

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 11.10.2023 16:42:04  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:  
Руководитель ООП:  
А.В. Язенин  
2023г.



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

## ТЕОРИЯ И ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Направление подготовки

01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль)

Системный анализ

Для студентов 2 курса

Составитель: к.ф.-м.н. Лесик А.И.

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

Цели изучения данной дисциплины:

- выработка понимания экономики как управляемой сложной системы,
- освоение студентами основ теории массового обслуживания.

Задачами освоения дисциплины являются:

- освоение студентами теоретических знаний по теории массового обслуживания для исследования экономических систем;
- овладение методом анализа сложных экономических систем;
- приобретение студентами практических навыков по исследованию функционирования экономических систем методами теории массового обслуживания.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина относится к Блоку 1, части, формируемой участниками образовательных отношений, раздела «Профессиональный».

Для освоения дисциплины требуются знания основ теории вероятностей и математической статистики, теории случайных процессов, умение пользоваться программным обеспечением, навыки программирования, а также навыки решения основных задач, рассматриваемых в этих дисциплинах.

**3. Объем дисциплины:** 4 зачетных единицы, 144 академических часа, в том числе:

**контактная аудиторная работа:** 60 часов, в том числе: лекции 30 часов, практические занятия 30 часов, в т.ч. практическая подготовка 4 часа;

**контактная внеаудиторная работа:** контроль самостоятельной работы - 0, в том числе курсовая работа – 0;

**самостоятельная работа:** 84 часа, в том числе контроль 36.

### **4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1	ПК-1.1 Проводит анализ состояния разработок по теме

Способность проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты в области профессиональной деятельности	исследуемой задачи и выделяет актуальные проблемы ПК-1.2 Осуществляет формальную постановку исследуемой задачи ПК-1.3 Обосновывает выбор, совершенствует или разрабатывает новый метод решения задачи ПК-1.4 Проводит аттестацию результатов научных исследований
ПК-2 Способен представить и провести защиту результатов научных исследований	ПК-2.1 Составляет обзор состояния разработок по методам решения исследуемой задачи ПК-2.2 Разрабатывает развернутый аналитический отчет по результатам научных исследований ПК-2.3 Обобщает результаты исследований и представляет их в форме научного доклада и научной статьи

**5. Форма промежуточной аттестации:** экзамен (3 семестр).

**6. Язык преподавания** русский.

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**1. Для студентов очной формы обучения**

Наименование разделов и тем	Всего (час)	Контактная работа (час)				Самостоятельная работа (час)
		Лекции		Практические занятия		
		всего	т.ч. практическая подготовка	всего	т.ч. практическая подготовка	
Пуассоновские потоки требований	16	4	0	4	0	8
Различные потоки требований	22	6	0	6	0	10

Процессы гибели и рождения	24	2	0	4	0	18
Системы массового обслуживания	37	12	0	8	0	17
Экономические критерии	16	2	0	4	0	10
Анализ эффективности функционирования СМО	29	4	0	4	4	21
ИТОГО	144	30	0	30	4	84

### III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем (в строгом соответствии с разделом II РПД)	Вид занятия	Образовательные технологии
Пуассоновские потоки требований	Лекции, практические занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Различные потоки требований	Лекции, практические занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Процессы гибели и рождения	Лекции, практические занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Системы массового обслуживания	Лекции, практические занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Экономические критерии	Лекции, практические занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Анализ эффективности функционирования СМО	Лекции, практические занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач

Преподавание учебной дисциплины строится на сочетании лекций, практических занятий и различных форм самостоятельной работы студентов. В процессе освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии, способы и методы формирования компетенций: традиционные лекции, практические занятия в диалоговом режиме, выполнение индивидуальных заданий в рамках самостоятельной работы.

Дисциплина предусматривает выполнение контрольных работ, письменных домашних заданий.

#### **IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

Для проведения текущей и промежуточной аттестации:

ПК-1 Способность проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты в области профессиональной деятельности

ПК-1.1 Проводит анализ состояния разработок по теме исследуемой задачи и выделяет актуальные проблемы

Вопросы:

1. Свойства потоков требований: стационарность, ординарность, отсутствие последствия
2. Пуассоновские потоки требований.
3. Вероятности переходов. Преобразования пуассоновских потоков требований.
4. Простейшие потоки с возможной нестационарностью.
5. Простейшие потоки с возможной неординарностью.
6. Простейшие потоки с возможным последствием.
7. Регулярные потоки.
8. Потоки Эрланга.

Способ проведения – письменный.

Критерии оценивания:

Дан правильный развернутый ответ – 2 балла;

Ответ содержит неточности – 1 балл.

ПК-1.2 Осуществляет формальную постановку исследуемой задачи

Задачи:

1. По шоссе в одном направлении движутся два пуассоновских потока машин с интенсивностями 1,5 и 2,5 машины в минуту. Найти вероятность того, что за 4 минуты пройдет не более 7 машин.
2. По шоссе в одном направлении движется пуассоновский поток машин с интенсивностью 2,5 машины в минуту. Пост милиции, находящийся на развилке, для разгрузки ремонтируемого участка дороги, каждую машину

с вероятностью  $2/3$  направляет в объезд по боковой дороге. Какова вероятность прохождения хотя бы одной машины в течение минуты мимо наблюдателя, стоящего:

- на основной дороге,
- на боковой дороге?

Способ проведения – письменный.

Критерии оценивания:

Задача решена полностью - 6 баллов;

Задача содержит неточности и незначительные ошибки - 4 балла;

Решение содержит грубые ошибки - 2 балла.

ПК-1.3 Обосновывает выбор, совершенствует или разрабатывает новый метод решения задачи

Задания:

1. Специализированный пост диагностики представляет собой одноканальную СМО. Число стоянок для автомобилей, ожидающих проведения диагностики, ограничено и равно 3. Если все стоянки заняты, то очередной автомобиль, пришедший на диагностику, в очередь на обслуживание не становится. Поток прибывающих автомобилей – пуассоновский и имеет интенсивность  $\lambda = 0.85$  автомобиля в час. Время диагностики распределено по показательному закону и в среднем составляет 1.05 час. Провести сравнительный анализ работы СМО при  $S=3$  и  $S=4$ .
2. Рассматривается служба заказа такси по телефону. Заказы принимают несколько сотрудников. Если они все заняты, клиент получает отказ и обращается в конкурирующую организацию. Среднее время оформления одного заказа составляет 2.5 минуты, среднее число обращений в службу заказов 60 ч<sup>-1</sup>. Провести сравнительный анализ, когда заказы принимают 3 или 4 сотрудника.

Способ проведения – письменный.

Критерии оценивания:

Задача решена полностью - 6 баллов;

Задача содержит неточности и незначительные ошибки - 4 балла;

Решение содержит грубые ошибки - 2 балла.

ПК-1.4 Проводит аттестацию результатов научных исследований

Подготовка отчета о выполненном задании в форме презентации.

## ПК-2

Способен представить и провести защиту результатов научных исследований

ПК-2.1 Составляет обзор состояния разработок по методам решения исследуемой задачи

Вопросы:

1. Процессы гибели и рождения. Вероятностные характеристики.
2. СМО, их структура.
3. СМО с ожиданием, основные вероятностные характеристики.
4. СМО с отказами, основные вероятностные характеристики.
5. СМО с ограниченным накопителем, вероятностные характеристики.
6. СМО с ограниченным временем ожидания, вероятностные характеристики.
7. Замкнутые СМО. Стохастические сети.
8. Экономические критерии.
9. Анализ эффективности функционирования экономических систем, постановка оптимизационной задачи.
10. Выбор оптимальной дисциплины очереди. Обслуживание с приоритетом. Виды приоритетов.

Способ проведения – письменный.

Критерии оценивания:

Дан правильный развернутый ответ – 2 балла;

Ответ содержит неточности – 1 балл.

ПК-2.2 Разрабатывает развернутый аналитический отчет по результатам научных исследований

Задания:

1. Интернет-провайдер в небольшом городе имеет 5 выделенных каналов обслуживания. В среднем на обслуживание одного клиента уходит 25 минут. В систему в среднем поступает 6 заказов в час. Если свободных каналов нет, следует отказ. Определить характеристики обслуживания: вероятность отказа, среднее число занятых обслуживанием линий связи, абсолютную и относительную пропускные способности, вероятность обслуживания. Найти число выделенных каналов, при котором относительная пропускная способность системы будет не менее 0,95. Считать, что потоки заявок и обслуживаний простейшие.
2. Пусть  $n$ -канальная СМО представляет собой вычислительный центр (ВЦ) с тремя ( $n=3$ ) взаимозаменяемыми ЭВМ для решения

поступающих задач. Поток задач, поступающих на ВЦ, имеет интенсивность  $\lambda = 1$  задаче в час. Средняя продолжительность обслуживания  $\bar{t}_{обс} = 1,8$  час. Поток заявок на решение задач и поток обслуживания этих заявок являются простейшими.

Требуется вычислить финальные значения:

- вероятности состояний ВЦ;
- вероятности отказа в обслуживании заявки;
- относительной пропускной способности ВЦ;
- абсолютной пропускной способности ВЦ;
- среднего числа занятых ПЭВМ на ВЦ.

Определите, сколько дополнительно надо приобрести ПЭВМ, чтобы увеличить пропускную способность ВЦ в 2 раза.

3. Механическая мастерская завода с тремя постами (каналами) выполняет ремонт малой механизации. Поток неисправных механизмов, прибывающих в мастерскую, - пуассоновский и имеет интенсивность  $\lambda = 2,5$  механизма в сутки, среднее время ремонта одного механизма распределено по показательному закону и равно  $t_{обс} = 0,5$  суток. Предположим, что другой мастерской на заводе нет, и, значит, очередь механизмов перед мастерской может расти практически неограниченно.

Требуется вычислить следующие предельные значения вероятностных характеристик системы:

1. вероятности состояний системы;
2. среднее число заявок в очереди на обслуживание;
3. среднее число находящихся в системе заявок;
4. среднюю продолжительность пребывания заявки в очереди;
5. среднюю продолжительность пребывания заявки в системе.

4. Автозаправочная станция (АЗС) с двумя колонками ( $n = 2$ ) предназначена для обслуживания машин. Поток машин, прибывающих на АЗС, имеет интенсивность  $\lambda = 2$  (машины в минуту); среднее время обслуживания одной машины 2 мин.

Площадка у АЗС может вместить очередь не более  $m = 3$  (машин). Машина, прибывшая в момент, когда все три места в очереди заняты, покидает АЗС (получает отказ). Найти характеристики СМО:

- вероятность отказа;
- относительную и абсолютную пропускную способности;
- среднее число занятых колонок;
- среднее число машин в очереди;
- среднее время ожидания и пребывания машины на АЗС.

5. Пусть одноканальная СМО с отказами представляет собой один пост ежедневного обслуживания (ЕО) для мойки автомобилей. Заявка - автомобиль, прибывший в момент, когда пост занят, - получает отказ в

обслуживании. Интенсивность потока автомобилей  $\lambda = 1,0$  (автомобиль в час). Средняя продолжительность обслуживания  $t_{об} = 1,8$  часа. Поток автомобилей и поток обслуживаний являются простейшими. Требуется определить в установившемся режиме предельные значения: относительной пропускной способности  $q$ ; абсолютной пропускной способности  $A$ ; вероятности отказа  $P_{отк}$ . Сравните фактическую пропускную способность СМО с номинальной, которая была бы, если бы каждый автомобиль обслуживался точно 1,8 часа и автомобили следовали один за другим без перерыва.

6. На железнодорожную сортировочную горку прибывают составы с интенсивностью  $\lambda = 2$  (состава в час). Среднее время, в течение которого горка обрабатывает состав, равно 0,4 часа. Составы, прибывшие в момент, когда горка занята, становятся в очередь и ожидают в парке прибытия, где имеются три запасных пути, на каждом из которых может ожидать один состав. Состав, прибывший в момент, в очередь на внешний путь. Все потоки событий – простейшие. Найти:
- среднее число составов, ожидающих очереди (как в парке прибытия, так и вне его);
  - среднее время ожидания состава в парке прибытия и на внешних путях;
  - среднее время нахождения состава на сортировочной станции (включая ожидание и обслуживание);
- вероятность того, что прибывший состав займет место на внешних путях.

Способ проведения – письменный.

Критерии оценивания:

Задача решена полностью - 10 баллов;

Задача содержит неточности и незначительные ошибки - 8 балла;

Решение содержит грубые ошибки - 2 балла.

ПК-2.3. Обобщает результаты исследований и представляет их в форме научного доклада и научной статьи

Результаты исследования должны быть представлены в электронном виде и содержать следующие разделы: цель и задачи исследования, научная новизна, формализованная постановка задачи, обзор методов решения, решение задачи, анализ результатов и формулирование выводов.

## V. . Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 1) Рекомендуемая литература

#### а) Основная литература:

1. Федосеев, В. В. Математическое моделирование в экономике и социологии труда: методы, модели, задачи : учебное пособие / В. В. Федосеев. - М. : Юнити-Дана, 2015. - 167 с. : табл., граф., схемы - Библиогр. в кн. - ISBN 5-238-01114-8 ; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=114723>
2. Голубева, Н.В. Математическое моделирование систем и процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 192 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/76825>
3. Экономико-математические методы и прикладные модели : учебное пособие / В.В. Федосеев, А.Н. Тармаш, И.В. Орлова, В.А. Половников ; под ред. В.В. Федосеева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Юнити-Дана, 2015. - 302 с. - Библиогр. в кн. - ISBN 5-238-00819-8 ; [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=114535>

б) Дополнительная литература:

1. Самусевич, Г.А. Основы теории массового обслуживания : практикум / Г.А. Самусевич ; науч. ред. Д.В. Астрецов. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - 45 с. : ил., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-321-02374-7 ; [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=276464>
2. Данилов, Н.Н. Математическое моделирование : учебное пособие / Н.Н. Данилов. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2014. - 98 с. - ISBN 978-5-8353-1633-5 ; [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278827>
3. Кацман, Ю. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы : учебник / Ю. Кацман. - Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2013. - 131 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-4387-0173-6 ; [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442107>
4. Колемаев, В.А. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник / В.А. Колемаев, В.Н. Калинина. - М. : Юнити-Дана, 2015. - 352 с. : табл. - ISBN 5-238-00560-1 ; [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436721>

2) Программное обеспечение

а) Лицензионное программное обеспечение

<p><b>Компьютерный класс факультета прикладной математики и кибернетики № 4б</b>  <b>(170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)</b></p>
---

Adobe Acrobat Reader DC - Russian	бесплатно
Apache Tomcat 8.0.27	бесплатно
Cadence SPB/OrCAD 16.6	Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009
GlassFish Server Open Source Edition 4.1.1	бесплатно
Google Chrome	бесплатно
Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit)	бесплатно
JetBrains PyCharm Community Edition 4.5.3	бесплатно
JetBrains PyCharm Edu 3.0	бесплатно
Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows	Акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022
Lazarus 1.4.0	бесплатно
Mathcad 15 M010	Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011
MATLAB R2012b	Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012
Многофункциональный редактор ONLYOFFICE бесплатное ПО	бесплатно
ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО	бесплатно
МиKTeX 2.9	бесплатно
MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK	бесплатно
NetBeans IDE 8.0.2	бесплатно
NetBeans IDE 8.2	бесплатно
Notepad++	бесплатно
Oracle VM VirtualBox 5.0.2	бесплатно
Origin 8.1 Sr2	договор №13918/M41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»
Python 3.1 pygame-1.9.1	бесплатно
Python 3.4 numpy-1.9.2	бесплатно
Python 3.4.3	бесплатно
Python 3.5.1 (Anaconda3 2.5.0 64-bit)	бесплатно
WCF RIA Services V1.0 SP2	бесплатно
WinDjView 2.1	бесплатно
R Studio	бесплатно
Anaconda3 2019.07 (Python 3.7.3 64-bit)	бесплатно

<b>Компьютерный класс факультета прикладной математики и кибернетики № 251 (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)</b>	
Adobe Acrobat Reader DC - Russian	бесплатно
Cadence SPB/OrCAD 16.6	Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009
Google Chrome	бесплатно
Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit)	бесплатно
Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows	Акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022
Lazarus 1.4.0	бесплатно
Mathcad 15 M010	Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011
MATLAB R2012b	Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012
Многофункциональный редактор ONLYOFFICE бесплатное ПО	бесплатно
ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО	бесплатно
МиKTeX 2.9	бесплатно
MPICH2 64-bit	бесплатно
MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK	бесплатно
NetBeans IDE 8.0.2	бесплатно
Notepad++	бесплатно
OpenOffice	бесплатно
Origin 8.1 Sr2	договор №13918/M41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»
Python 3.4.3	бесплатно
Python 3.5.1 (Anaconda3 2.5.0 64-bit)	бесплатно
WCF RIA Services V1.0 SP2	бесплатно
WinDjView 2.1	бесплатно
R studio	бесплатно

б) Свободно распространяемое программное обеспечение

### **3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;
3. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>.

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины Интернет-университет <http://www.intuit.ru>

## **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

«Теория и прикладные задачи СМО» - конспект лекций (электронный ресурс).

В итоге проводятся 2 контрольных мероприятия, распределение баллов между которыми составляет 60/40. Контрольные работы проводятся в письменной форме.

### **Вопросы для подготовки к экзамену**

1. Свойства потоков требований: стационарность, ординарность, отсутствие последствия
2. Пуассоновские потоки требований.
3. Вероятности переходов. Преобразования пуассоновских потоков требований.
4. Простейшие потоки с возможной нестационарностью.
5. Простейшие потоки с возможной неординарностью.
6. Простейшие потоки с возможным последствием.
7. Регулярные потоки.
8. Потоки Эрланга.
9. Процессы гибели и рождения. Вероятностные характеристики.
10. СМО, их структура.
11. СМО с ожиданием, основные вероятностные характеристики.
12. СМО с отказами, основные вероятностные характеристики.
13. СМО с ограниченным накопителем, вероятностные характеристики.
14. СМО с ограниченным временем ожидания, вероятностные характеристики.
15. Замкнутые СМО. Стохастические сети.
16. Экономические критерии.
17. Анализ эффективности функционирования экономических систем, постановка оптимизационной задачи.
18. Выбор оптимальной дисциплины очереди. Обслуживание с приоритетом. Виды приоритетов.

### **Примерные задачи для экзамена**

1. В отделе контроля работают три контролера. Если деталь поступает в отдел, когда все контролеры заняты обслуживанием ранее поступивших деталей, то она проходит непроверенной. Среднее число

деталей, поступающих в отдел в течение часа, равно 24, среднее время, которое затрачивает один контролер на обслуживание одной детали, равно 5 мин. Определить вероятность того, что деталь пройдет отдел контроля необслуженной, насколько загружены контролеры и сколько их необходимо поставить, чтобы  $P_{\text{обс}}^* \geq 0,95$ .

2. В порту имеется один причал для разгрузки судов. Интенсивность потока судов равна 0,4 судов в сутки. Среднее время разгрузки одного судна составляет двое суток. Предполагается, что очередь может быть неограниченной длины. Найти показатели эффективности работы причала, а также вероятность того, что ожидают разгрузки не более чем два судна.

### Примерный билет для экзамена

1. Потоки Эрланга.
2. СМО с ограниченным временем ожидания, вероятностные характеристики.

### Задачи для самостоятельной работы

В целях обеспечения самостоятельной работы студентов выдаются самостоятельные индивидуальные задания. Суть задания – построение модели СМО с заданными характеристиками.

Пример задания:

Смоделировать систему массового обслуживания заданной структуры.

$N$  - входной параметр, определяющий время наблюдения за СМО.

В каждый из дискретных моментов времени  $1, 2, \dots, N$  на вход системы подается заявка с вероятностью  $p$  и нет заявки с вероятностью  $1-p$ .

Система состоит из двух обслуживающих блоков.

Время обслуживания одной заявки в блоке 1:

1 с вероятностью  $p_1$

2 с вероятностью  $p_2$

3 с вероятностью  $p_3$

$$p_1 + p_2 + p_3 = 1.$$

Время обслуживания одной заявки в блоке 2:

1 с вероятностью  $q_1$

2 с вероятностью  $q_2$

3 с вероятностью  $q_3$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 1.$$

Сначала заявка подается в блок 1, затем в блок 2. Если в какой-то момент блок занят, то заявки игнорируются.

Входные параметры так же:  $p_1, p_2, p_3, q_1, q_2, q_3, T$ .

Найти:

- число обслуженных заявок;
- среднее время обслуживания одной обслуженной заявки;
- время прохождения через систему всех заявок;
- число обслуженных заявок за некоторое фиксированное время  $T$  ( $[0, T]$ );
- число пришедших на вход системы заявок.

## VII. Материально-техническое обеспечение

Для аудиторной работы.

Учебная аудитория № 7 (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)	Ауд. 7 приспособлена для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации и оснащена комплектом учебном мебели и меловой доской.
--	---

Для самостоятельной работы.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся: Компьютерный класс №3 факультета ПМиК № 243 170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35	Персональные ЭВМ (компьютер (1. Системный блок Norbel в сборе: мат.плата Gigabyte GA-H110M-S2V, Процессор CPU Intel Pentium G4560 Kaby Lake, ОЗУ Crucial DDR4 DIMM 4GB CT4G4DFS8213, твердотельный накопитель Patriot SSD 256Gb Spark PSK256GS25SSDR, Блок питания 350w) (2. Мышь Oklick 185M черный оптическая (800dpi) USB) (3. Клавиатура Oklick 130M черный USB) (4. Коврик BURO BU-M90002 автомобиль для мыши, пластиковый, 230x180x2мм) (5. Монитор LCD BenQ 21.5" GW2270HM) – 12 штук.
---	---

## VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный рабочей дисциплины	раздел программы	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения

