|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  | | Министерство образования и науки РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ | | |  Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  **«МИРЭА – Российский технологический университет»** | |
|  | |
|  | |
|  |  |

ИНСТИТУТ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

КАФЕДРА ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ

Лабораторная работа 1

 по дисциплине «**Системы массового обслуживания**»

**ВАРИАНТ 14**

Тема: **Одноканальные системы массового обслуживания**

Выполнил:

Студент 4-го курса

Малов И.М.

Группа: КМБО-01-20

МОСКВА 2023

**Оглавление**

[**Оглавление** 2](#_Toc149847101)

[**Задание** 3](#_Toc149847102)

[**Теоретические сведения** 8](#_Toc149847103)

[**Средства языка программирования** 10](#_Toc149847104)

[**Результаты расчетов** 11](#_Toc149847105)

[**Задание 1** 11](#_Toc149847106)

[**Задание 2** 16](#_Toc149847107)

[**Задание 3** 21](#_Toc149847108)

[**Список литературы** 27](#_Toc149847109)

[**Приложение** 28](#_Toc149847110)

**Задание**

В рассматриваемых системах массового обслуживания (СМО) со­ стояние в любой момент времени характеризуется числом заявок, находящихся в системе. События в развитии систем связаны либо с поступлением в неё новых заявок, либо с окончанием обслуживания прибором заявки.

В системах с одним прибором с отказами имеется 2 состояния: 0 -

в системе 0 заявок (пример свободен), 1 - в системе 1 заявка (прибор занят). В этом случае события могут быть трёх типов: 1 - появление в СМО новой заявки, которая сразу же принимается прибор на обслуживание (до этого прибор был свободен и СМО переходит из состояния 0 в состояние 1), 2 - появление в СМО новой заявки, которая получает отказ в обслуживании (прибор занят, при этом СМО остается в состоянии 1), 3 - завершение обслуживания заявки прибором (при этом СМО переходит из состояния 1 в состояние 0).

В системах с одним прибором и бесконечной очередью в состоянии 𝐶 = 0 в системе 0 заявок (прибор свободен), в состоянии 𝐶 = kв системе kзаявок (прибор занят, одна заявка обслуживается, k *−* 1 заявка находится в очереди типа FIFO). События могут быть двух типов: 1 – появление в СМО новой заявки, 2 – завершение обслуживания заявки прибором (при этом прибор освобождается, и, если есть заявки в очереди, то первая из них поступает сразу же на обслуживание в прибор). Если при появлении в СМО новой заявки прибор свободен, то она сразу

же принимается на обслуживание прибором, в противном случае заявка становится в очередь.

1. Одноканальная СМО с отказами (*𝐷|𝑀|*1*|*0).

**Дано:**

* + время между приходом заявок Δ*T*3 (заданная постоянная величина);
  + параметр *𝜇* показательного распределения времени обслуживания

заявки прибором.

Предполагается, что в начальный момент времени *t* = 0 в СМО нет заявок, т.е. состояние системы 0, и через заданное время Δ*T*3 в СМО поступает первая заявка равен *t*соб(*l*) = Δ*T*3. После события 1 СМО находится в состоянии 1, в котором она будет оставаться время *t*обсл(1), определяемое в соответствии с показательным законом распределения заданным параметром *µ*.

1. Одноканальная СМО с бесконечной очередью (*𝑀|𝐷|*1*|*0).

**Дано:**

* + среднее число заявок *λ*, поступающих за единицу времени (время между приходом заявок имеет показательное распределение с параметром *λ*);
  + время обслуживания заявки прибором *𝑇*об (заданная постоянная

величина)

Предполагается, что в начальный момент времени *t* = 0 СМО находится в состоянии 0 и в этот момент определяется время поступления в систему первой заявки *t*3(1) в соответствии с показательным законом распределения с параметром *λ*.

1. Одноканальная СМО с бесконечной очередью (*𝑀|𝑀|*1*|*0).

**Дано:**

* + среднее число заявок *λ*, поступающих за единицу времени (время между приходом заявок имеет показательное распределение с параметром *λ*);
  + параметр *𝜇* показательного распределения времени обслуживания

заявки прибором.

Предполагается, что в начальный момент времени *t* = 0 СМО находится в состоянии 0 и в этот момент определяется время поступления в систему первой заявки *t*3(1) в соответствии с показательным законом распределения с параметром *λ*, а в момент поступлении каждой заявки на обслуживание в прибор определяется время её обслуживания *t*обсл в соответствии с показательным законом распределения с параметром *µ*.

**Требуется:**

Провести моделирование первых 100 событий в развитии каждой СМО.

1. Составить таблицу 1 с данными о событиях:
   * Номер события ;
   * Момент наступления события *t*соб(*l*);;
   * Тип события Type(*l*)
   * Состояние СМО *C*(*l*) после события *l*;
   * Оставшееся время *t*ост(*l*) обслуживания прибором заявки после события *l* (если после события прибор свободен, то *t*ост(*l*) = −1);
   * Время ожидания *t*ожз(*l*), через которое после события в СМО появится новая заявка;
   * Номер заявки *j*(*l*), участвующей в событии .
2. Для СМО (D|M|1|0) составить таблицу 2 с данными о всех поступивших заявках:

— номер заявки *j*;

— момент *t*3(*j*) появления заявки *j* в СМО;

— время *t*обсл(*j*) обслуживания прибором заявки *j*; — момент *t*коб(*j*) окончания обслуживания заявки *j* и выхода её из СМО.

Если в момент появления заявки *j* в СМО прибор был занят, и заявка получила отказ в обслуживании, то *t*обсл(*j*) = 0 и *t*коб(*j*) = *t*3(*j*). Для СМО (M|D|1) и (M|M|1) составить таблицу 2 со следующими данными о всех поступивших заявках:

— номер заявки *j*;

— момент *t*3(*j*) появления заявки *j* в СМО;

— номер места в очереди *q*(*j*), на которое попала заявка *j* (если заявка сразу начала обслуживаться, то номер места в очереди *q*(*j*) = 0);

— время пребывания заявки в очереди *t*оч(*j*);

— момент начала обслуживания заявки *t*(*j*);

— время *t*обсл(*j*) обслуживания прибором заявки *j*;

— момент *t*коб(*j*) окончания обслуживания заявки *j* и выхода её из СМО.

1. Для СМО (D|M|1|0) составить таблицу 3 с данными о состояниях вида:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние | *Ri*(100) | *vi*(100) | *Ti*(100) | Δ*i*(100) |
| 0 |  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

а для СМО (M|D|1) и (M|M|1) таблицу 3 с данными о состояниях вида:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние | *Ri*(100) | *νi*(100) | *Ti*(100) | Δ*i*(100) |
| 0 | *R*0(100) | *ν*0(100) | *T*0(100) | Δ0(100) |
| 1 | *R*1(100) | *ν*1(100) | *T*1(100) | Δ1(100) |
| *· · ·* | *· · ·* | *· · ·* | *· · ·* | *· · ·* |
|  |  |  |  |  |

где

*Ri*(100) - число попаданий системы в состояние *i* в событиях с 1-го по

100;

- относительная частота попадания СМО в состояние *i*

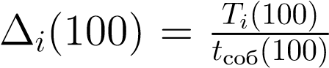


в событиях с 1-го по 100;

*Ti*(100)-общее время пребывания системы в состоянии *i* на интервале

[0*,t*соб(100)];

- доля времени пребывания системы в состоянии *i* на



интервале [0*,t*соб(100)].

1. Для СМО (D|M|1|0) найти:
   * Число заявок, поступивших в СМО на интервале

[0*, t*соб 100)];

* + Число полностью обслуженных заявок на интервале [0*, t*соб];
  + Число отклонённых заявок на интервале [0*, t*соб(100)];
  + Долю отклонённых заявок в общем числе поступивших в СМО заявок на интервале [0*, t*соб(100)];
  + Коэффициент простоя прибора на интервале [0*, t*соб (100)]

(отношение времени простоя прибора на интервале [0*, t*соб (100)]

к *t*соб (100)).

Для СМО (M|D|1) и (M|M|1) найти:

— Число заявок, поступивших в СМО на интервале

[0*,t*соб(100)];

— Число полностью обслуженных заявок на интервале [0*,t*соб];

— Число отклонённых заявок на интервале [0*,t*соб(100)];

— Долю отклонённых заявок в общем числе поступивших в СМО заявок на интервале [0*,t*соб(100)];

— Коэффициент простоя прибора на интервале [0*,t*соб(100)] (отношение времени простоя прибора на интервале [0*,t*соб(100)] к *t*соб(100)).

Для СМО (M|D|1) и (M|M|1) найти:

— Число заявок *J*(100), поступивших в СМО на интервале

[0*,t*соб(100)];

— Число *JF*(100) полностью обслуженных заявок на интервале [0*,t*соб];

— Среднее число заявок, находившихся в СМО, на интервале [0*,t*соб(100)], которое находится по формуле, где z(*l*) - число заявок в СМО после события l;



— Среднее время пребывания заявок в очереди на интервале [0*,t*соб(100)], которое находится по формуле *t̄*оч(100);



— Среднее время пребывания заявок в СМО на интервале [0*,t*соб(100)], которое находится по формуле *t̄*смо(100) = ;



— Коэффициент простоя прибора на интервале [0*,t*соб(100)] (отношение времени простоя прибора на интервале [0*,t*соб(100)] к *t*соб(100)).

**Теоретические сведения**

Система массового обслуживания (СМО) - это математическая модель систем, предназначенных для обслуживания заявок (требований, запросов, клиентов, заказчиков...), поступающих в нее, как правило, в случайные моменты времени.

Устройства или субъекты, занимающиеся обслуживанием - приборы, службы, аппараты, каналы, и т.д.

Основные характеристики эффективности функционирования

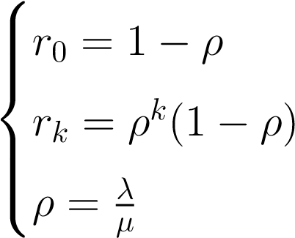
СМО:

1. Показатели эффективности использования СМО: среднее число заявок, которое может обслужить СМО за единицу времени; средняя продолжительность периода занятости СМО; коэффициент использования СМО и т.п.
2. Показатели качества обслуживания заявок: среднее время ожидания заявки в очереди, среднее время пребывания заявки в СМО, вероятность отказа требованию в обслуживании без ожидания, вероятность того, что поступившая заявка будет принята к обслуживанию сразу, за­ кон распределения времени ожидания заявки в очереди, закон распределения пребывания заявки в СМО, средняя длина очереди, среднее число заявок, находящихся в системе, и т.п.
3. Показатели экономической и финансовой эффективности функционирования СМО: средние расходы на обеспечение работы СМО в определенный период времени (неделя, месяц, год, …), средний доход, приносимый СМО за этот период времени и т.п.

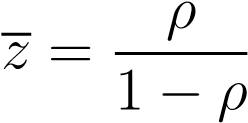
СМО с отказами - это система массового обслуживания, в которой есть каналы обслуживания, но нет очереди: если заявка приходит, в момент, когда все каналы свободны, то она немедленно обслуживается любым од­ ним каналом, если заявка приходит — когда уже обслуживаются заявки числом меньше, чем число каналов, то она немедленно обслуживается од­ ним из свободных каналов, иначе если заявка приходит — когда заняты все каналы, то заявка покидает систему (теряется).

Для (*𝑀|𝑀|*1):

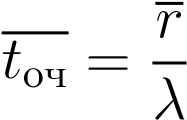
— стационарные вероятности состояний:



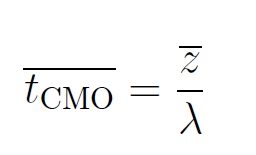
* среднее количество заявок в СМО:



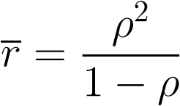
* среднего время пребывания в очереди:



* среднее время пребывания заявок в СМО:



* средняя длина очереди:



**Средства языка программирования**

В программе использовались следующий функции библиотеки scipy: scipy.stats.expon.rvs(loc=0, scale= *µ*, size=100), где size - размер выборки ,,, scale = = *µ*



**Результаты расчетов**

**Задание 1**

*V* = 14, Δ*T*з = 0*.*803, *µ* = 1*.*239

Задание 1. Таблица 1:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| l | *t*соб(*l*) | Type(l) | C(l) | *t*ост(*l*) | *t*ожз(*l*) | j(l) |
| 1 | 0.803 | 1 | 1 | 2.14188 | 0.803 | 1 |
| 2 | 1.606 | 2 | 1 | 1.33888 | 0.803 | 2 |
| 3 | 2.409 | 2 | 1 | 0.53588 | 0.803 | 3 |
| 4 | 2.94488 | 3 | 0 | -1 | 0.26712 | 1 |
| 5 | 3.212 | 1 | 1 | 0.30698 | 0.803 | 4 |
| 6 | 3.51898 | 3 | 0 | -1 | 0.49602 | 4 |
| 7 | 4.015 | 1 | 1 | 0.16404 | 0.803 | 5 |
| 8 | 4.17904 | 3 | 0 | -1 | 0.63896 | 5 |
| 9 | 4.818 | 1 | 1 | 0.18471 | 0.803 | 6 |
| 10 | 5.00271 | 3 | 0 | -1 | 0.61829 | 6 |
| 11 | 5.621 | 1 | 1 | 0.67691 | 0.803 | 7 |
| 12 | 6.29791 | 3 | 0 | -1 | 0.12609 | 7 |
| 13 | 6.424 | 1 | 1 | 0.7306 | 0.803 | 8 |
| 14 | 7.1546 | 3 | 0 | -1 | 0.0724 | 8 |
| 15 | 7.227 | 1 | 1 | 2.69462 | 0.803 | 9 |
| 16 | 8.03 | 2 | 1 | 1.89162 | 0.803 | 10 |
| 17 | 8.833 | 2 | 1 | 1.08862 | 0.803 | 11 |
| 18 | 9.636 | 2 | 1 | 0.28562 | 0.803 | 12 |
| 19 | 9.92162 | 3 | 0 | -1 | 0.51738 | 9 |
| 20 | 10.439 | 1 | 1 | 0.85467 | 0.803 | 13 |
| 21 | 11.242 | 2 | 1 | 0.05167 | 0.803 | 14 |
| 22 | 11.29367 | 3 | 0 | -1 | 0.75133 | 13 |
| 23 | 12.045 | 1 | 1 | 1.11536 | 0.803 | 15 |
| 24 | 12.848 | 2 | 1 | 0.31236 | 0.803 | 16 |
| 25 | 13.16036 | 3 | 0 | -1 | 0.49064 | 15 |
| 26 | 13.651 | 1 | 1 | 0.85559 | 0.803 | 17 |
| 27 | 14.454 | 2 | 1 | 0.05259 | 0.803 | 18 |
| 28 | 14.50659 | 3 | 0 | -1 | 0.75041 | 17 |
| 29 | 15.257 | 1 | 1 | 1.11154 | 0.803 | 19 |
| 30 | 16.06 | 2 | 1 | 0.30854 | 0.803 | 20 |
| 31 | 16.36854 | 3 | 0 | -1 | 0.49446 | 19 |
| 32 | 16.863 | 1 | 1 | 2.62477 | 0.803 | 21 |
| 33 | 17.666 | 2 | 1 | 1.82177 | 0.803 | 22 |
| 34 | 18.469 | 2 | 1 | 1.01877 | 0.803 | 23 |
| 35 | 19.272 | 2 | 1 | 0.21577 | 0.803 | 24 |
| 36 | 19.48777 | 3 | 0 | -1 | 0.58723 | 21 |
| 37 | 20.075 | 1 | 1 | 0.0068 | 0.803 | 25 |
| 38 | 20.0818 | 3 | 0 | -1 | 0.7962 | 25 |
| 39 | 20.878 | 1 | 1 | 0.09084 | 0.803 | 26 |
| 40 | 20.96884 | 3 | 0 | -1 | 0.71216 | 26 |
| 41 | 21.681 | 1 | 1 | 0.28638 | 0.803 | 27 |
| 42 | 21.96738 | 3 | 0 | -1 | 0.51662 | 27 |
| 43 | 22.484 | 1 | 1 | 0.86224 | 0.803 | 28 |
| 44 | 23.287 | 2 | 1 | 0.05924 | 0.803 | 29 |
| 45 | 23.34624 | 3 | 0 | -1 | 0.74376 | 28 |
| 46 | 24.09 | 1 | 1 | 1.33958 | 0.803 | 30 |
| 47 | 24.893 | 2 | 1 | 0.53658 | 0.803 | 31 |
| 48 | 25.42958 | 3 | 0 | -1 | 0.26642 | 30 |
| 49 | 25.696 | 1 | 1 | 1.66029 | 0.803 | 32 |
| 50 | 26.499 | 2 | 1 | 0.85729 | 0.803 | 33 |
| 51 | 27.302 | 2 | 1 | 0.05429 | 0.803 | 34 |
| 52 | 27.35629 | 3 | 0 | -1 | 0.74871 | 32 |
| 53 | 28.105 | 1 | 1 | 2.69765 | 0.803 | 35 |
| 54 | 28.908 | 2 | 1 | 1.89465 | 0.803 | 36 |
| 55 | 29.711 | 2 | 1 | 1.09165 | 0.803 | 37 |
| 56 | 30.514 | 2 | 1 | 0.28865 | 0.803 | 38 |
| 57 | 30.80265 | 3 | 0 | -1 | 0.51435 | 35 |
| 58 | 31.317 | 1 | 1 | 1.03811 | 0.803 | 39 |
| 59 | 32.12 | 2 | 1 | 0.23511 | 0.803 | 40 |
| 60 | 32.35511 | 3 | 0 | -1 | 0.56789 | 39 |
| 61 | 32.923 | 1 | 1 | 0.83015 | 0.803 | 41 |
| 62 | 33.726 | 2 | 1 | 0.02715 | 0.803 | 42 |
| 63 | 33.75315 | 3 | 0 | -1 | 0.77585 | 41 |
| 64 | 34.529 | 1 | 1 | 1.02011 | 0.803 | 43 |
| 65 | 35.332 | 2 | 1 | 0.21711 | 0.803 | 44 |
| 66 | 35.54911 | 3 | 0 | -1 | 0.58589 | 43 |
| 67 | 36.135 | 1 | 1 | 0.50876 | 0.803 | 45 |
| 68 | 36.64376 | 3 | 0 | -1 | 0.29424 | 45 |
| 69 | 36.938 | 1 | 1 | 0.31793 | 0.803 | 46 |
| 70 | 37.25593 | 3 | 0 | -1 | 0.48507 | 46 |
| 71 | 37.741 | 1 | 1 | 0.46746 | 0.803 | 47 |
| 72 | 38.20846 | 3 | 0 | -1 | 0.33554 | 47 |
| 73 | 38.544 | 1 | 1 | 1.05584 | 0.803 | 48 |
| 74 | 39.347 | 2 | 1 | 0.25284 | 0.803 | 49 |
| 75 | 39.59984 | 3 | 0 | -1 | 0.55016 | 48 |
| 76 | 40.15 | 1 | 1 | 4.1311 | 0.803 | 50 |
| 77 | 40.953 | 2 | 1 | 3.3281 | 0.803 | 51 |
| 78 | 41.756 | 2 | 1 | 2.5251 | 0.803 | 52 |
| 79 | 42.559 | 2 | 1 | 1.7221 | 0.803 | 53 |
| 80 | 43.362 | 2 | 1 | 0.9191 | 0.803 | 54 |
| 81 | 44.165 | 2 | 1 | 0.1161 | 0.803 | 55 |
| 82 | 44.2811 | 3 | 0 | -1 | 0.6869 | 50 |
| 83 | 44.968 | 1 | 1 | 0.91179 | 0.803 | 56 |
| 84 | 45.771 | 2 | 1 | 0.10879 | 0.803 | 57 |
| 85 | 45.87979 | 3 | 0 | -1 | 0.69421 | 56 |
| 86 | 46.574 | 1 | 1 | 1.26277 | 0.803 | 58 |
| 87 | 47.377 | 2 | 1 | 0.45977 | 0.803 | 59 |
| 88 | 47.83677 | 3 | 0 | -1 | 0.34323 | 58 |
| 89 | 48.18 | 1 | 1 | 0.15128 | 0.803 | 60 |
| 90 | 48.33128 | 3 | 0 | -1 | 0.65172 | 60 |
| 91 | 48.983 | 1 | 1 | 0.02197 | 0.803 | 61 |
| 92 | 49.00497 | 3 | 0 | -1 | 0.78103 | 61 |
| 93 | 49.786 | 1 | 1 | 1.30048 | 0.803 | 62 |
| 94 | 50.589 | 2 | 1 | 0.49748 | 0.803 | 63 |
| 95 | 51.08648 | 3 | 0 | -1 | 0.30552 | 62 |
| 96 | 51.392 | 1 | 1 | 1.88904 | 0.803 | 64 |
| 97 | 52.195 | 2 | 1 | 1.08604 | 0.803 | 65 |
| 98 | 52.998 | 2 | 1 | 0.28304 | 0.803 | 66 |
| 99 | 53.28104 | 3 | 0 | -1 | 0.51996 | 64 |
| 100 | 53.801 | 1 | 1 | 0.02017 | 0.803 | 67 |

Задание 1. Таблица 2:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| j | *T*з | *tобсл*(*j*) | *tкоб*(*j*) |
| 1 | 0.803 | 2.141881 | 2.944881 |
| 2 | 1.606 | 0 | 1.606 |
| 3 | 2.409 | 0 | 2.409 |
| 4 | 3.212 | 0.306979 | 3.518979 |
| 5 | 4.015 | 0.164037 | 4.179037 |
| 6 | 4.818 | 0.184714 | 5.002714 |
| 7 | 5.621 | 0.676912 | 6.297912 |
| 8 | 6.424 | 0.730601 | 7.154601 |
| 9 | 7.227 | 2.694618 | 9.921618 |
| 10 | 8.030 | 0 | 8.030 |
| 11 | 8.833 | 0 | 8.833 |
| 12 | 9.636 | 0 | 9.636 |
| 13 | 10.439 | 0.854674 | 11.293674 |
| 14 | 11.242 | 0 | 11.242 |
| 15 | 12.045 | 1.11536 | 13.16036 |
| 16 | 12.848 | 0 | 12.848 |
| 17 | 13.651 | 0.855588 | 14.506588 |
| 18 | 14.454 | 0 | 14.454 |
| 19 | 15.257 | 1.111538 | 16.368538 |
| 20 | 16.060 | 0 | 16.060 |
| 21 | 16.863 | 2.62477 | 19.48777 |
| 22 | 17.666 | 0 | 17.666 |
| 23 | 18.469 | 0 | 18.469 |
| 24 | 19.272 | 0 | 19.272 |
| 25 | 20.075 | 0.006799 | 20.081799 |
| 26 | 20.878 | 0.090837 | 20.968837 |
| 27 | 21.681 | 0.28638 | 21.96738 |
| 28 | 22.484 | 0.862235 | 23.346235 |
| 29 | 23.287 | 0 | 23.287 |
| 30 | 24.090 | 1.339584 | 25.429584 |
| 31 | 24.893 | 0 | 24.893 |
| 32 | 25.696 | 1.660291 | 27.356291 |
| 33 | 26.499 | 0 | 26.499 |
| 34 | 27.302 | 0 | 27.302 |
| 35 | 28.105 | 2.69765 | 30.80265 |
| 36 | 28.908 | 0 | 28.908 |
| 37 | 29.711 | 0 | 29.711 |
| 38 | 30.514 | 0 | 30.514 |
| 39 | 31.317 | 1.038107 | 32.355107 |
| 40 | 32.12 | 0 | 32.12 |
| 41 | 32.923 | 0.830146 | 33.753146 |
| 42 | 33.726 | 0 | 33.726 |
| 43 | 34.529 | 1.020107 | 35.549107 |
| 44 | 35.332 | 0 | 35.332 |
| 45 | 36.135 | 0.508764 | 36.643764 |
| 46 | 36.938 | 0.317925 | 37.255925 |
| 47 | 37.741 | 0.467461 | 38.208461 |
| 48 | 38.544 | 1.055837 | 39.599837 |
| 49 | 39.347 | 0 | 39.347 |
| 50 | 40.15 | 4.131097 | 44.281097 |
| 51 | 40.953 | 0 | 40.953 |
| 52 | 41.756 | 0 | 41.756 |
| 53 | 42.559 | 0 | 42.559 |
| 54 | 43.362 | 0 | 43.362 |
| 55 | 44.165 | 0 | 44.165 |
| 56 | 44.968 | 0.911793 | 45.879793 |
| 57 | 45.771 | 0 | 45.771 |
| 58 | 46.574 | 1.26277 | 47.83677 |
| 59 | 47.377 | 0 | 47.377 |
| 60 | 48.18 | 0.151277 | 48.331277 |
| 61 | 48.983 | 0.021966 | 49.004966 |
| 62 | 49.786 | 1.300477 | 51.086477 |
| 63 | 50.589 | 0 | 50.589 |
| 64 | 51.392 | 1.88904 | 53.28104 |
| 65 | 52.195 | 0 | 52.195 |
| 66 | 52.998 | 0 | 52.998 |
| 67 | 53.801 | 0.020166 | 53.821166 |

Задание 1. Таблица 3:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние | *Ri*(100) | *νi*(100) | *T*i(100) | Δ*i*(100) |
| 0 | 33 | 0.33 | 18.488785 | 0.343651 |
| 1 | 67 | 0.67 | 35.312215 | 0.656349 |
|  | 100 | 1.0 | 53.80100 | 1.0 |

Всего заявок поступило в СМО на интервале: 67

Всего полностью обслуженных заявок: 33

Всего отклонено заявок: 34

Доля отклонённых заявок: 0*.*492537

Коэффициент простоя прибора: 0.343651

**Задание 2**

*V* = 14, Δ*T*об = 0*.*796, *λ* = 1*.*053

Задание 2. Таблица 1:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| l | *t*соб(l) | Type(l) | C(l) | *t*ост(l) | *t*ожз(l) | j(l) |
| 1 | 0.84582 | 1 | 1 | 0.796 | 0.13971 | 1 |
| 2 | 0.98554 | 1 | 2 | 0.65629 | 1.03019 | 2 |
| 3 | 1.64182 | 2 | 1 | 0.796 | 0.37391 | 1 |
| 4 | 2.01573 | 1 | 2 | 0.42209 | 4.13364 | 3 |
| 5 | 2.43782 | 2 | 1 | 0.796 | 3.71154 | 2 |
| 6 | 3.23382 | 2 | 0 | 0.796 | 2.91554 | 3 |
| 7 | 6.14937 | 1 | 1 | 0.796 | 2.16287 | 4 |
| 8 | 6.94537 | 2 | 0 | 0.796 | 1.36687 | 4 |
| 9 | 8.31224 | 1 | 1 | 0.796 | 0.82148 | 5 |
| 10 | 9.10824 | 2 | 0 | 0.796 | 0.02548 | 5 |
| 11 | 9.13371 | 1 | 1 | 0.796 | 0.06371 | 6 |
| 12 | 9.19743 | 1 | 2 | 0.73229 | 0.1091 | 7 |
| 13 | 9.30653 | 1 | 3 | 0.62318 | 0.56349 | 8 |
| 14 | 9.87002 | 1 | 4 | 0.05969 | 0.39241 | 9 |
| 15 | 9.92971 | 2 | 3 | 0.796 | 0.33272 | 6 |
| 16 | 10.26243 | 1 | 4 | 0.46328 | 0.36972 | 10 |
| 17 | 10.63215 | 1 | 5 | 0.09356 | 2.24604 | 11 |
| 18 | 10.72571 | 2 | 4 | 0.796 | 2.15248 | 7 |
| 19 | 11.52171 | 2 | 3 | 0.796 | 1.35648 | 8 |
| 20 | 12.31771 | 2 | 2 | 0.796 | 0.56048 | 9 |
| 21 | 12.87819 | 1 | 3 | 0.23552 | 0.10093 | 12 |
| 22 | 12.97912 | 1 | 4 | 0.13459 | 1.32192 | 13 |
| 23 | 13.11371 | 2 | 3 | 0.796 | 1.18733 | 10 |
| 24 | 13.90971 | 2 | 2 | 0.796 | 0.39133 | 11 |
| 25 | 14.30104 | 1 | 3 | 0.40467 | 1.66839 | 14 |
| 26 | 14.70571 | 2 | 2 | 0.796 | 1.26371 | 12 |
| 27 | 15.50171 | 2 | 1 | 0.796 | 0.46771 | 13 |
| 28 | 15.96943 | 1 | 2 | 0.32829 | 1.07381 | 15 |
| 29 | 16.29771 | 2 | 1 | 0.796 | 0.74552 | 14 |
| 30 | 17.04323 | 1 | 2 | 0.05048 | 0.26913 | 16 |
| 31 | 17.09371 | 2 | 1 | 0.796 | 0.21864 | 15 |
| 32 | 17.31236 | 1 | 2 | 0.57736 | 0.2708 | 17 |
| 33 | 17.58315 | 1 | 3 | 0.30656 | 2.00012 | 18 |
| 34 | 17.88971 | 2 | 2 | 0.796 | 1.69356 | 16 |
| 35 | 18.68571 | 2 | 1 | 0.796 | 0.89756 | 17 |
| 36 | 19.48171 | 2 | 0 | 0.796 | 0.10156 | 18 |
| 37 | 19.58327 | 1 | 1 | 0.796 | 0.01778 | 19 |
| 38 | 19.60106 | 1 | 2 | 0.77822 | 0.08132 | 20 |
| 39 | 19.68237 | 1 | 3 | 0.6969 | 0.33547 | 21 |
| 40 | 20.01784 | 1 | 4 | 0.36143 | 0.84736 | 22 |
| 41 | 20.37927 | 2 | 3 | 0.796 | 0.48593 | 19 |
| 42 | 20.8652 | 1 | 4 | 0.31007 | 0.54058 | 23 |
| 43 | 21.17527 | 2 | 3 | 0.796 | 0.23051 | 20 |
| 44 | 21.40578 | 1 | 4 | 0.56549 | 0.55738 | 24 |
| 45 | 21.96317 | 1 | 5 | 0.00811 | 0.10466 | 25 |
| 46 | 21.97127 | 2 | 4 | 0.796 | 0.09655 | 21 |
| 47 | 22.06782 | 1 | 5 | 0.69945 | 0.27664 | 26 |
| 48 | 22.34447 | 1 | 6 | 0.4228 | 0.43533 | 27 |
| 49 | 22.76727 | 2 | 5 | 0.796 | 0.01252 | 22 |
| 50 | 22.77979 | 1 | 6 | 0.78348 | 0.99954 | 28 |
| 51 | 23.56327 | 2 | 5 | 0.796 | 0.21606 | 23 |
| 52 | 23.77934 | 1 | 6 | 0.57994 | 0.3165 | 29 |
| 53 | 24.09584 | 1 | 7 | 0.26344 | 1.75235 | 30 |
| 54 | 24.35927 | 2 | 6 | 0.796 | 1.48891 | 24 |
| 55 | 25.15527 | 2 | 5 | 0.796 | 0.69291 | 25 |
| 56 | 25.84818 | 1 | 6 | 0.10309 | 1.68122 | 31 |
| 57 | 25.95127 | 2 | 5 | 0.796 | 1.57813 | 26 |
| 58 | 26.74727 | 2 | 4 | 0.796 | 0.78213 | 27 |
| 59 | 27.5294 | 1 | 5 | 0.01387 | 0.15708 | 32 |
| 60 | 27.54327 | 2 | 4 | 0.796 | 0.14322 | 28 |
| 61 | 27.68649 | 1 | 5 | 0.65278 | 2.0012 | 33 |
| 62 | 28.33927 | 2 | 4 | 0.796 | 1.34842 | 29 |
| 63 | 29.13527 | 2 | 3 | 0.796 | 0.55242 | 30 |
| 64 | 29.68769 | 1 | 4 | 0.24358 | 2.50404 | 34 |
| 65 | 29.93127 | 2 | 3 | 0.796 | 2.26046 | 31 |
| 66 | 30.72727 | 2 | 2 | 0.796 | 1.46446 | 32 |
| 67 | 31.52327 | 2 | 1 | 0.796 | 0.66846 | 33 |
| 68 | 32.19173 | 1 | 2 | 0.12754 | 0.2536 | 35 |
| 69 | 32.31927 | 2 | 1 | 0.796 | 0.12605 | 34 |
| 70 | 32.44533 | 1 | 2 | 0.66995 | 0.55867 | 36 |
| 71 | 33.004 | 1 | 3 | 0.11128 | 0.22014 | 37 |
| 72 | 33.11527 | 2 | 2 | 0.796 | 0.10887 | 35 |
| 73 | 33.22414 | 1 | 3 | 0.68713 | 0.02614 | 38 |
| 74 | 33.25028 | 1 | 4 | 0.66099 | 0.27189 | 39 |
| 75 | 33.52217 | 1 | 5 | 0.3891 | 0.15366 | 40 |
| 76 | 33.67583 | 1 | 6 | 0.23544 | 1.08644 | 41 |
| 77 | 33.91127 | 2 | 5 | 0.796 | 0.851 | 36 |
| 78 | 34.70727 | 2 | 4 | 0.796 | 0.055 | 37 |
| 79 | 34.76227 | 1 | 5 | 0.741 | 0.25324 | 42 |
| 80 | 35.01551 | 1 | 6 | 0.48776 | 3.46791 | 43 |
| 81 | 35.50327 | 2 | 5 | 0.796 | 2.98015 | 38 |
| 82 | 36.29927 | 2 | 4 | 0.796 | 2.18415 | 39 |
| 83 | 37.09527 | 2 | 3 | 0.796 | 1.38815 | 40 |
| 84 | 37.89127 | 2 | 2 | 0.796 | 0.59215 | 41 |
| 85 | 38.48342 | 1 | 3 | 0.20385 | 0.13875 | 44 |
| 86 | 38.62217 | 1 | 4 | 0.0651 | 0.26177 | 45 |
| 87 | 38.68727 | 2 | 3 | 0.796 | 0.19667 | 42 |
| 88 | 38.88394 | 1 | 4 | 0.59933 | 0.20399 | 46 |
| 89 | 39.08793 | 1 | 5 | 0.39534 | 0.97845 | 47 |
| 90 | 39.48327 | 2 | 4 | 0.796 | 0.5831 | 43 |
| 91 | 40.06638 | 1 | 5 | 0.2129 | 0.60537 | 48 |
| 92 | 40.27927 | 2 | 4 | 0.796 | 0.39248 | 44 |
| 93 | 40.67175 | 1 | 5 | 0.40352 | 1.34793 | 49 |
| 94 | 41.07527 | 2 | 4 | 0.796 | 0.94441 | 45 |
| 95 | 41.87127 | 2 | 3 | 0.796 | 0.14841 | 46 |
| 96 | 42.01968 | 1 | 4 | 0.64759 | 0.40744 | 50 |
| 97 | 42.42712 | 1 | 5 | 0.24015 | 0.37526 | 51 |
| 98 | 42.66727 | 2 | 4 | 0.796 | 0.13512 | 47 |
| 99 | 42.80239 | 1 | 5 | 0.66088 | 0.98875 | 52 |
| 100 | 43.46327 | 2 | 4 | 0.796 | 0.32787 | 48 |

Задание 2. Таблица 2:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| j | *t*з(j) | *q*(j) | *t*оч(j) | *t*ноб(j) | *t*обсл(j) | *t*коб(j) |
| 1 | 0.845825 | 0 | 0 | 0.845825 | 0.796 | 1.641825 |
| 2 | 0.985536 | 1 | 0.656288 | 1.641825 | 0.796 | 2.437825 |
| 3 | 2.015731 | 1 | 0.422094 | 2.437825 | 0.796 | 3.233825 |
| 4 | 6.149369 | 0 | 0 | 6.149369 | 0.796 | 6.945369 |
| 5 | 8.312238 | 0 | 0 | 8.312238 | 0.796 | 9.108238 |
| 6 | 9.133714 | 0 | 0 | 9.133714 | 0.796 | 9.929714 |
| 7 | 9.197428 | 1 | 0.732286 | 9.929714 | 0.796 | 10.725714 |
| 8 | 9.306532 | 2 | 1.419182 | 10.725714 | 0.796 | 11.521714 |
| 9 | 9.870023 | 3 | 1.651691 | 11.521714 | 0.796 | 12.317714 |
| 10 | 10.26243 | 3 | 2.055284 | 12.317714 | 0.796 | 13.113714 |
| 11 | 10.632152 | 4 | 2.481563 | 13.113714 | 0.796 | 13.909714 |
| 12 | 12.878192 | 2 | 1.031522 | 13.909714 | 0.796 | 14.705714 |
| 13 | 12.979125 | 3 | 1.72659 | 14.705714 | 0.796 | 15.501714 |
| 14 | 14.30104 | 2 | 1.200674 | 15.501714 | 0.796 | 16.297714 |
| 15 | 15.969425 | 1 | 0.328289 | 16.297714 | 0.796 | 17.093714 |
| 16 | 17.04323 | 1 | 0.050484 | 17.093714 | 0.796 | 17.889714 |
| 17 | 17.312357 | 1 | 0.577358 | 17.889714 | 0.796 | 18.685714 |
| 18 | 17.583155 | 2 | 1.10256 | 18.685714 | 0.796 | 19.481714 |
| 19 | 19.583272 | 0 | 0 | 19.583272 | 0.796 | 20.379272 |
| 20 | 19.601056 | 1 | 0.778216 | 20.379272 | 0.796 | 21.175272 |
| 21 | 19.682371 | 2 | 1.492901 | 21.175272 | 0.796 | 21.971272 |
| 22 | 20.017842 | 3 | 1.95343 | 21.971272 | 0.796 | 22.767272 |
| 23 | 20.865201 | 3 | 1.902071 | 22.767272 | 0.796 | 23.563272 |
| 24 | 21.405784 | 3 | 2.157488 | 23.563272 | 0.796 | 24.359272 |
| 25 | 21.963167 | 4 | 2.396106 | 24.359272 | 0.796 | 25.155272 |
| 26 | 22.067824 | 4 | 3.087448 | 25.155272 | 0.796 | 25.951272 |
| 27 | 22.344468 | 5 | 3.606804 | 25.951272 | 0.796 | 26.747272 |
| 28 | 22.779794 | 5 | 3.967478 | 26.747272 | 0.796 | 27.543272 |
| 29 | 23.779335 | 5 | 3.763937 | 27.543272 | 0.796 | 28.339272 |
| 30 | 24.095835 | 6 | 4.243437 | 28.339272 | 0.796 | 29.135272 |
| 31 | 25.848181 | 5 | 3.287091 | 29.135272 | 0.796 | 29.931272 |
| 32 | 27.529403 | 4 | 2.401869 | 29.931272 | 0.796 | 30.727272 |
| 33 | 27.686488 | 4 | 3.040784 | 30.727272 | 0.796 | 31.523272 |
| 34 | 29.687692 | 3 | 1.83558 | 31.523272 | 0.796 | 32.319272 |
| 35 | 32.191727 | 1 | 0.127545 | 32.319272 | 0.796 | 33.115272 |
| 36 | 32.445325 | 1 | 0.669947 | 33.115272 | 0.796 | 33.911272 |
| 37 | 33.003995 | 2 | 0.907277 | 33.911272 | 0.796 | 34.707272 |
| 38 | 33.22414 | 2 | 1.483132 | 34.707272 | 0.796 | 35.503272 |
| 39 | 33.25028 | 3 | 2.252992 | 35.503272 | 0.796 | 36.299272 |
| 40 | 33.522171 | 4 | 2.777101 | 36.299272 | 0.796 | 37.095272 |
| 41 | 33.675829 | 5 | 3.419443 | 37.095272 | 0.796 | 37.891272 |
| 42 | 34.76227 | 4 | 3.129002 | 37.891272 | 0.796 | 38.687272 |
| 43 | 35.01551 | 5 | 3.671762 | 38.687272 | 0.796 | 39.483272 |
| 44 | 38.483422 | 2 | 0.999851 | 39.483272 | 0.796 | 40.279272 |
| 45 | 38.622167 | 3 | 1.657105 | 40.279272 | 0.796 | 41.075272 |
| 46 | 38.883939 | 3 | 2.191333 | 41.075272 | 0.796 | 41.871272 |
| 47 | 39.087931 | 4 | 2.783341 | 41.871272 | 0.796 | 42.667272 |
| 48 | 40.066376 | 4 | 2.600896 | 42.667272 | 0.796 | 43.463272 |
| 49 | 40.67175 | 4 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 50 | 42.019684 | 3 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 51 | 42.427124 | 4 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 52 | 42.802387 | 4 | -1 | -1 | -1 | -1 |

Задание 2. Таблица 3:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние | *Ri*(100) | *νi*(100) | *Ti*(100) | Δ*i*(100) |
| 0 | 4 | 0.04 | 5.255272 | 0.120913 |
| 1 | 13 | 0.13 | 6.005493 | 0.138174 |
| 2 | 16 | 0.16 | 6.645409 | 0.152897 |
| 3 | 18 | 0.18 | 7.117946 | 0.163769 |
| 4 | 23 | 0.23 | 8.356488 | 0.192266 |
| 5 | 18 | 0.18 | 6.67415 | 0.153558 |
| 6 | 7 | 0.07 | 3.145078 | 0.072362 |
| 7 | 1 | 0.01 | 0.263437 | 0.006061 |
|  | 100 | 1.0 | 43,463273 | 1.0 |

Всего заявок поступило в СМО на интервале: 52

Всего полностью обслуженных заявок: 48

Среднее число заявок, находившихся в СМО: 25.62 Среднее время пребывания заявок в очереди:1.750442

Среднее время пребывания заявок в СМО: 2.546442

Коэффициент простоя прибора: 0.120913

**Задание 3**

V = 14, *µ* = 1*.*239, *λ* = 1*.*053

Задание 3. Таблица 1:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| l | *t*соб(l) | Type(l) | C(l) | *t*ост(l) | *t*ожз(l) | j(l) |
| 1 | 0.845825 | 1 | 1 | 2.442066 | 0.139712 | 1 |
| 2 | 0.985536 | 1 | 2 | 2.302354 | 1.030194 | 2 |
| 3 | 2.015731 | 1 | 3 | 1.272159 | 4.133638 | 3 |
| 4 | 3.28789 | 2 | 2 | 2.442066 | 2.861479 | 1 |
| 5 | 5.729956 | 2 | 1 | 0.082814 | 0.419413 | 2 |
| 6 | 5.812769 | 2 | 0 | 0.272404 | 0.3366 | 3 |
| 7 | 6.149369 | 1 | 1 | 0.650561 | 2.162869 | 4 |
| 8 | 6.79993 | 2 | 0 | 0.650561 | 1.512308 | 4 |
| 9 | 8.312238 | 1 | 1 | 0.121377 | 0.821477 | 5 |
| 10 | 8.433615 | 2 | 0 | 0.121377 | 0.700099 | 5 |
| 11 | 9.133714 | 1 | 1 | 3.061193 | 0.063714 | 6 |
| 12 | 9.197428 | 1 | 2 | 2.997479 | 0.109104 | 7 |
| 13 | 9.306532 | 1 | 3 | 2.888375 | 0.563491 | 8 |
| 14 | 9.870023 | 1 | 4 | 2.324884 | 0.392407 | 9 |
| 15 | 10.26243 | 1 | 5 | 1.932477 | 0.369722 | 10 |
| 16 | 10.632152 | 1 | 6 | 1.562755 | 2.246041 | 11 |
| 17 | 12.194907 | 2 | 5 | 3.061193 | 0.683286 | 6 |
| 18 | 12.878192 | 1 | 6 | 2.377907 | 0.100932 | 12 |
| 19 | 12.979125 | 1 | 7 | 2.276975 | 1.321916 | 13 |
| 20 | 14.30104 | 1 | 8 | 0.955059 | 1.668385 | 14 |
| 21 | 15.256099 | 2 | 7 | 0.473807 | 0.713326 | 7 |
| 22 | 15.729906 | 2 | 6 | 3.488891 | 0.239519 | 8 |
| 23 | 15.969425 | 1 | 7 | 3.249372 | 1.073805 | 15 |
| 24 | 17.04323 | 1 | 8 | 2.175567 | 0.269126 | 16 |
| 25 | 17.312357 | 1 | 9 | 1.906441 | 0.270798 | 17 |
| 26 | 17.583155 | 1 | 10 | 1.635643 | 2.000118 | 18 |
| 27 | 19.218797 | 2 | 9 | 1.004348 | 0.364475 | 9 |
| 28 | 19.583272 | 1 | 10 | 0.639873 | 0.017784 | 19 |
| 29 | 19.601056 | 1 | 11 | 0.622089 | 0.081316 | 20 |
| 30 | 19.682371 | 1 | 12 | 0.540773 | 0.335471 | 21 |
| 31 | 20.017842 | 1 | 13 | 0.205303 | 0.847359 | 22 |
| 32 | 20.223145 | 2 | 12 | 1.512104 | 0.642056 | 10 |
| 33 | 20.865201 | 1 | 13 | 0.870047 | 0.540583 | 23 |
| 34 | 21.405784 | 1 | 14 | 0.329464 | 0.557383 | 24 |
| 35 | 21.735248 | 2 | 13 | 2.010143 | 0.227918 | 11 |
| 36 | 21.963167 | 1 | 14 | 1.782225 | 0.104657 | 25 |
| 37 | 22.067824 | 1 | 15 | 1.677568 | 0.276644 | 26 |
| 38 | 22.344468 | 1 | 16 | 1.400924 | 0.435326 | 27 |
| 39 | 22.779794 | 1 | 17 | 0.965598 | 0.999542 | 28 |
| 40 | 23.745391 | 2 | 16 | 1.213168 | 0.033944 | 12 |
| 41 | 23.779335 | 1 | 17 | 1.179224 | 0.3165 | 29 |
| 42 | 24.095835 | 1 | 18 | 0.862724 | 1.752346 | 30 |
| 43 | 24.958559 | 2 | 17 | 0.552008 | 0.889622 | 13 |
| 44 | 25.510567 | 2 | 16 | 1.896139 | 0.337614 | 14 |
| 45 | 25.848181 | 1 | 17 | 1.558525 | 1.681221 | 31 |
| 46 | 27.406706 | 2 | 16 | 0.287864 | 0.122697 | 15 |
| 47 | 27.529403 | 1 | 17 | 0.165167 | 0.157085 | 32 |
| 48 | 27.686488 | 1 | 18 | 0.008082 | 2.001204 | 33 |
| 49 | 27.69457 | 2 | 17 | 2.542143 | 1.993122 | 16 |
| 50 | 29.687692 | 1 | 18 | 0.549021 | 2.504035 | 34 |
| 51 | 30.236713 | 2 | 17 | 0.849058 | 1.955014 | 17 |
| 52 | 31.08577 | 2 | 16 | 0.409437 | 1.105957 | 18 |
| 53 | 31.495208 | 2 | 15 | 0.444571 | 0.696519 | 19 |
| 54 | 31.939779 | 2 | 14 | 0.551015 | 0.251948 | 20 |
| 55 | 32.191727 | 1 | 15 | 0.299066 | 0.253598 | 35 |
| 56 | 32.445325 | 1 | 16 | 0.045468 | 0.55867 | 36 |
| 57 | 32.490794 | 2 | 15 | 0.763493 | 0.513202 | 21 |
| 58 | 33.003995 | 1 | 16 | 0.250291 | 0.220145 | 37 |
| 59 | 33.22414 | 1 | 17 | 0.030147 | 0.02614 | 38 |
| 60 | 33.25028 | 1 | 18 | 0.004007 | 0.271892 | 39 |
| 61 | 33.254286 | 2 | 17 | 1.496201 | 0.267885 | 22 |
| 62 | 33.522171 | 1 | 18 | 1.228317 | 0.153657 | 40 |
| 63 | 33.675829 | 1 | 19 | 1.074659 | 1.086441 | 41 |
| 64 | 34.750488 | 2 | 18 | 1.65799 | 0.011782 | 23 |
| 65 | 34.76227 | 1 | 19 | 1.646208 | 0.25324 | 42 |
| 66 | 35.01551 | 1 | 20 | 1.392968 | 3.467911 | 43 |
| 67 | 36.408478 | 2 | 19 | 0.340064 | 2.074944 | 24 |
| 68 | 36.748542 | 2 | 18 | 0.708282 | 1.73488 | 25 |
| 69 | 37.456824 | 2 | 17 | 0.390082 | 1.026598 | 26 |
| 70 | 37.846906 | 2 | 16 | 2.019507 | 0.636515 | 27 |
| 71 | 38.483422 | 1 | 17 | 1.382991 | 0.138746 | 44 |
| 72 | 38.622167 | 1 | 18 | 1.244246 | 0.261772 | 45 |
| 73 | 38.883939 | 1 | 19 | 0.982474 | 0.203992 | 46 |
| 74 | 39.087931 | 1 | 20 | 0.778482 | 0.978445 | 47 |
| 75 | 39.866413 | 2 | 19 | 0.608972 | 0.199963 | 28 |
| 76 | 40.066376 | 1 | 20 | 0.409009 | 0.605374 | 48 |
| 77 | 40.475385 | 2 | 19 | 0.144734 | 0.196365 | 29 |
| 78 | 40.620118 | 2 | 18 | 0.065128 | 0.051631 | 30 |
| 79 | 40.67175 | 1 | 19 | 0.013496 | 1.347935 | 49 |
| 80 | 40.685246 | 2 | 18 | 1.032689 | 1.334438 | 31 |
| 81 | 41.717935 | 2 | 17 | 0.163266 | 0.30175 | 32 |
| 82 | 41.881201 | 2 | 16 | 1.759345 | 0.138483 | 33 |
| 83 | 42.019684 | 1 | 17 | 1.620862 | 0.40744 | 50 |
| 84 | 42.427124 | 1 | 18 | 1.213422 | 0.375263 | 51 |
| 85 | 42.802387 | 1 | 19 | 0.838158 | 0.988755 | 52 |
| 86 | 43.640546 | 2 | 18 | 3.580249 | 0.150596 | 34 |
| 87 | 43.791142 | 1 | 19 | 3.429652 | 1.569127 | 53 |
| 88 | 45.360269 | 1 | 20 | 1.860526 | 0.465632 | 54 |
| 89 | 45.825901 | 1 | 21 | 1.394893 | 0.276981 | 55 |
| 90 | 46.102882 | 1 | 22 | 1.117913 | 1.268253 | 56 |
| 91 | 47.220794 | 2 | 21 | 1.394044 | 0.150341 | 35 |
| 92 | 47.371135 | 1 | 22 | 1.243704 | 0.535371 | 57 |
| 93 | 47.906506 | 1 | 23 | 0.708333 | 1.12202 | 58 |
| 94 | 48.614839 | 2 | 22 | 0.402452 | 0.413688 | 36 |
| 95 | 49.017291 | 2 | 21 | 0.288264 | 0.011236 | 37 |
| 96 | 49.028527 | 1 | 22 | 0.277028 | 0.915328 | 59 |
| 97 | 49.305554 | 2 | 21 | 1.216023 | 0.6383 | 38 |
| 98 | 49.943855 | 1 | 22 | 0.577723 | 0.584397 | 60 |
| 99 | 50.521578 | 2 | 21 | 0.091065 | 0.006674 | 39 |
| 100 | 50.528252 | 1 | 22 | 0.084391 | 1.135395 | 61 |

Задание 3. Таблица 2:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| j | *t*з(j) | *q*(j) | *t*оч(j) | | *t*ноб(j) | | *t*обсл(j) | *t*коб(j) |
| 1 | 0.845825 | 0 | 0 | 0.845825 | | 2.442066 | | 3.28789 |
| 2 | 0.985536 | 1 | 4.661606 | 5.647142 | | 0.082814 | | 5.729956 |
| 3 | 2.015731 | 2 | 3.524634 | 5.540365 | | 0.272404 | | 5.812769 |
| 4 | 6.149369 | 0 | 0 | 6.149369 | | 0.650561 | | 6.79993 |
| 5 | 8.312238 | 0 | 0 | 8.312238 | | 0.121377 | | 8.433615 |
| 6 | 9.133714 | 0 | 0 | 9.133714 | | 3.061193 | | 12.194907 |
| 7 | 9.197428 | 1 | 5.584864 | 14.782292 | | 0.473807 | | 15.256099 |
| 8 | 9.306532 | 2 | 2.934484 | 12.241016 | | 3.488891 | | 15.729906 |
| 9 | 9.870023 | 3 | 8.344427 | 18.21445 | | 1.004348 | | 19.218797 |
| 10 | 10.26243 | 4 | 8.448611 | 18.711041 | | 1.512104 | | 20.223145 |
| 11 | 10.632152 | 5 | 9.092954 | 19.725105 | | 2.010143 | | 21.735248 |
| 12 | 12.878192 | 5 | 9.654031 | 22.532224 | | 1.213168 | | 23.745391 |
| 13 | 12.979125 | 6 | 11.427426 | 24.406551 | | 0.552008 | | 24.958559 |
| 14 | 14.30104 | 7 | 9.313389 | 23.614429 | | 1.896139 | | 25.510567 |
| 15 | 15.969425 | 6 | 11.149417 | 27.118842 | | 0.287864 | | 27.406706 |
| 16 | 17.04323 | 7 | 8.109197 | 25.152427 | | 2.542143 | | 27.69457 |
| 17 | 17.312357 | 8 | 12.075298 | 29.387655 | | 0.849058 | | 30.236713 |
| 18 | 17.583155 | 9 | 13.093178 | 30.676333 | | 0.409437 | | 31.08577 |
| 19 | 19.583272 | 9 | 11.467365 | 31.050637 | | 0.444571 | | 31.495208 |
| 20 | 19.601056 | 10 | 11.787709 | 31.388764 | | 0.551015 | | 31.939779 |
| 21 | 19.682371 | 11 | 12.044929 | 31.727301 | | 0.763493 | | 32.490794 |
| 22 | 20.017842 | 12 | 11.740243 | 31.758085 | | 1.496201 | | 33.254286 |
| 23 | 20.865201 | 12 | 12.227297 | 33.092498 | | 1.65799 | | 34.750488 |
| 24 | 21.405784 | 13 | 14.66263 | 36.068414 | | 0.340064 | | 36.408478 |
| 25 | 21.963167 | 13 | 14.077093 | 36.040259 | | 0.708282 | | 36.748542 |
| 26 | 22.067824 | 14 | 14.998918 | 37.066742 | | 0.390082 | | 37.456824 |
| 27 | 22.344468 | 15 | 13.482931 | 35.827399 | | 2.019507 | | 37.846906 |
| 28 | 22.779794 | 16 | 16.477648 | 39.257441 | | 0.608972 | | 39.866413 |
| 29 | 23.779335 | 16 | 16.551315 | 40.330651 | | 0.144734 | | 40.475385 |
| 30 | 24.095835 | 17 | 16.459155 | 40.554991 | | 0.065128 | | 40.620118 |
| 31 | 25.848181 | 16 | 13.804376 | 39.652557 | | 1.032689 | | 40.685246 |
| 32 | 27.529403 | 16 | 14.025265 | 41.554668 | | 0.163266 | | 41.717935 |
| 33 | 27.686488 | 17 | 12.435368 | 40.121856 | | 1.759345 | | 41.881201 |
| 34 | 29.687692 | 17 | 10.372606 | 40.060297 | | 3.580249 | | 43.640546 |
| 35 | 32.191727 | 14 | 13.635023 | 45.82675 | | 1.394044 | | 47.220794 |
| 36 | 32.445325 | 15 | 15.767061 | 48.212387 | | 0.402452 | | 48.614839 |
| 37 | 33.003995 | 15 | 15.725032 | 48.729027 | | 0.288264 | | 49.017291 |
| 38 | 33.22414 | 16 | 14.865391 | 48.089531 | | 1.216023 | | 49.305554 |
| 39 | 33.25028 | 17 | 17.180233 | 50.430512 | | 0.091065 | | 50.521578 |
| 40 | 33.522171 | 17 | 16.732458 | 50.254629 | | 0.358014 | | 50.612643 |
| 41 | 33.675829 | 18 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 42 | 34.76227 | 18 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 43 | 35.01551 | 19 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 44 | 38.483422 | 16 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 45 | 38.622167 | 17 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 46 | 38.883939 | 18 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 47 | 39.087931 | 19 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 48 | 40.066376 | 19 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 49 | 40.67175 | 18 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 50 | 42.019684 | 16 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 51 | 42.427124 | 17 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 52 | 42.802387 | 18 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 53 | 43.791142 | 18 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 54 | 45.360269 | 19 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 55 | 45.825901 | 20 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 56 | 46.102882 | 21 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 57 | 47.371135 | 21 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 58 | 47.906506 | 22 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 59 | 49.028527 | 21 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 60 | 49.943855 | 21 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |
| 61 | 50.528252 | 21 | -1 | -1 | | -1 | | -1 |

Задание 3. Таблица 3:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние | *Ri*(100) | *νi*(100) | *Ti*(100) | Δ*i*(100) |
| 0 | 3 | 0.03 | 3.394831 | 0.067187 |
| 1 | 5 | 0.05 | 1.058178 | 0.020942 |
| 2 | 3 | 0.03 | 3.581364 | 0.070878 |
| 3 | 2 | 0.02 | 1.83565 | 0.036329 |
| 4 | 1 | 0.01 | 0.392407 | 0.007766 |
| 5 | 2 | 0.02 | 1.053007 | 0.02084 |
| 6 | 3 | 0.03 | 1.903206 | 0.037666 |
| 7 | 3 | 0.03 | 2.869528 | 0.056791 |
| 8 | 2 | 0.02 | 1.224185 | 0.024228 |
| 9 | 2 | 0.02 | 0.635273 | 0.012573 |
| 10 | 2 | 0.02 | 1.653426 | 0.032723 |
| 11 | 1 | 0.01 | 0.081316 | 0.001609 |
| 12 | 2 | 0.02 | 0.977527 | 0.019346 |
| 13 | 3 | 0.03 | 0.973804 | 0.019272 |
| 14 | 3 | 0.03 | 0.68607 | 0.013578 |
| 15 | 4 | 0.04 | 1.488015 | 0.029449 |
| 16 | 9 | 0.09 | 2.37963 | 0.047095 |
| 17 | 13 | 0.13 | 7.785454 | 0.154081 |
| 18 | 12 | 0.12 | 4.169506 | 0.082518 |
| 19 | 9 | 0.09 | 4.637433 | 0.091779 |
| 20 | 4 | 0.04 | 3.046091 | 0.060285 |
| 21 | 5 | 0.05 | 1.083532 | 0.021444 |
| 22 | 6 | 0.06 | 2.910487 | 0.057601 |
| 23 | 1 | 0.01 | 0.708333 | 0.014019 |
|  | 100 | 1 | 50,528253 | 0.999999 |

Всего заявок поступило в СМО на интервале: 61

Всего полностью обслуженных заявок: 39

Среднее число заявок, находившихся в СМО: 29.04

Среднее время пребывания заявок в очереди: 10.543618

Среднее время пребывания заявок в СМО: 11.620207

Коэффициент простоя прибора: 0.067187

**Список литературы**

1. Системы массового обслуживания [Электронный ресурс]: методические указания / А.А. Лобузов. - М.: РТУ МИРЭА, 2023. - 45 с.
2. Аникина О., Гущина О. М. Табличное моделирование динамики работы одноканальной системы массового обслуживания с ограниченной очередью. – Тольятти, 2017. – 12 с.
3. Плескунов М. А. Теория массового обслуживания. – Екатеринбург: Уральский энергетический институт, 2022. – 268 с.

**Приложение**

Код выполнения работы:

import scipy.stats as sps

import numpy as np

V = 14

precision = 6

N = 100

import numpy as np

import csv

def export\_table(arr, file\_name):

precision = 6

# Write data to a CSV file

with open(f"{file\_name}.csv", mode='w', newline='') as file:

writer = csv.writer(file)

for row in arr:

row = [f"{np.round(x, precision - 1)}" for x in row]

writer.writerow(row)

#(D|M|1|0)

def task1():

t\_demand = 0.803

mu = 1.239

l = 1 #processing demand number

l\_j = 1 #current demand number

l\_print = 1 #printable num of demand

k = 1 #quantity of served demands

t\_event = t\_demand #moment of event execution

current\_event\_stat = 1 #demand is recieved and is serving

current\_sys\_stat = 1 #system is serving a demand

np.random.seed(12345)

times\_of\_services = sps.expon.rvs(scale=1/mu, size=N)

remaining\_serv\_time = times\_of\_services[0]

remaining\_demand\_time = t\_demand

table\_1 = []

table\_2 = [None] \* N

table\_2[0] = [1, l \* t\_demand, times\_of\_services[k - 1], l \* t\_demand + times\_of\_services[k - 1]]

table\_3 = [[0,0,0,0], [0,0,0,0]]

for j in range(2, 102):

table\_1.append([j-1, t\_event, current\_event\_stat, current\_sys\_stat, remaining\_serv\_time, remaining\_demand\_time, l\_print])

#time to serve less then time to recieve new demand

if remaining\_serv\_time < remaining\_demand\_time and current\_sys\_stat == 1:

t\_event = t\_event + remaining\_serv\_time

current\_event\_stat = 3

current\_sys\_stat = 0

remaining\_demand\_time -= remaining\_serv\_time

remaining\_serv\_time = -1

l\_print = l

elif remaining\_serv\_time > remaining\_demand\_time:

t\_event += remaining\_demand\_time

current\_event\_stat = 2

current\_sys\_stat = 1

remaining\_serv\_time -= remaining\_demand\_time

remaining\_demand\_time = t\_demand

l\_j += 1

l\_print = l\_j

table\_2[l\_j - 1] = [l\_j, t\_event, 0, t\_event]

elif current\_sys\_stat == 0:

if j != 101:

table\_3[0][2] += remaining\_demand\_time #time of waiting

t\_event += remaining\_demand\_time

current\_event\_stat = 1

current\_sys\_stat = 1

remaining\_serv\_time = times\_of\_services[k]

remaining\_demand\_time = t\_demand

l\_j += 1

l = l\_j

l\_print = l\_j

k += 1

table\_2[l - 1] = [l, l \* t\_demand, times\_of\_services[k - 1], l \* t\_demand + times\_of\_services[k - 1]]

max\_demand\_num = 0

for arr in table\_1:

if arr[-1] > max\_demand\_num:

max\_demand\_num = arr[-1]

table\_2 = table\_2[0:max\_demand\_num]

for row in table\_1:

table\_3[row[3]][0] += 1

table\_3[0][2] += t\_demand

table\_3[1][2] = table\_1[-1][1] - table\_3[0][2]

table\_3[0][1] = table\_3[0][0]/(table\_3[0][0] + table\_3[1][0])

table\_3[1][1] = table\_3[1][0]/(table\_3[0][0] + table\_3[1][0])

table\_3[0][3] = table\_3[0][2]/(table\_3[0][2] + table\_3[1][2])

table\_3[1][3] = table\_3[1][2]/(table\_3[0][2] + table\_3[1][2])

return table\_1, table\_2, table\_3

t1, t2, t3 = task1()

t3[0].insert(0, 0)

t3[1].insert(0, 1)

export\_table(t1, "table\_11")

export\_table(t2, "table\_12")

export\_table(t3, "table\_13")

print(f"Count of demands: {len(t2)}")

print(f"Count of unserved demands: {sum(map((lambda x: x[2] == 0), t2))}")

#(M|D|1|0)

def task2():

t\_serv = 0.796

e\_lambda = 1.053

l = 1 #processing demand number

l\_j = 1 #current demand number

l\_print = 1 #printable num of demand

k = 1 #quantity of served demands

current\_event\_stat = 1 #demand is recieved and is serving

current\_sys\_stat = 1 #system is serving a demand

np.random.seed(2048)

times\_of\_demandes = sps.expon.rvs(scale=1/e\_lambda, size=N)

remaining\_demand\_time = times\_of\_demandes[1]

remaining\_serv\_time = t\_serv

t\_event = times\_of\_demandes[0] #moment of event execution

q = [1]

task = 1

table\_1 = []

table\_2 = [None] \* N

table\_2[0] = [1, t\_event, 0, 0, t\_event, t\_serv, t\_event + t\_serv]

table\_3 = [[0, 0, 0, 0]]

table\_3[0][2] = t\_event

for j in range(2, 102):

table\_1.append([j-1, t\_event, current\_event\_stat, current\_sys\_stat, remaining\_serv\_time, remaining\_demand\_time, l\_print])

#time to serve less then time to recieve new demand

if remaining\_serv\_time <= remaining\_demand\_time and current\_sys\_stat > 0:

if j != 101:

if len(table\_3) < current\_sys\_stat+1:

table\_3.append([0, 0, 0, 0])

table\_3[current\_sys\_stat][2] += remaining\_serv\_time

t\_event = t\_event + remaining\_serv\_time

current\_event\_stat = 2

current\_sys\_stat -= 1

task = q.pop(0)

l\_print = task

t\_serv\_start = t\_event - t\_serv

table\_2[task - 1][3] = t\_serv\_start - table\_2[task - 1][1]

if table\_2[task - 1][3] < 0.000001:

table\_2[task - 1][3] = 0

table\_2[task - 1][4] = t\_serv\_start

table\_2[task - 1][5] = t\_serv

table\_2[task - 1][6] = t\_event

remaining\_demand\_time -= remaining\_serv\_time

remaining\_serv\_time = t\_serv

elif remaining\_serv\_time > remaining\_demand\_time or current\_sys\_stat == 0:

if j != 101:

if len(table\_3) < current\_sys\_stat+1:

table\_3.append([0, 0, 0, 0])

table\_3[current\_sys\_stat][2] += remaining\_demand\_time

t\_event += remaining\_demand\_time

current\_event\_stat = 1

if current\_sys\_stat == 0:

remaining\_serv\_time = t\_serv

else:

remaining\_serv\_time -= remaining\_demand\_time

current\_sys\_stat += 1

l\_j += 1

remaining\_demand\_time = times\_of\_demandes[l\_j]

q.append(l\_j)

l\_print = l\_j

table\_2[l\_j - 1] = [l\_j, t\_event, current\_sys\_stat-1, -1, -1, -1, -1]

max\_demand\_num = 0

for arr in table\_1:

if arr[-1] > max\_demand\_num:

max\_demand\_num = arr[-1]

table\_2 = table\_2[0:max\_demand\_num]

#if table\_1[-1][2] == 1

for row in table\_1:

table\_3[row[3]][0] += 1

for i in range(len(table\_3)):

table\_3[i][1] = table\_3[i][0] / 100

table\_3[i][3] = table\_3[i][2] / table\_1[-1][1]

return table\_1, table\_2, table\_3

t1, t2, t3 = task2()

for i in range(len(t3)):

t3[i].insert(0, i)

export\_table(t1, "table\_21")

export\_table(t2, "table\_22")

export\_table(t3, "table\_23")

#(M|M|1|0)

def task3():

mu = 1.239

e\_lambda = 1.053

l = 1 # processing demand number

l\_j = 1 # current demand number

l\_print = 1 # printable num of demand

current\_event\_stat = 1 # demand is recieved and is serving

current\_sys\_stat = 1 # system is serving a demand

np.random.seed(2048)

times\_of\_demandes = sps.expon.rvs(scale=1/e\_lambda, size=N)

remaining\_demand\_time = times\_of\_demandes[1]

times\_of\_services = sps.expon.rvs(scale=1/mu, size=N)

remaining\_serv\_time = times\_of\_services[0]

t\_event = times\_of\_demandes[0] # moment of event execution

q = [1]

task = 1

table\_1 = []

table\_2 = [None] \* N

table\_2[0] = [1, t\_event, 0, -1, -1, -1, -1]

table\_3 = [[0, 0, 0, 0]]

table\_3[0][2] = t\_event

for j in range(2, 102):

table\_1.append([j-1, t\_event, current\_event\_stat, current\_sys\_stat, remaining\_serv\_time, remaining\_demand\_time, l\_print])

#time to serve less then time to recieve new demand

if remaining\_serv\_time <= remaining\_demand\_time and current\_sys\_stat > 0:

if len(table\_3) < current\_sys\_stat+1:

table\_3.append([0, 0, 0, 0])

if j != 101:

table\_3[current\_sys\_stat][2] += remaining\_serv\_time

t\_event = t\_event + remaining\_serv\_time

current\_event\_stat = 2

current\_sys\_stat -= 1

task = q.pop(0)

t\_serv = times\_of\_services[task-1]

l\_print = task

t\_serv\_start = t\_event - t\_serv

table\_2[task - 1][3] = t\_serv\_start - table\_2[task - 1][1]

if table\_2[task - 1][3] < 0.000001:

table\_2[task - 1][3] = 0

table\_2[task - 1][4] = t\_serv\_start

table\_2[task - 1][5] = t\_serv

table\_2[task - 1][6] = t\_event

remaining\_demand\_time -= remaining\_serv\_time

remaining\_serv\_time = t\_serv

elif remaining\_serv\_time > remaining\_demand\_time or current\_sys\_stat == 0:

if len(table\_3) < current\_sys\_stat+1:

table\_3.append([0, 0, 0, 0])

if j != 101:

table\_3[current\_sys\_stat][2] += remaining\_demand\_time

t\_event += remaining\_demand\_time

current\_event\_stat = 1

l\_j += 1

if current\_sys\_stat == 0:

remaining\_serv\_time = times\_of\_services[l\_j-1]

else:

remaining\_serv\_time -= remaining\_demand\_time

current\_sys\_stat += 1

remaining\_demand\_time = times\_of\_demandes[l\_j]

q.append(l\_j)

l\_print = l\_j

table\_2[l\_j - 1] = [l\_j, t\_event, current\_sys\_stat-1, -1, -1, -1, -1]

max\_demand\_num = 0

for arr in table\_1:

if arr[-1] > max\_demand\_num:

max\_demand\_num = arr[-1]

table\_2 = table\_2[0:max\_demand\_num]

for row in table\_1:

table\_3[row[3]][0] += 1

for i in range(len(table\_3)):

table\_3[i][1] = table\_3[i][0] / 100

table\_3[i][3] = table\_3[i][2] / table\_1[-1][1]

return table\_1, table\_2, table\_3

t1, t2, t3 = task3()

for i in range(len(t3)):

t3[i].insert(0, i)

export\_table(t1, "table\_31")

export\_table(t2, "table\_32")

export\_table(t3, "table\_33")

print(f"Count of demands: {len(t2)}")

print(f"Count of unserved demands: {sum(map((lambda x: x[3] != -1), t2))}")

z = 0

for i in range(100):

cnt = 0

t\_event = t1[i][1]

for j in range(len(t2)):

if t2[j][1] >= t\_event:

cnt += 1

z += cnt

print(f"z(100): {z/100}")

sum\_q\_time = 0

sum\_stay\_time = 0

for i in range(serv\_demands):

sum\_q\_time += t2[i][3]

sum\_stay\_time += (t2[i][6] - t2[i][1])

q\_time\_mean = sum\_q\_time / serv\_demands

print(f"q\_time\_mean: {round(q\_time\_mean, 5)}")

stay\_time\_mean = sum\_stay\_time / serv\_demands

print(f"stay\_time\_mean: {round(stay\_time\_mean, 5)}")

print(f"downtime: {round(t3[0][3] / t1[-1][1], 5)}")

print(f"Count of demands: {len(t2)}")

serv\_demands = sum(map((lambda x: x[2] == 2), t1))

print(f"Count of served demands: {serv\_demands}")

z = 0

for i in range(100):

cnt = 0

t\_event = t1[i][1]

for j in range(len(t2)):

if t2[j][1] >= t\_event:

cnt += 1

z += cnt

print(f"z(100): {z/100}")

sum\_q\_time = 0

sum\_stay\_time = 0

for i in range(serv\_demands):

sum\_q\_time += t2[i][3]

sum\_stay\_time += (t2[i][6] - t2[i][1])

q\_time\_mean = sum\_q\_time / serv\_demands

print(f"q\_time\_mean: {round(q\_time\_mean, 5)}")

stay\_time\_mean = sum\_stay\_time / serv\_demands

print(f"stay\_time\_mean: {round(stay\_time\_mean, 5)}")

print(f"downtime: {round(t3[0][3] / t1[-1][1], 5)}")