.

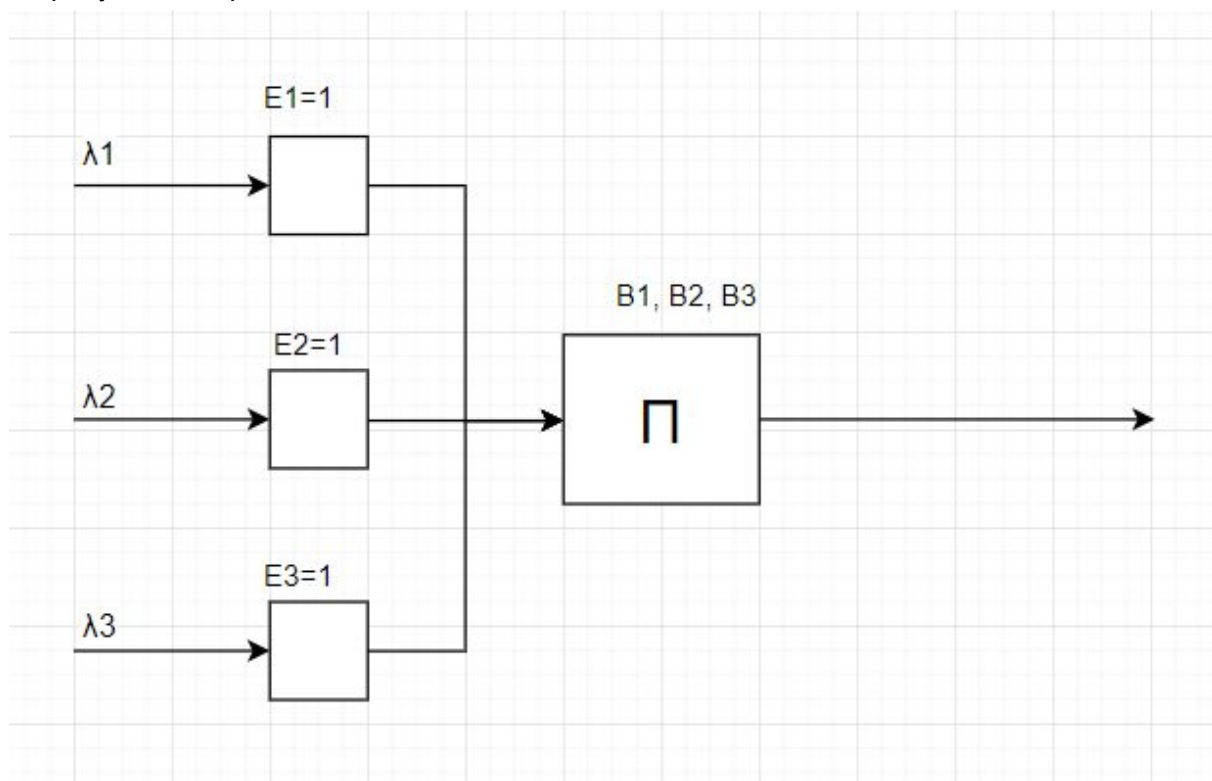
**Задание:**

Разработка Марковских моделей одно- и двухканальных СМО с неоднородным потоком заявок и приоритетным обслуживанием и исследование характеристик их функционирования. Выбор наилучшего варианта построения СМО в соответствии с заданным критерием эффективности.

1. Построение и описание исследуемой системы массового обслуживания.
2. Разработка Марковской модели исследуемой системы.
3. Проведение расчетов разработанной модели и получение результатов.
4. Анализ полученных результатов.
5. Детальный анализ зависимостей характеристик системы при изменении нагрузки.

**Описание исследуемой системы:**

На рисунке изображена схема системы:



Согласно варианту в системе имеется один прибор и 3 накопителя с емкостью = 1  
3 класса заявок с абсолютным приоритетом (и приоритетами 2-3-1)

Порядок назначения приоритетов:

поступающая заявка любого класса при отсутствии свободного места в накопителе данного класса теряется;

Дисциплина прерывания: прерванная заявка теряется

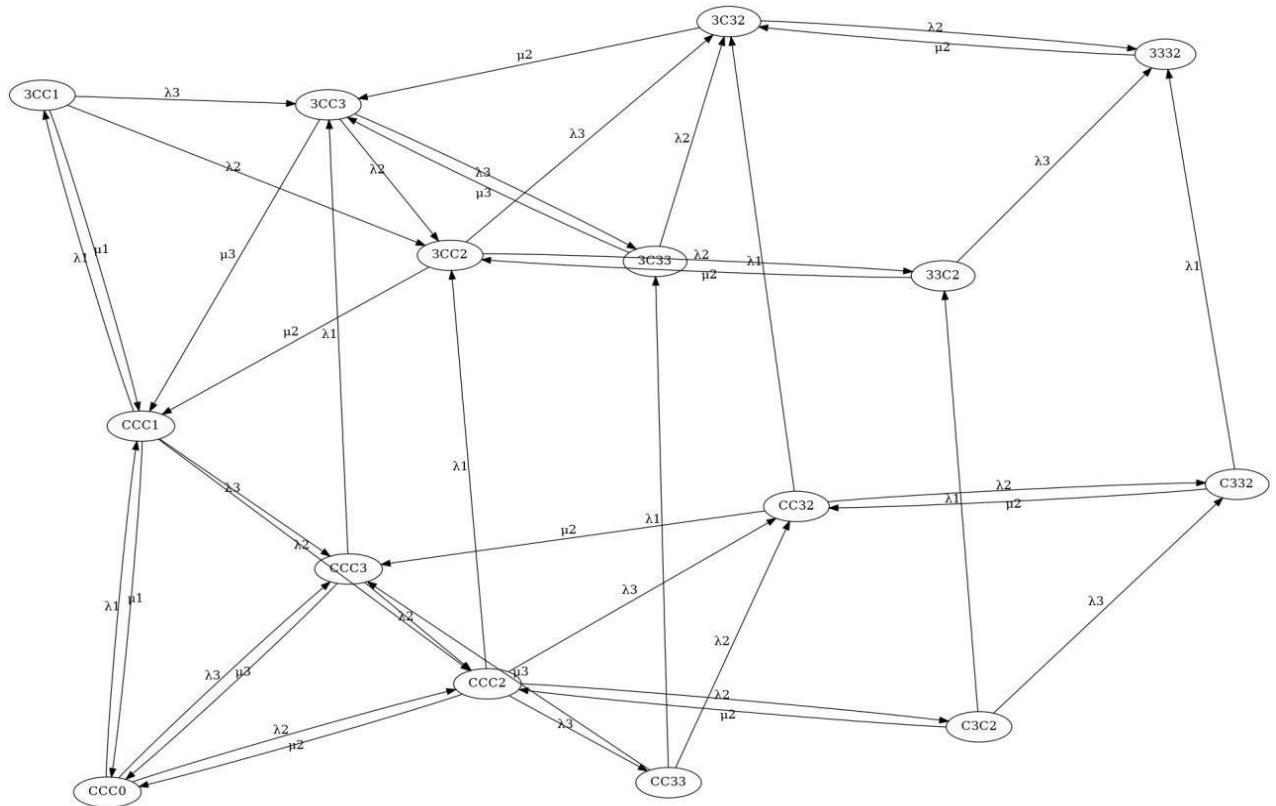
Значение параметров:

$\lambda_1 = 0.2$ ;  $\lambda_2 = 0.1$ ;  $\lambda_3 = 0.1$

$B_1 = 2$ ;  $B_2 = 2$ ;  $B_3 = 5$

Отсюда можно рассчитать интенсивности обработки заявок:  $\mu_1 = 1/B_1 = 0.5$ ;  $\mu_2 = 0.5$ ;  $\mu_3 = 0.2$

Граф переходов:



Каждое состояние кодируется в виде O1/O2/O3/П, где

O1 - первый накопитель, имеет значение С,З -- свободно и занято соответственно

O2 и O3 - второй и третий накопитель

П - прибор, имеет значение 0, 1, 2, 3 -- свободен, занят заявкой первого второго или третьего класса соответственно.

Матрица интенсивностей переходов:

|      | 0000                                    | 0001   | 0002                                      | 0003                         | 0012                         | 0013                         | 0102                         | 0112                         | 1001  | 1002                         | 1003                            | 1012                | 1013                | 1102                | 1112    |
|------|---|--------|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------|
| 0000 | -p0*λ0 -<br>p0*λ1 -<br>p0*λ2            | p0*λ0  | p0*λ1                                     | p0*λ2                        | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | 0     | 0                            | 0                               | 0                   | 0                   | 0                   | 0       |
| 0001 | -p1*λ0 -<br>p1*λ1 -<br>p1*λ2 -<br>p1*μ0 | p1*λ0  | p1*λ1                                     | p1*λ2                        | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | p1*λ0 | 0                            | 0                               | 0                   | 0                   | 0                   | 0       |
| 0002 | p2*μ1                                   | 0      | -p2*λ0 -<br>p2*λ1 -<br>2*p2*λ2 -<br>p2*μ1 | 0                            | p2*λ2                        | p2*λ2                        | p2*λ1                        | 0                            | 0     | p2*λ0                        | 0                               | 0                   | 0                   | 0                   | 0       |
| 0003 | p3*μ2                                   | 0      | p3*λ1                                     | -p3*λ0 -<br>p3*λ1 -<br>p3*μ2 | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | 0     | 0                            | p3*λ0                           | 0                   | 0                   | 0                   | 0       |
| 0012 | 0                                       | 0      | 0   | p4*μ1                        | -p4*λ0 -<br>p4*λ1 -<br>p4*μ1 | 0                            | 0                            | p4*λ1                        | 0     | 0                            | 0                               | p4*λ0               | 0                   | 0                   | 0       |
| 0013 | 0                                       | 0      | 0   | p5*μ2                        | p5*λ1                        | -p5*λ0 -<br>p5*λ1 -<br>p5*μ2 | 0                            | 0                            | 0     | 0                            | 0                               | 0                   | p5*λ0               | 0                   | 0       |
| 0102 | 0                                       | 0      | p6*μ1                                     | 0                            | 0                            | 0                            | -p6*λ0 -<br>p6*λ2 -<br>p6*μ1 | p6*λ2                        | 0     | 0                            | 0                               | 0                   | 0                   | p6*λ0               | 0       |
| 0112 | 0                                       | 0      | 0   | 0                            | p7*μ1                        | 0                            | 0                            | -p7*λ0 -<br>p7*μ1            | 0     | 0                            | 0                               | 0                   | 0                   | 0                   | p7*λ0   |
| 1001 | 0                                       | p8*μ0  | 0   | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | -p8*λ1 -<br>p8*λ2 -<br>p8*μ0 | 0     | p8*λ1                        | p8*λ2                           | 0                   | 0                   | 0                   | 0       |
| 1002 | 0                                       | p9*μ1  | 0   | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | 0     | -p9*λ1 -<br>p9*λ2 -<br>p9*μ1 | 0                               | p9*λ2               | 0                   | p9*λ1               | 0       |
| 1003 | 0                                       | p10*μ2 | 0   | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | 0     | p10*λ1                       | -p10*λ1 -<br>p10*λ2 -<br>p10*μ2 | 0                   | p10*λ2              | 0                   | 0       |
| 1012 | 0                                       | 0      | 0   | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | 0     | 0                            | p11*μ1                          | -p11*λ1 -<br>p11*μ1 | 0                   | 0                   | p11*λ1  |
| 1013 | 0                                       | 0      | 0   | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | 0     | 0                            | p12*μ2                          | p12*λ1              | -p12*λ1 -<br>p12*μ2 | 0                   | 0       |
| 1102 | 0                                       | 0      | 0   | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | 0     | p13*μ1                       | 0                               | 0                   | 0                   | -p13*λ2 -<br>p13*μ1 | p13*λ2  |
| 1112 | 0                                       | 0      | 0   | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | 0     | 0                            | 0                               | p14*μ1              | 0                   | 0                   | -p14*μ1 |

**Значения стационарных вероятностей:**

|      |        |
|------|--------|
| CCC0 | 0.3233 |
| CCC1 | 0.1517 |
| CCC2 | 0.0625 |
| CCC3 | 0.1111 |
| 3CC1 | 0.0111 |
| 3CC2 | 0.0125 |
| CC32 | 0.0078 |
| C3C2 | 0.0027 |
| 3CC3 | 0.0433 |
| CC33 | 0.0499 |
| 33C2 | 0.1263 |
| 3C32 | 0.0277 |
| C332 | 0.0504 |
| 3C33 | 0.0109 |
| 3332 | 0.0088 |

**Расчет характеристик системы:**

| Хар-ка   | Класс заявки | Формула  | Значение     |
|----------|--------------|--|--------------|
| Нагрузка | 1            | $y_1 = \lambda_1 / \mu_1$  | 0,4          |
|          | 2            | $y_2 = \lambda_2 / \mu_2$  | 0,2          |
|          | 3            | $y_3 = \lambda_3 / \mu_3$  | 0,5          |
|          | $\sum$       | $Y = y_1 + y_2 + y_3$  | 1,1          |
| Загрузка | 1            | $\rho_1 = P_1 + P_4$   | 0,1950313587 |
|          | 2            | $\rho_2 = P_2 + P_5 + P_6 + P_7 + P_{10} + P_{11} + P_{12} + P_{14}$ | 0,1814497762 |
|          | 3            | $\rho_3 = P_3 + P_8 + P_9 + P_{13}$                                  | 0,3002399401 |
|          | $\sum$       | $\rho = \sum_{i=1}^n P_i$  | 0,676721075  |
| Длина    | 1            | $l_1 = P_4 + P_5 + P_8 + P_{10} + P_{11} + P_{13} + P_{14}$          | 0,3173902444 |

|                        |        |   |                |
|------------------------|--------|---|----------------|
| очереди                | 2      | $l_2 = P_7 + P_{10} + P_{12} + P_{14}$  | 0,03024162937  |
|                        | 3      | $l_3 = P_6 + P_9 + P_{11} + P_{12} + P_{13} + P_{14}$   | 0,1132426753   |
|                        | $\sum$ | $l = (P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9) + 2(P_{10} + P_{11} + P_{12} + P_{13}) + 3 * P_{14}$   | 0,4608745491   |
| Число заявок           | 1      | $m_1 = (P_1 + P_5 + P_8 + P_{10} + P_{11} + P_{13} + P_{14}) + 2 * P_4$   | 0,5124216032   |
|                        | 2      | $m_2 = (P_2 + P_5 + P_6 + P_{11}) + 2(P_7 + P_{10} + P_{12} + P_{14})$  | 0,2116914056   |
|                        | 3      | $m_3 = (P_3 + P_6 + P_8 + P_{11} + P_{12} + P_{14}) + 2(P_9 + P_{13})$  | 0,4134826153   |
|                        | $\sum$ | $m = (P_1 + P_2 + P_3) + 2(P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9) + 3(P_{10} + P_{11} + P_{12} + P_{13}) + 4P_{14}$   | 1,137595624    |
| Ср. время ожидания     | 1      | $w_1 = l_1 / \lambda'_1$  | 2,13360348     |
|                        | 2      | $w_2 = l_2 / \lambda'_2$  | 0,3047201017   |
|                        | 3      | $w_3 = l_3 / \lambda'_3$  | 1,262982031    |
|                        | $\sum$ | $w = l / \lambda'$  | 1,364888018    |
| Ср. время пребывания   | 1      | $u_1 = m_1 / \lambda'$  | 4,324829391    |
|                        | 2      | $u_2 = m_2 / \lambda'$  | 2,311847057    |
|                        | 3      | $u_3 = m_3 / \lambda'$  | 6,277042457    |
|                        | $\sum$ | $u = m / \lambda'$  | 4,256242987    |
| Вер-ть потери          | 1      | $\pi_1 = (P_4 + P_5 + P_8 + P_{10} + P_{11} + P_{13} + P_{14}) * (\lambda_1) / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) + (P_1 + P_4) * (\lambda_1 + \lambda_2) / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)$                               | 0,2562108016   |
|                        | 2      | $\pi_2 = (P_7 + P_{10} + P_{12} + P_{14}) * (\lambda_2) / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)$  | 0,007560407341 |
|                        | 3      | $\pi_3 = (P_6 + P_9 + P_{11} + P_{12} + P_{13} + P_{14}) * (\lambda_3) / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) + (P_2 + P_6 + P_6 + P_7 + P_{10} + P_{11} + P_{12} + P_{14}) * (\lambda_2) / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)$ | 0,1033706538   |
|                        | $\sum$ | $\pi = \sum_{i=1}^n P_i$  | 0,3514640447   |
| Пропускная способность | 1      | $\lambda'_1 = B_1(1 - \pi_1)$   | 0,1487578397   |
|                        | 2      | $\lambda'_2 = B_2(1 - \pi_2)$   | 0,09924395927  |
|                        | 3      | $\lambda'_3 = B_3(1 - \pi_3)$   | 0,08966293462  |
|                        | $\sum$ | $\lambda' = \lambda'_1 + \lambda'_2 + \lambda'_3$   | 0,3376647336   |



## Результаты варьирования параметров заявок:

Были проведены 2 группы опытов по 5 экспериментов.

В первом случае производилось равномерное изменение интенсивностей, во втором - средней длительности обслуживания.

1. Значение интенсивностей:
  - a.  $\lambda_1 = 0.2; \lambda_2 = 0.1; \lambda_3 = 0.1$
  - b.  $\lambda_1 = 0.4; \lambda_2 = 0.2; \lambda_3 = 0.2$
  - c.  $\lambda_1 = 0.6; \lambda_2 = 0.4; \lambda_3 = 0.4$
  - d.  $\lambda_1 = 0.8; \lambda_2 = 0.6; \lambda_3 = 0.6$
  - e.  $\lambda_1 = 0.9; \lambda_2 = 0.7; \lambda_3 = 0.7$
2. Значения средней длительности обслуживания
  - a.  $B_1 = 2; B_2 = 2; B_3 = 5$
  - b.  $B_1 = 3; B_2 = 3; B_3 = 6$
  - c.  $B_1 = 4; B_2 = 4; B_3 = 7$
  - d.  $B_1 = 5; B_2 = 5; B_3 = 8$
  - e.  $B_1 = 6; B_2 = 6; B_3 = 9$

| Хар-ка        |   | Интенсивности         |                       |                      |                      |                      | Ср. длительность обслуживания |                      |                      |                      |                      |
|---------------|---|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|               |   | 1                     | 2                     | 3                    | 4                    | 5                    | 1                             | 2                    | 3                    | 4                    | 5                    |
|               |   | 0,05<br>0,01<br>0,01  | 0,1<br>0,05<br>0,05   | 0,2<br>0,1<br>0,1    | 0,3<br>0,15<br>0,15  | 0,4<br>0,2<br>0,2    | 1<br>1<br>4                   | 2<br>2<br>5          | 3<br>3<br>6          | 4<br>4<br>7          | 5<br>5<br>8          |
| Нагрузка      | 1 | 0,1                   | 0,2                   | 0,4                  | 0,6                  | 0,8                  | 0,2                           | 0,4                  | 1,2                  | 1,6                  | 2                    |
|               | 2 | 0,02                  | 0,1                   | 0,2                  | 0,3                  | 0,4                  | 0,1                           | 0,2                  | 0,6                  | 0,8                  | 1                    |
|               | 3 | 0,05                  | 0,25                  | 0,5                  | 0,75                 | 1                    | 0,4                           | 0,5                  | 1,2                  | 1,4                  | 1,6                  |
|               |   | 0,17                  | 0,55                  | 1,1                  | 1,65                 | 2,2                  | 0,7                           | 1,1                  | 3                    | 3,8                  | 4,6                  |
| Загрузка      | 1 | 0,0941<br>81362<br>26 | 0,1465<br>27548<br>3  | 0,1950<br>31358<br>7 | 0,1927<br>18918<br>1 | 0,1720<br>17000<br>7 | 0,1371<br>90117<br>5          | 0,1950<br>31358<br>7 | 0,2068<br>38315      | 0,1964<br>94260<br>8 | 0,1772<br>65075<br>2 |
|               | 2 | 0,0196<br>55602       | 0,0935<br>01432<br>15 | 0,1814<br>49776<br>2 | 0,2654<br>00332<br>3 | 0,3432<br>78183<br>2 | 0,0938<br>72390<br>58         | 0,1814<br>49776<br>2 | 0,2642<br>54329<br>4 | 0,3409<br>83357<br>9 | 0,4106<br>03389<br>9 |
|               | 3 | 0,0473<br>95659<br>67 | 0,1932<br>51401<br>8  | 0,3002<br>39940<br>1 | 0,3499<br>54719<br>8 | 0,3655<br>03091<br>5 | 0,2634<br>35106<br>3          | 0,3002<br>39940<br>1 | 0,3168<br>75986      | 0,3196<br>71170<br>9 | 0,3133<br>94748<br>3 |
|               |   | 0,1612<br>32623<br>9  | 0,4332<br>80382<br>3  | 0,6767<br>21075      | 0,8080<br>73970<br>2 | 0,8807<br>98275<br>5 | 0,4944<br>97614<br>4          | 0,6767<br>21075      | 0,7879<br>68630<br>4 | 0,8571<br>48789<br>5 | 0,9012<br>63213<br>5 |
| Длина очереди | 1 | 0,0205<br>13832<br>52 | 0,1208<br>34709<br>9  | 0,3173<br>90244<br>4 | 0,4860<br>82885<br>1 | 0,6129<br>61748<br>3 | 0,1768<br>59295<br>1          | 0,3173<br>90244<br>4 | 0,4484<br>3116       | 0,5578<br>87913<br>3 | 0,6454<br>69849<br>5 |



|                              |   |                         |                        |                       |                       |                       |                        |                       |                       |                       |                      |
|------------------------------|---|-------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
|                              | 2 | 0,0003<br>85403<br>9609 | 0,0085<br>00130<br>196 | 0,0302<br>41629<br>37 | 0,0612<br>46230<br>54 | 0,0980<br>79480<br>91 | 0,0085<br>33853<br>689 | 0,0302<br>41629<br>37 | 0,0609<br>81768<br>32 | 0,0974<br>23816<br>53 | 0,1368<br>67796<br>6 |
|                              | 3 | 0,0016<br>77394<br>723  | 0,0351<br>95944<br>03  | 0,1132<br>42675<br>3  | 0,2014<br>45908<br>2  | 0,2866<br>71425<br>9  | 0,0559<br>92870<br>82  | 0,1132<br>42675<br>3  | 0,1796<br>59682<br>8  | 0,2496<br>74401       | 0,3189<br>18371<br>1 |
|                              |   | 0,0225<br>76631<br>2    | 0,1645<br>30784<br>2   | 0,4608<br>74549<br>1  | 0,7487<br>75023<br>8  | 0,9977<br>12655<br>1  | 0,2413<br>86019<br>6   | 0,4608<br>74549<br>1  | 0,6890<br>72611<br>1  | 0,9049<br>86130<br>8  | 1,1012<br>56017      |
| Число<br>заявок              | 1 | 0,1146<br>95194<br>8    | 0,2673<br>62258<br>3   | 0,5124<br>21603<br>2  | 0,6788<br>01803<br>2  | 0,7849<br>78749<br>1  | 0,3140<br>49412<br>6   | 0,5124<br>21603<br>2  | 0,6552<br>69475       | 0,7543<br>82174       | 0,8227<br>34924<br>8 |
|                              | 2 | 0,0200<br>41005<br>96   | 0,1020<br>01562<br>3   | 0,2116<br>91405<br>6  | 0,3266<br>46562<br>9  | 0,4413<br>57664<br>1  | 0,1024<br>06244<br>3   | 0,2116<br>91405<br>6  | 0,3252<br>36097<br>7  | 0,4384<br>07174<br>4  | 0,5474<br>71186<br>5 |
|                              | 3 | 0,0490<br>73054<br>39   | 0,2284<br>47345<br>9   | 0,4134<br>82615<br>3  | 0,5514<br>00628       | 0,6521<br>74517<br>4  | 0,3194<br>27977<br>1   | 0,4134<br>82615<br>3  | 0,4965<br>35668<br>8  | 0,5693<br>45571<br>9  | 0,6323<br>13119<br>5 |
|                              |   | 0,1838<br>09255<br>1    | 0,5978<br>11166<br>5   | 1,1375<br>95624       | 1,5568<br>48994       | 1,8785<br>10931       | 0,7358<br>83634        | 1,1375<br>95624       | 1,4770<br>41242       | 1,7621<br>3492        | 2,0025<br>19231      |
| Ср. время<br>ожидания        | 1 | 0,4188<br>69264<br>3    | 1,3744<br>25393        | 2,1336<br>0348        | 2,4527<br>37656       | 2,5224<br>32212       | 1,0490<br>1826         | 2,3248<br>29391       | 1,6673<br>64396       | 2,2394<br>02414       | 2,7413<br>95558      |
|                              | 2 | 0,0385<br>55255<br>43   | 0,1714<br>60036<br>5   | 0,3047<br>20101<br>7  | 0,4146<br>57252       | 0,5027<br>24135<br>1  | 0,0855<br>20992<br>8   | 0,3118<br>47056<br>8  | 0,3096<br>29276<br>8  | 0,4992<br>79511<br>5  | 0,7085<br>84585<br>9 |
|                              | 3 | 0,1680<br>21310<br>4    | 0,7295<br>97762<br>6   | 1,2629<br>82031       | 1,5577<br>02216       | 1,7125<br>82853       | 0,6085<br>23571<br>6   | 1,2770<br>42457       | 1,0256<br>116         | 1,4555<br>49699       | 1,8939<br>90638      |
|                              |   | 0,3274<br>17348<br>5    | 0,8858<br>51805<br>4   | 1,3648<br>88018       | 1,5756<br>86871       | 1,6477<br>73044       | 0,6697<br>79939<br>2   | 1,4305<br>16537       | 1,0748<br>78501       | 1,4696<br>46045       | 1,8446<br>6858       |
| Ср. время<br>пребыва-<br>ния | 1 | 2,4188<br>69264         | 3,3744<br>25393        | 4,3248<br>29391       | 4,4527<br>37656       | 4,5224<br>32212       | 2,0490<br>1826         | 4,3248<br>29391       | 4,6673<br>64396       | 6,2394<br>02414       | 7,7413<br>95558      |
|                              | 2 | 2,0385<br>55255         | 2,1714<br>60037        | 2,3118<br>47057       | 2,4146<br>57252       | 2,5027<br>24135       | 1,0855<br>20993        | 2,3118<br>47057       | 3,3096<br>29277       | 4,4992<br>79512       | 5,7085<br>84586      |
|                              | 3 | 5,1680<br>2131          | 5,7295<br>97763        | 6,2770<br>42457       | 6,5577<br>02216       | 6,7125<br>82853       | 4,6085<br>23572        | 6,2770<br>42457       | 7,0256<br>116         | 8,4555<br>49699       | 9,8939<br>90638      |
|                              |   | 2,7617<br>6223          | 3,6650<br>43449        | 4,2562<br>42987       | 4,3921<br>07245       | 4,4771<br>38577       | 2,4357<br>23212        | 4,2562<br>42987       | 4,8946<br>32129       | 6,3053<br>24219       | 7,6908<br>2961       |
| Вер-ть<br>потери             | 1 | 0,0415<br>61698<br>16   | 0,1441<br>91835<br>8   | 0,2562<br>10801<br>6  | 0,3394<br>00901<br>6  | 0,3924<br>89374<br>5  | 0,1570<br>24706<br>3   | 0,3173<br>90244<br>4  | 0,3276<br>34737<br>5  | 0,3771<br>91087       | 0,4113<br>67462<br>4 |

|                        |   |                          |                        |                        |                       |                       |                        |                       |                       |                       |                       |
|------------------------|---|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                        | 2 | 0,0000<br>55057<br>70869 | 0,0038<br>63695<br>543 | 0,0075<br>60407<br>341 | 0,0153<br>11557<br>63 | 0,0245<br>19870<br>23 | 0,0021<br>33463<br>422 | 0,0302<br>41629<br>37 | 0,0152<br>45442<br>08 | 0,0243<br>55954<br>13 | 0,0342<br>16949<br>16 |
|                        | 3 | 0,0070<br>10436<br>342   | 0,1038<br>39702<br>7   | 0,1033<br>70653<br>8   | 0,1378<br>50157       | 0,1630<br>43629<br>4  | 0,0798<br>56994<br>28  | 0,1132<br>42675<br>3  | 0,1241<br>33917<br>2  | 0,1423<br>36393       | 0,1580<br>78279<br>9  |
|                        |   | 0,0217<br>95544<br>96    | 0,1396<br>81649<br>2   | 0,3514<br>64044<br>7   | 0,5236<br>63693       | 0,6482<br>12008<br>3  | 0,1966<br>95106<br>6   | 0,3514<br>64044<br>7  | 0,4876<br>91675<br>9  | 0,5967<br>79608<br>1  | 0,6813<br>66780<br>8  |
| Пропускна<br>я спос-ть | 1 | 0,0489<br>74308<br>37    | 0,0879<br>16529<br>01  | 0,1487<br>57839<br>7   | 0,1981<br>79729<br>5  | 0,2430<br>04250<br>2  | 0,1685<br>95058<br>7   | 0,1365<br>21951<br>1  | 0,2689<br>46105       | 0,2491<br>23565<br>2  | 0,2354<br>53015       |
|                        | 2 | 0,0099<br>96145<br>96    | 0,0495<br>74993<br>49  | 0,0992<br>43959<br>27  | 0,1477<br>03266<br>4  | 0,1950<br>96026       | 0,0997<br>86653<br>66  | 0,0969<br>75837<br>06 | 0,1969<br>50911<br>6  | 0,1951<br>28809<br>2  | 0,1931<br>56610<br>2  |
|                        | 3 | 0,0099<br>83226<br>053   | 0,0482<br>40202<br>8   | 0,0896<br>62934<br>62  | 0,1293<br>22476<br>5  | 0,1673<br>91274<br>1  | 0,0920<br>14300<br>57  | 0,0886<br>75732<br>47 | 0,1751<br>73216<br>6  | 0,1715<br>32721<br>4  | 0,1683<br>84344       |
|                        |   | 0,0689<br>53680<br>39    | 0,1857<br>31725<br>3   | 0,3376<br>64733<br>6   | 0,4752<br>05472<br>3  | 0,6054<br>91550<br>3  | 0,3603<br>96013        | 0,3221<br>73520<br>6  | 0,6410<br>70233<br>1  | 0,6157<br>85095<br>8  | 0,5969<br>93969<br>2  |

#### Графики результатов:

В каждом графике на оси ОХ обозначается номер опыта.

Синий график обозначает значение заявок первого класса,

Красный -- второго

Желтый -- третьего

Зеленый обозначает значения параметры для всей системы в целом

## Зависимость нагрузки от интенсивностей

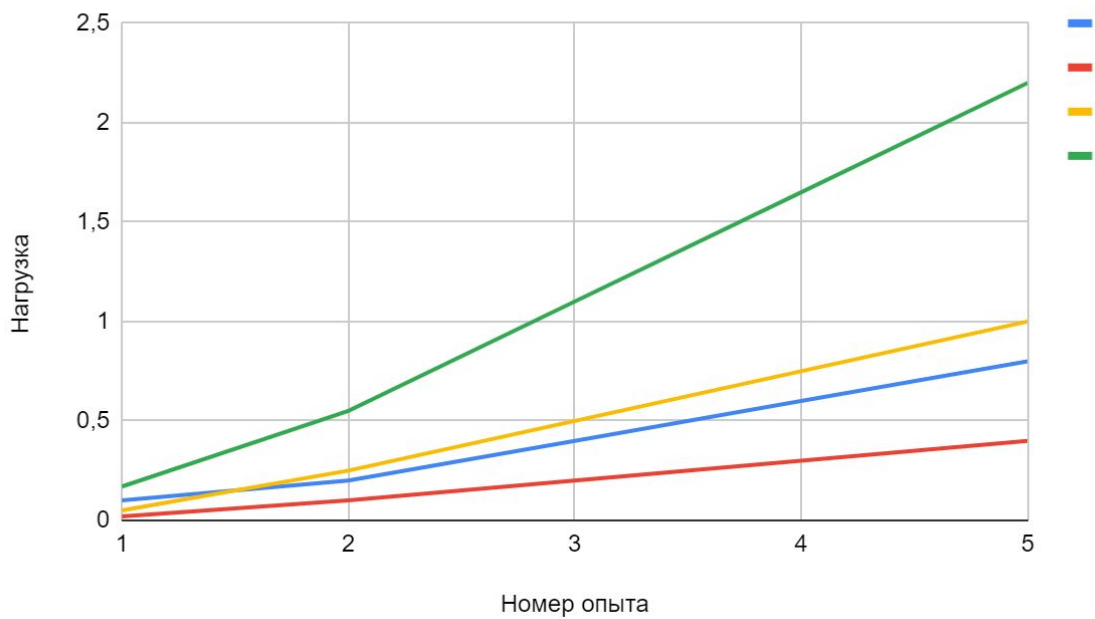


Рисунок 1. График зависимости нагрузки от интенсивностей

## Зависимость загрузки от интенсивностей

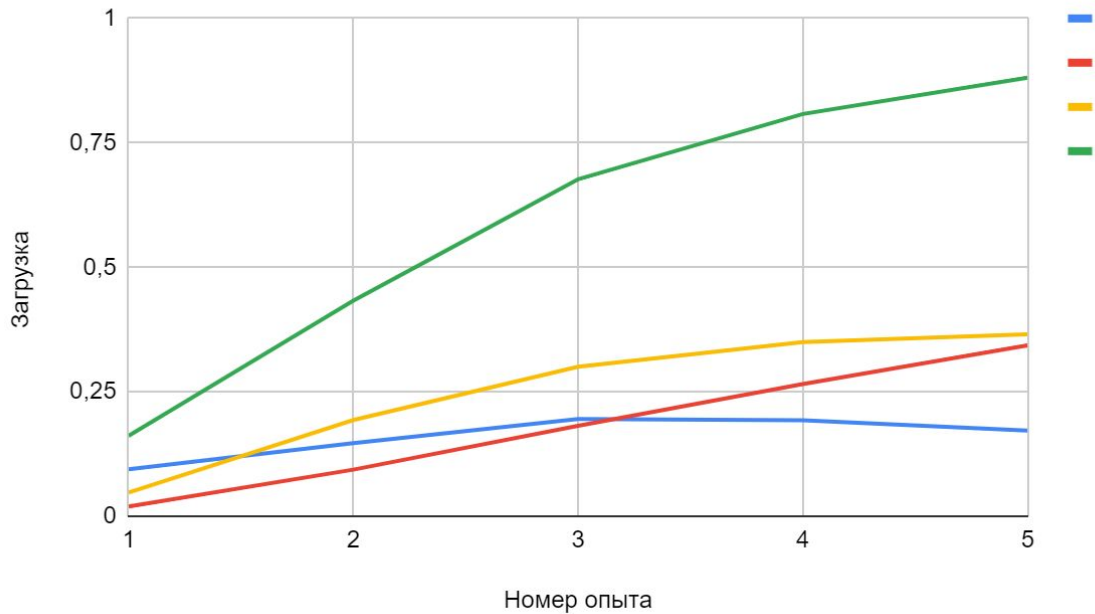


Рисунок 2. График зависимости загрузки от интенсивностей

### Зависимость длины очереди от интенсивностей

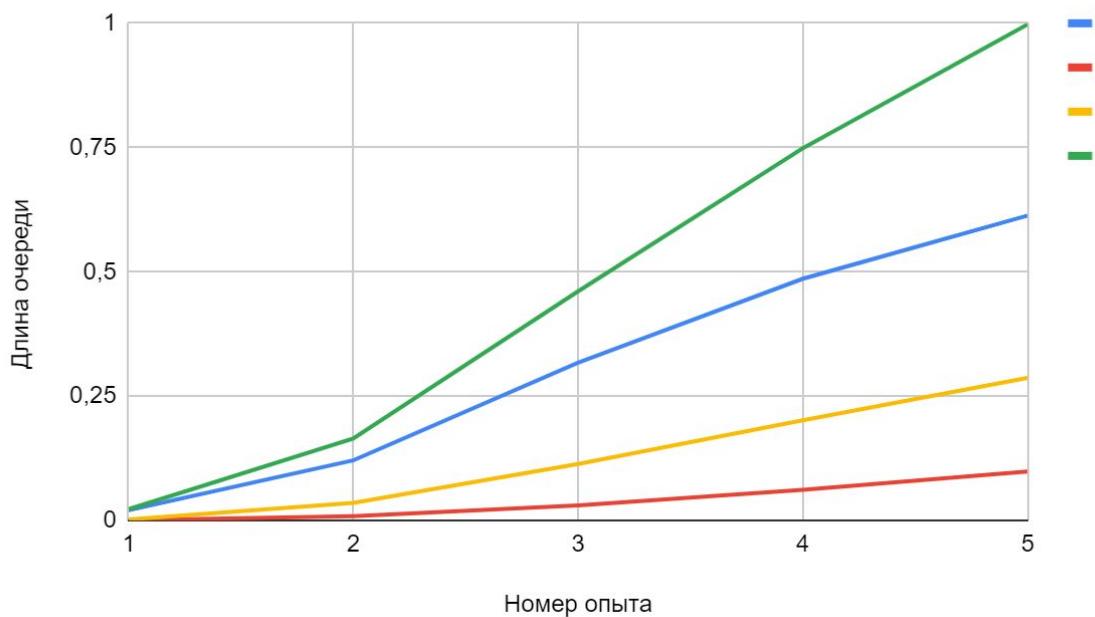


Рисунок 3. График зависимости длины очереди от интенсивностей

### Зависимость числа заявок от интенсивностей

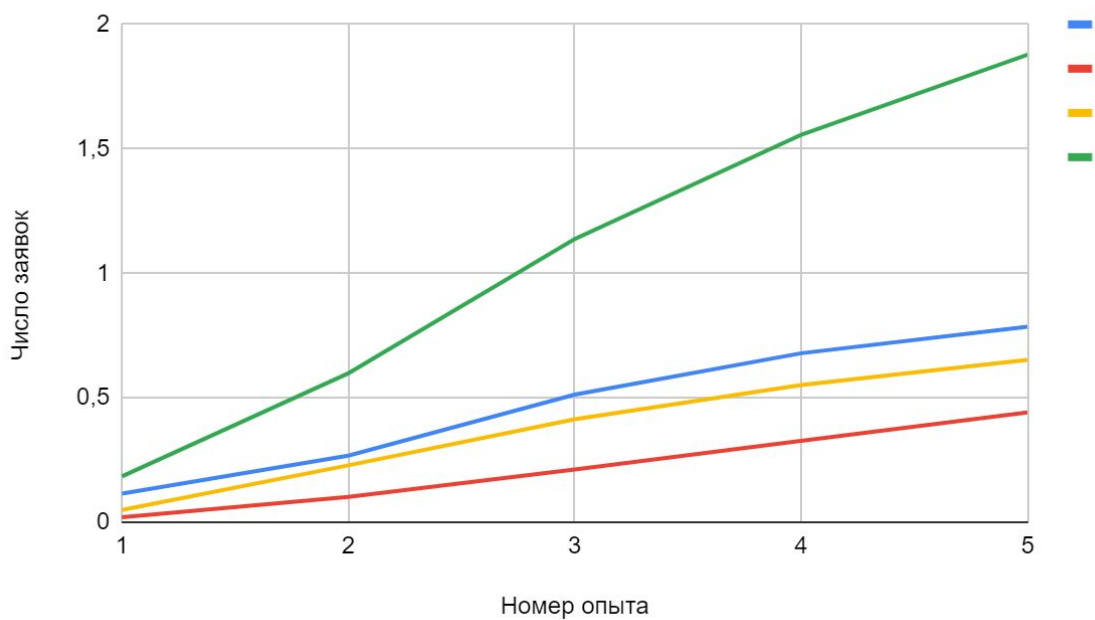


Рисунок 4. Зависимость числа заявок от интенсивностей.

### Зависимость среднего времени ожидания от интенсивностей

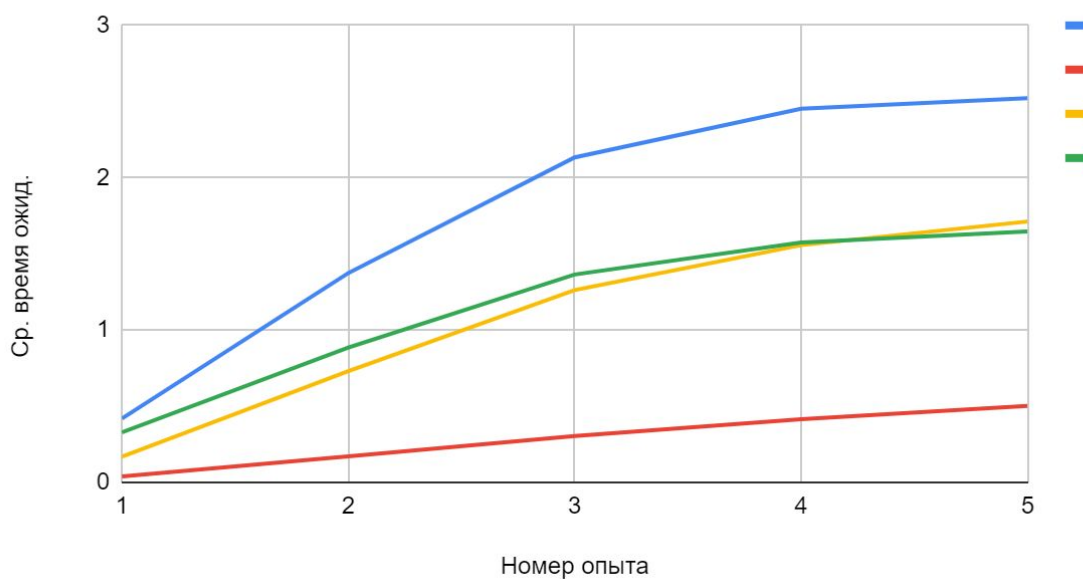


Рисунок 5. Зависимость среднего времени ожидания от интенсивностей.

### Зависимость среднего времени пребывания от интенсивностей

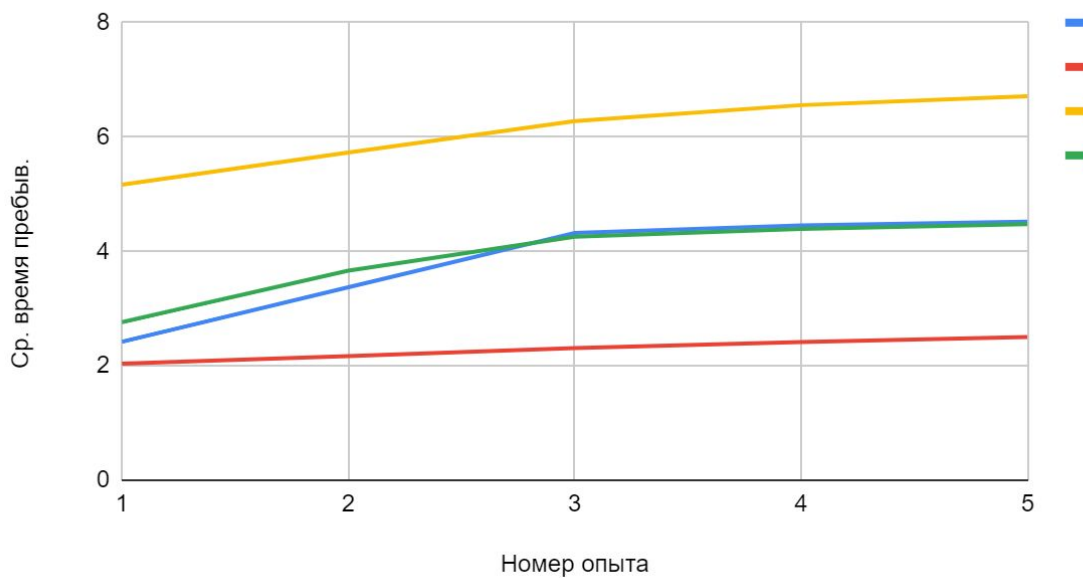


Рисунок 6. Зависимость среднего времени пребывания от интенсивностей.

### Зависимость вероятности потерь от интенсивностей

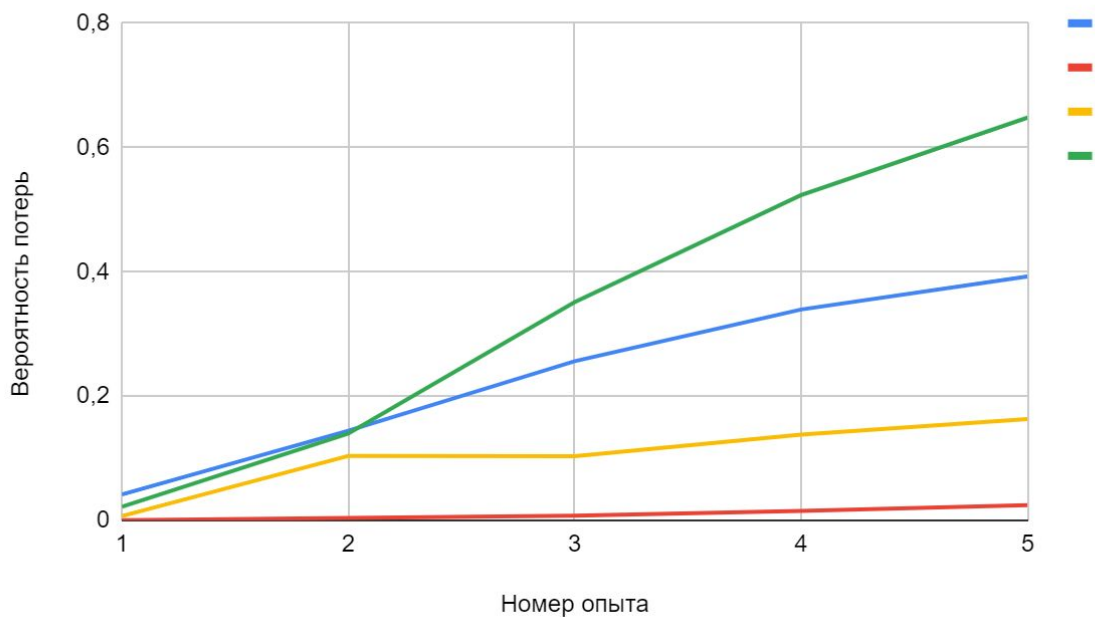


Рисунок 7. Зависимость вероятности потерь от интенсивностей.

### Зависимость пропускной способности от интенсивностей

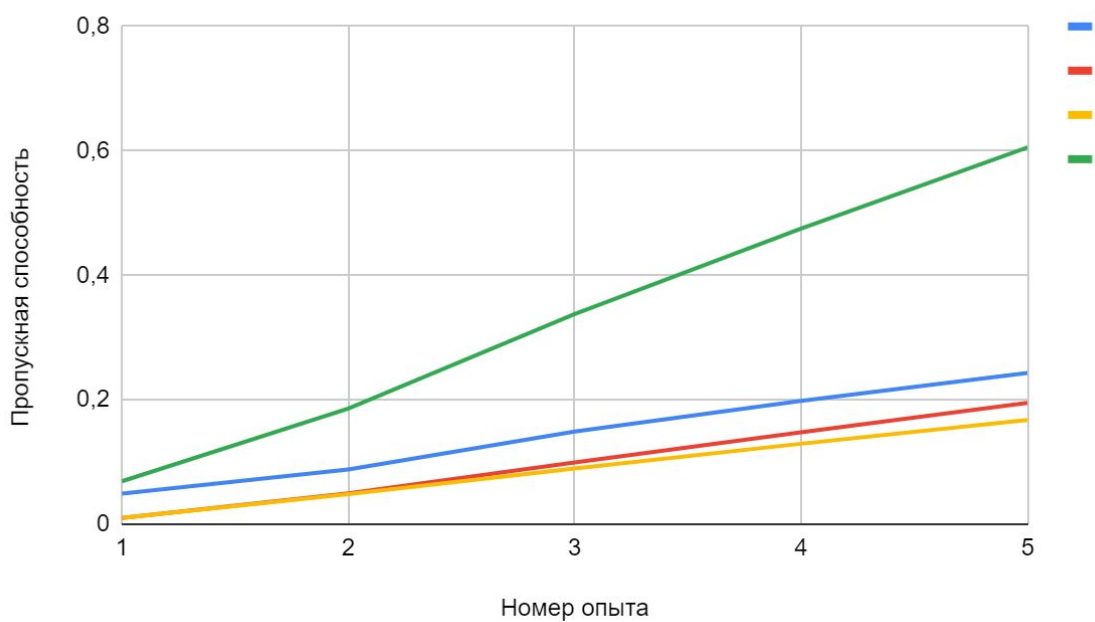


Рисунок 8. Зависимость пропускной способности от интенсивностей.

### Зависимость нагрузки от ср. длительности обслуживания

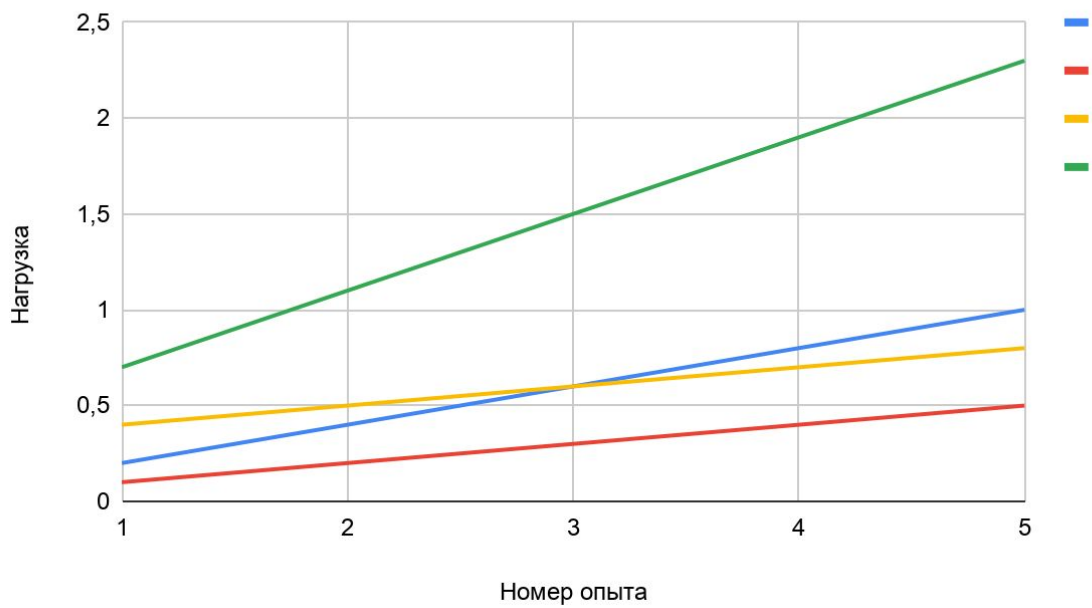


Рисунок 9. Зависимость нагрузки от ср. длительности обслуживания.

### Зависимость загрузки от ср. длительности обслуживания

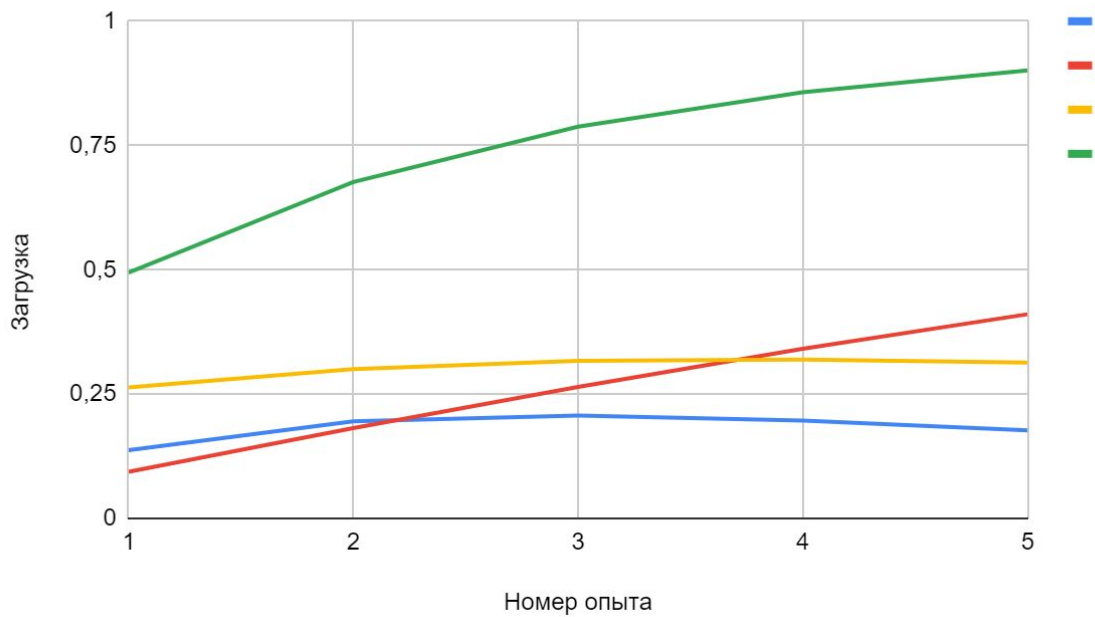


Рисунок 10. Зависимость загрузки от ср. длительности обслуживания.

### Зависимость длины очереди от ср. длины обслуживания

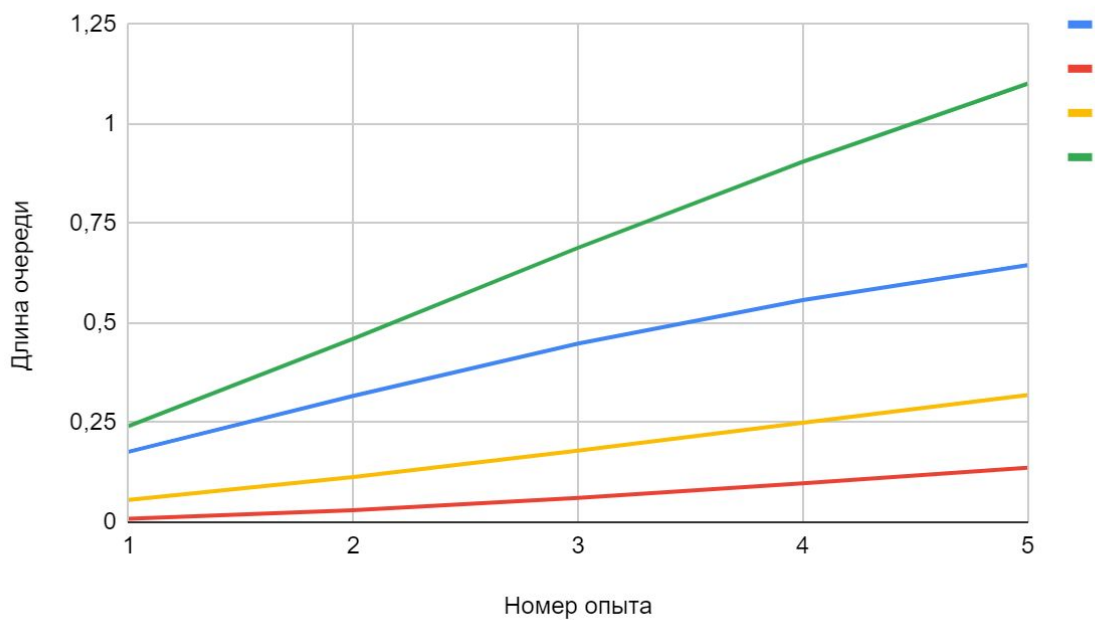


Рисунок 11. Зависимость длины очереди от ср. длительности обслуживания.



### Зависимость числа заявок от ср. длины обслуживания

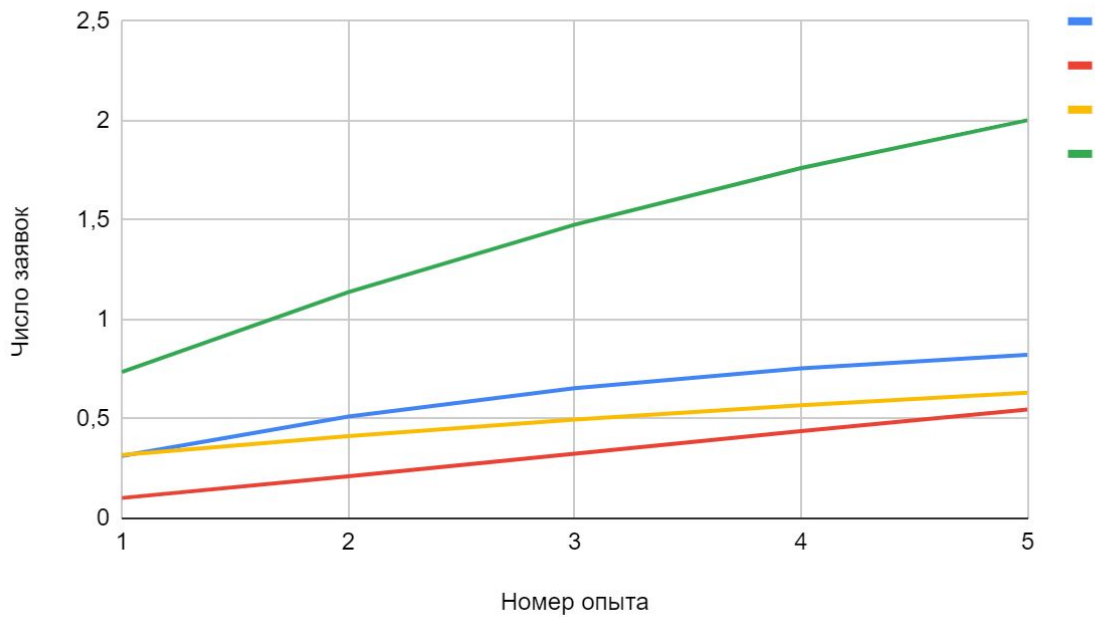


Рисунок 12. Зависимость числа заявок от ср. длительности обслуживания.

### Зависимость среднего времени ожидания от ср. длины обслуживания

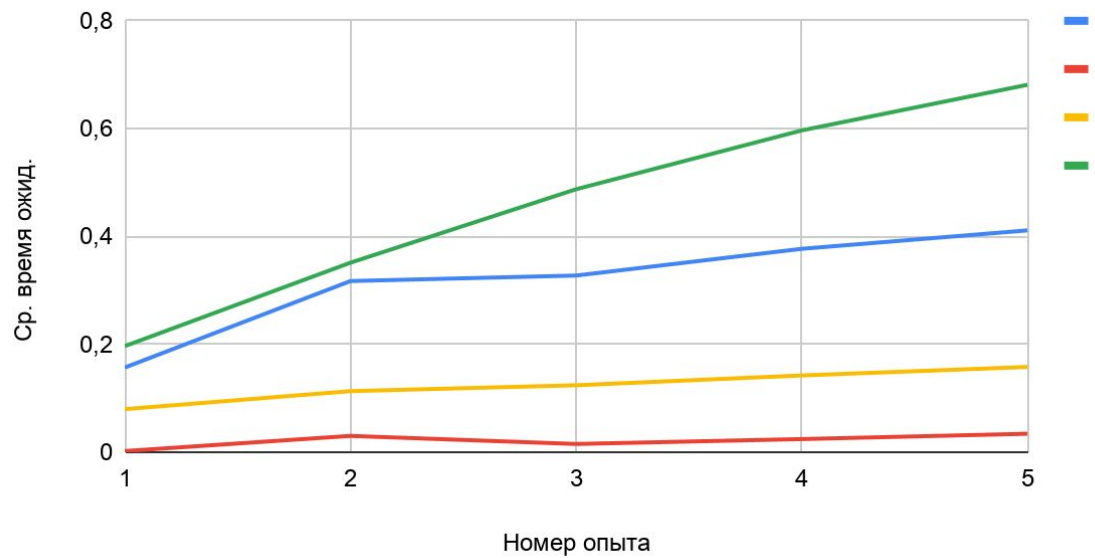


Рисунок 13. Зависимость ср. времени ожидания от ср. длительности обслуживания.

### Зависимость среднего времени пребывания от ср. длины обслуживания

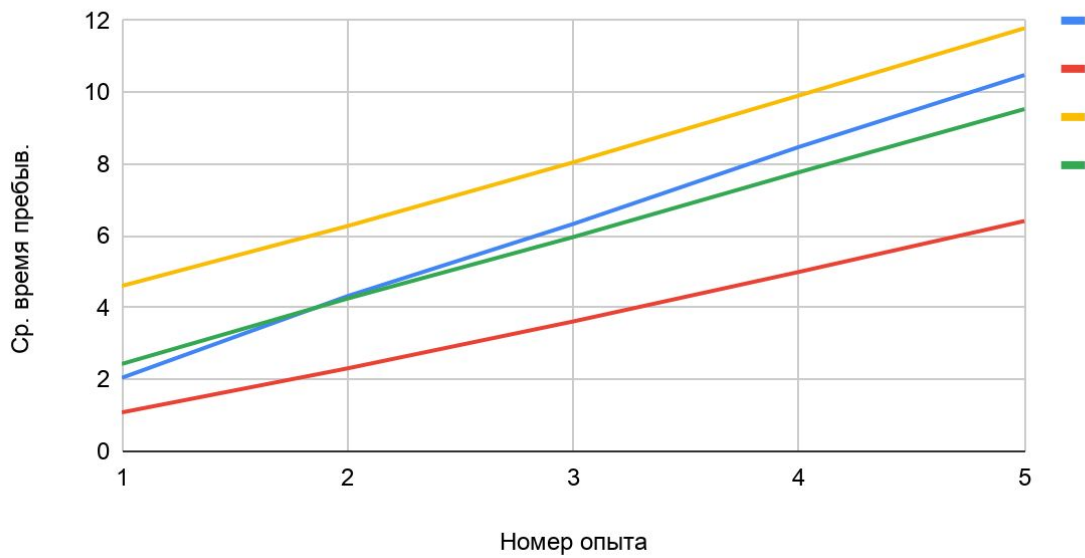


Рисунок 13. Зависимость ср. времени пребывания от ср. длительности обслуживания.

### Зависимость вероятности потерь от интенсивностей

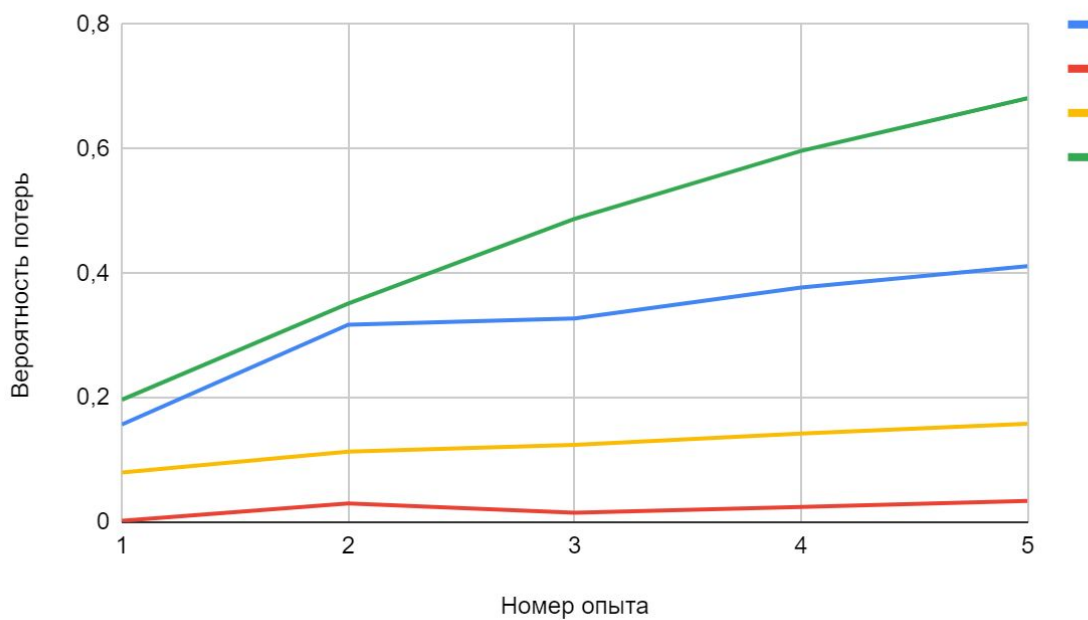


Рисунок 14. Зависимость вероятности потерь от ср. длительности обслуживания.

## Зависимость пропускной способности от ср. времени ожидания

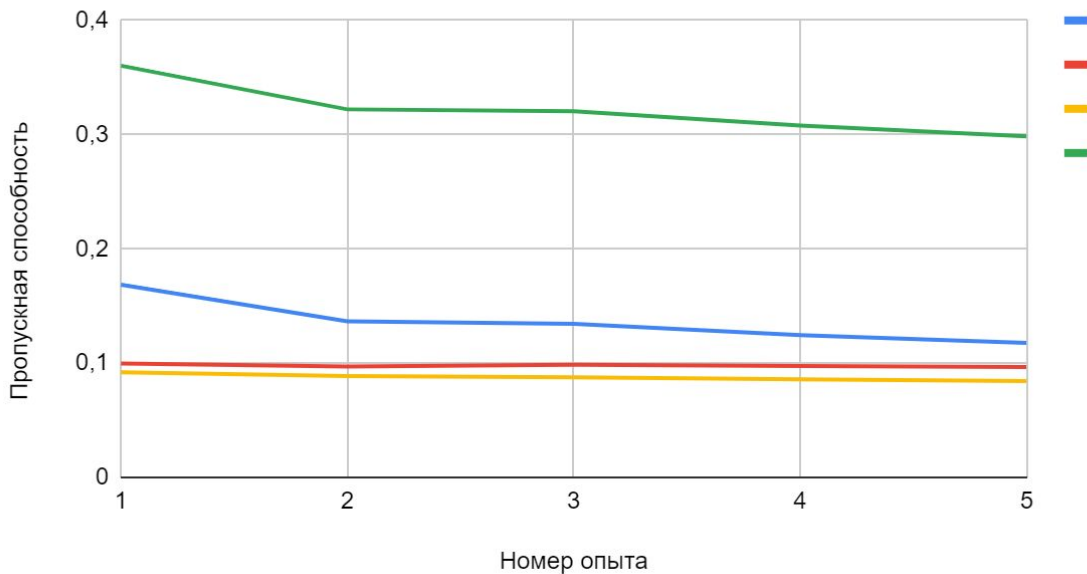


Рисунок 15. Зависимость пропускной способности от ср. длительности обслуживания.

### Вывод:

В ходе выполнения лабораторной работы были рассчитаны характеристики заданной СМО и выполнено варьирование входных параметров для определения паттернов изменений характеристик. В частности, можно выделить следующие особенности:

- То, что используется абсолютный приоритет заявок хорошо видно из рисунка номер 5 - зависимость среднего времени ожидания от изменения интенсивностей. Красная линия, соответствующая заявке второго класса, растет линейно, это означает, что приходя, такая заявка может ожидать только завершения обработки заявки такого же класса - интенсивности поступления растут линейно, с тем же характером, что и среднее время ожидания
- То, что заявки теряются, если в очереди, ассоциированной с их классом нет места, можно увидеть на Рисунке 7 - Зависимость вероятности потерь от интенсивностей. При увеличении интенсивности вероятность потери растет, так как вероятность указанных выше ситуаций растет
- Из рисунка 8 можно сделать вывод, что при увеличении интенсивности увеличивается пропускная способность. Это объясняется тем, что при низких интенсивностях выше вероятность простоя системы, в котором система ничего не делает. Например, при интенсивностях, равных 0.2, 0.1, 0.1 (среднее значение из опытов), вероятность простоя системы равна 32%
- На Рисунке 10 - Зависимость загрузки от средней длительности обслуживания видно, что загрузка по низкоприоритетным заявкам при увеличении среднего времени обслуживания, падает. Только загрузка по высокоприоритетной заявке растет - это говорит о том, что система больше тратит времени на обслуживание заявок второго класса, в это время заявки остальных классов не обрабатываются.