

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 41

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

С.А. Чернышев

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«19» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Моделирование систем с очередями»  
(Наименование дисциплины)

|                                                       |                        |
|-------------------------------------------------------|------------------------|
| Код направления подготовки/<br>специальности          | 09.04.03               |
| Наименование направления<br>подготовки/ специальности | Прикладная информатика |
| Наименование<br>направленности                        | Информационная сфера   |
| Форма обучения                                        | заочная                |
| Год приема                                            | 2025                   |

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Доцент, канд. техн. наук  
(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

К.Б. Гурнов

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 41

«19» февраля 2025 г, протокол №07-2024/25

Заведующий кафедрой № 41

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Г.А. Коржавин

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №4 по методической работе

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

А.А. Фоменкова

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Моделирование систем с очередями» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/ специальности 09.04.03 «Прикладная информатика » направленности «Информационная сфера». Дисциплина реализуется кафедрой «№41».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-4 «способность принимать эффективные проектные решения в условиях неопределенности и риска»

ПК-5 «Способность использовать передовые методы оценки качества, надежности и информационной безопасности информационных систем в процессе эксплуатации прикладных информационных систем»

ПК-12 «способность использовать и развивать методы научных исследований и инструментария в области проектирования и управления информационными системами в прикладных областях»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с современными системами массового обслуживания (СМО).

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

## 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины являются знакомство студентов с теоретическими основами систем массового обслуживания, а практическими навыками их моделирования в ЭВМ. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

| Категория (группа) компетенции | Код и наименование компетенции                                                                                                                                                          | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Профессиональные компетенции   | ПК-4 способность принимать эффективные проектные решения в условиях неопределенности и риска                                                                                            | ПК-4.3.1 знать критерии оценки и показатели эффективности проектных решений с учетом условий неопределенности и риска<br>ПК-4.У.1 уметь проводить анализ технико-экономической эффективности информационной системы, оценивать проектные затраты в условиях неопределенности и риска                                                                                                                                     |
| Профессиональные компетенции   | ПК-5 Способность использовать передовые методы оценки качества, надежности и информационной безопасности информационных систем в процессе эксплуатации прикладных информационных систем | ПК-5.3.1 знать основные методы определения надежности и информационной безопасности информационных систем при их эксплуатации в условиях неопределенности и необходимости управления рисками                                                                                                                                                                                                                             |
| Профессиональные компетенции   | ПК-12 способность использовать и развивать методы научных исследований и инструментария в области проектирования и управления информационными системами в прикладных областях           | ПК-12.У.1 уметь формулировать цели и задачинаучных исследований, выбирать методы исследованиянаучныхзадач,проводить анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований, оформлять научные публикации<br>ПК-12.В.1 владеть навыками работы с мировыми информационными ресурсами, навыками построения математических моделей информационных процессов и систем, навыками планирования научного эксперимента |

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- НИР,

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при подготовке магистерской диссертации.

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

| Вид учебной работы                                                                          | Всего  | Трудоемкость по семестрам |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------|
|                                                                                             |        | №4                        |
| 1                                                                                           | 2      | 3                         |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>                                             | 3/ 108 | 3/ 108                    |
| <b>Из них часов практической подготовки</b>                                                 | 12     | 12                        |
| <b>Аудиторные занятия, всего час.</b>                                                       | 12     | 12                        |
| в том числе:                                                                                |        |                           |
| лекции (Л), (час)                                                                           |        |                           |
| практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)                                                | 6      | 6                         |
| лабораторные работы (ЛР), (час)                                                             | 6      | 6                         |
| курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)                                                    |        |                           |
| экзамен, (час)                                                                              |        |                           |
| <b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>                                                  | 96     | 96                        |
| <b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**) | Зачет  | Зачет                     |

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

## 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

| Разделы, темы дисциплины                                               | Лекции (час) | ПЗ (СЗ) (час) | ЛР (час) | КП (час) | СРС (час) |
|------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|----------|----------|-----------|
| Семестр 4                                                              |              |               |          |          |           |
| Раздел 1. Введение в модели систем массового обслуживания              |              | 1             | 1        |          | 24        |
| Раздел 2. Моделирование по событиям                                    |              | 1             | 1        |          | 18        |
| Раздел 3. Генерация случайных величин с заданным законом распределения |              | 1             | 1        |          | 18        |
| Раздел 4. Оптимизация сетей массового обслуживания                     |              | 1             | 1        |          | 18        |

|                                                                  |   |   |   |   |    |
|------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|----|
| Раздел 5. Дополнительные разделы имитационного моделирования СМО |   | 2 | 2 |   | 18 |
| Итого в семестре:                                                |   | 6 | 6 |   | 96 |
| Итого                                                            | 0 | 6 | 6 | 0 | 96 |

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

#### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

| Номер раздела | Название и содержание разделов и тем лекционных занятий |
|---------------|---------------------------------------------------------|
|               | <b>Учебным планом не предусмотрено</b>                  |

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

| № п/п     | Темы практических занятий                              | Формы практических занятий                | Трудоемкость, (час) | Из них практической подготовки, (час) | № раздела дисциплины |
|-----------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Семестр 4 |                                                        |                                           |                     |                                       |                      |
| 1         | Вычисление определенных интегралов методом Монте-Карло | Занятия по моделированию реальных условий | 1                   | 1                                     | 1                    |
| 2         | Датчики случайных чисел. Построение гистограмм         | Занятия по моделированию реальных условий | 1                   | 1                                     | 2                    |
| 3         | Моделирование входного потока запросов                 | Занятия по моделированию реальных условий | 2                   | 2                                     | 3                    |
| 4         | Моделирование буфера                                   | Занятия по моделированию реальных условий | 2                   | 2                                     | 4                    |
| Всего     |                                                        |                                           | 6                   |                                       |                      |

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

| № п/п     | Наименование лабораторных работ  | Трудоемкость, (час) | Из них практической подготовки, (час) | № раздела дисциплины |
|-----------|----------------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Семестр 4 |                                  |                     |                                       |                      |
| 1         | Моделирование элементарной СМО с | 1                   | 1                                     | 1                    |

|       |                                                   |   |   |   |
|-------|---------------------------------------------------|---|---|---|
|       | бесконечным буфером                               |   |   |   |
| 2     | Моделирование элементарной СМО с конечным буфером | 1 | 1 | 2 |
| 3     | Моделирование сети СМО                            | 2 | 2 | 3 |
| 4     | Анализ эффективности схем организации буфера      | 2 | 2 | 4 |
| Всего |                                                   | 6 |   |   |

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы  
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся  
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

| Вид самостоятельной работы                        | Всего, час | Семестр 4, час |
|---------------------------------------------------|------------|----------------|
| 1                                                 | 2          | 3              |
| Изучение теоретического материала дисциплины (ТО) | 50         | 50             |
| Курсовое проектирование (КП, КР)                  |            |                |
| Расчетно-графические задания (РГЗ)                |            |                |
| Выполнение реферата (Р)                           |            |                |
| Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ) | 12         | 12             |
| Домашнее задание (ДЗ)                             |            |                |
| Контрольные работы заочников (КРЗ)                | 26         | 26             |
| Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)        | 8          | 8              |
| Всего:                                            | 96         | 96             |

5. Перечень учебно-методического обеспечения  
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)  
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий  
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.  
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

| Шифр/<br>URL адрес      | Библиографическая ссылка                                                                                                                                                                                                                                                         | Количество экземпляров в библиотеке<br>(кроме электронных экземпляров) |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>519.6/8<br/>Г 68</b> | Исследование операций и методы оптимизации : учебник / В. А. Горелик. - М. : Академия, 2015. - 272 с. : рис. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат. Педагогическое образование). - Библиогр.: с. 269 (12 назв.) . - Предм. указ.: с. 270. - ISBN 978-5-7695-9660-5 | 5                                                                      |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <b>519.6/8<br/>С 59</b> | Прикладные модели оптимизации : учебное пособие / Б. В. Соколов, М. В. Фаттахова ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Санкт-Петербург : ГУАП, 2021. - 124 с. : рис. - Библиогр.: с. 120 - 121 (23 назв.). - <b>ISBN</b> 978-5-8088-1568-1 : Б. ц. - Текст : непосредственный. | 5 |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

## 7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

| URL адрес                                                                                 | Наименование                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <a href="http://www.exponenta.ru/">http://www.exponenta.ru/</a>                           | Образовательный математический сайт Exponenta.ru |
| <a href="http://kufas.ru/">http://kufas.ru/</a>                                           | Основы программирования                          |
| <a href="http://www.mathworks.com/help/matlab/">http://www.mathworks.com/help/matlab/</a> | Справка MATLAB                                   |

## 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

| № п/п | Наименование     |
|-------|------------------|
|       | Не предусмотрено |

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

| № п/п | Наименование     |
|-------|------------------|
|       | Не предусмотрено |

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

| № п/п | Наименование составной части материально-технической базы | Номер аудитории (при необходимости) |
|-------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1     | Компьютерный класс                                        |                                     |

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

| Вид промежуточной аттестации | Перечень оценочных средств |
|------------------------------|----------------------------|
| Зачет                        | Список вопросов;           |

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

| Оценка компетенции<br>5-балльная шкала | Характеристика сформированных компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «отлично»<br>«зачтено»                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul> |
| «хорошо»<br>«зачтено»                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>                                                                    |
| «удовлетворительно»<br>«зачтено»       | <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>                 |
| «неудовлетворительно»<br>«не зачтено»  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>                                                                                                                           |

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

| № п/п | Перечень вопросов (задач) для экзамена | Код |
|-------|----------------------------------------|-----|
|-------|----------------------------------------|-----|

|  |                                 |            |
|--|---------------------------------|------------|
|  |                                 | индикатора |
|  | Учебным планом не предусмотрено |            |

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.  
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

| № п/п | Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета                                  | Код индикатора |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1     | Теория массового обслуживания моделирование. Области применения.                     | ПК-4.3.1       |
| 2     | Объекты социальной сферы как системы массового обслуживания.                         | ПК-4.3.1       |
| 3     | Генерация случайных величин: метод суперпозиции. Примеры применения.                 | ПК-4.3.1       |
| 4     | Формирование чисел с нормальным законом распределения: метод, основанный на ЦПТ.     | ПК-4.3.1       |
| 5     | Классификация входных потоков заявок. Примеры.                                       | ПК-4.3.1       |
| 6     | Характеристики входных потоков заявок.                                               | ПК-4.3.1       |
| 7     | Бернуллиевский поток заявок. Примеры.                                                | ПК-4.3.1       |
| 8     | Пуассоновский поток заявок. Примеры.                                                 | ПК-4.3.1       |
| 9     | Эрланговский поток заявок. Примеры.                                                  | ПК-4.3.1       |
| 10    | Формирование чисел с нормальным законом распределения: преобразование Бокса-Мюллера. | ПК-4.У.1       |
| 11    | Датчики псевдослучайных равномерно распределенных величин.                           | ПК-4.У.1       |
| 12    | Оценка необходимого объема моделирования: метод доверительных интервалов.            | ПК-5.3.1       |
| 13    | Оценка необходимого объема моделирования: метод удвоения.                            | ПК-5.3.1       |
| 14    | Оценка необходимого объема моделирования: анализ циклов регенерации.                 | ПК-5.3.1       |
| 15    | Нелинейное преобразование случайной величины. Примеры.                               | ПК-5.3.1       |
| 16    | Генерация случайных величин: метод обратного преобразования. Примеры применения.     | ПК-5.3.1       |
| 17    | Теорема Литтла.                                                                      | ПК-5.3.1       |
| 18    | Элементарная система массового обслуживания.                                         | ПК-5.3.1       |
| 19    | Эрланговский поток заявок. Примеры.                                                  | ПК-12.У.1      |
| 20    | Оценка плотности вероятности случайной величины методом гистограмм.                  | ПК-12.В.1      |

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

| № п/п | Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------|
|       | Учебным планом не предусмотрено                                                |

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

| № п/п | Примерный перечень вопросов для тестов                                               | Код индикатора |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1     | Теория массового обслуживания моделирование. Области применения.                     | ПК-4.3.1       |
| 2     | Объекты социальной сферы как системы массового обслуживания.                         | ПК-4.3.1       |
| 3     | Генерация случайных величин: метод суперпозиции. Примеры применения.                 | ПК-4.3.1       |
| 4     | Формирование чисел с нормальным законом распределения: метод, основанный на ЦПТ.     | ПК-4.3.1       |
| 5     | Классификация входных потоков заявок. Примеры.                                       | ПК-4.3.1       |
| 6     | Характеристики входных потоков заявок.                                               | ПК-4.3.1       |
| 7     | Бернуллиевский поток заявок. Примеры.                                                | ПК-4.3.1       |
| 8     | Пуассоновский поток заявок. Примеры.                                                 | ПК-4.3.1       |
| 9     | Эрланговский поток заявок. Примеры.                                                  | ПК-4.3.1       |
| 10    | Формирование чисел с нормальным законом распределения: преобразование Бокса-Мюллера. | ПК-4.У.1       |
| 11    | Датчики псевдослучайных равномерно распределенных величин.                           | ПК-4.У.1       |
| 12    | Оценка необходимого объема моделирования: метод доверительных интервалов.            | ПК-5.3.1       |
| 13    | Оценка необходимого объема моделирования: метод удвоения.                            | ПК-5.3.1       |
| 14    | Оценка необходимого объема моделирования: анализ циклов регенерации.                 | ПК-5.3.1       |
| 15    | Нелинейное преобразование случайной величины. Примеры.                               | ПК-5.3.1       |
| 16    | Генерация случайных величин: метод обратного преобразования. Примеры применения.     | ПК-5.3.1       |
| 17    | Теорема Литтла.                                                                      | ПК-5.3.1       |
| 18    | Элементарная система массового обслуживания.                                         | ПК-5.3.1       |
| 19    | Эрланговский поток заявок. Примеры.                                                  | ПК-12.У.1      |
| 20    | Оценка плотности вероятности случайной величины методом гистограмм.                  | ПК-12.В.1      |

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

| № п/п | Перечень контрольных работ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Загрузка ЭСМО с пуассоновским входным потоком заявок равна 0.5. Чему должен быть равен коэффициент вариации потока обслуживания, чтобы среднее число заявок в системе не превышало 5-ти.                                                                                                                                                            |
| 2     | Даны две ЭСМО. Поток обслуживания первой – эрланговский, второго порядка с интенсивностью, равной 4. Поток обслуживания второй – эрланговский, третьего порядка с интенсивностью, так же равной 4. Сравните производительности и среднее время пребывания запроса в обеих системах, если входной поток – пуассоновский, с интенсивностью, равной 2. |
| 3     | Интервал между входными заявками первой ЭСМО – равномерно распределенная случайная величина в диапазоне [2,3]. Интервал между входными заявками второй ЭСМО – равномерно распределенная случайная величина в диапазоне [1,4]. Сравните производительности этих ЭСМО, если                                                                           |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | интенсивности потоков обслуживания у них одинаковы.                                                                                                                                                                                                                        |
| 4  | В ЭСМО поток заявок - пуассоновский с интенсивностью, равной единице. Время обслуживания – случайная величина с равномерным законом распределения в диапазоне от 0.5 до 1. Способна ли данная СМО справиться с данным потоком заявок? Почему?                              |
| 5  | В ЭСМО поток обслуживания – эрланговский третьего порядка с интенсивностью, равной 5-ти. Найдите среднее время пребывания запроса в системе, если входной поток – пуассоновский с интенсивностью, равной 4-м.                                                              |
| 6  | Среднее время пребывания заявки в ЭСМО равно 0,875. Интенсивность входного пуассоновского потока заявок равна 1, интенсивность эрланговского потока обслуживания равна 2. Эрланговским потоком какого порядка является поток обслуживания?                                 |
| 7  | В ЭСМО с пуассоновским потоком заявок и экспоненциальным потоком Обслуживания среднее число заявок в очереди равно 5. Найдите среднее число заявок в системе.                                                                                                              |
| 8  | В ЭСМО с пуассоновским потоком заявок и экспоненциальным потоком обслуживания среднее число сообщений в очереди равно 3-ем. Найдите отношение интенсивности потока заявок к интенсивности потока обслуживания.                                                             |
| 9  | В ЭСМО поток заявок - пуассоновский с интенсивностью, равной единице. Поток обслуживания – экспоненциальный. Найдите интенсивность потока обслуживания, необходимую и достаточную для того, чтобы среднее время пребывания запроса в системе не превышало 0.5.             |
| 10 | В ЭСМО поток заявок - пуассоновский с интенсивностью, равной двум. Поток обслуживания – равномерный в интервале от 0.1 до 0.5. Найдите производительность данной СМО.                                                                                                      |
| 11 | Дан пуассоновский поток с интенсивностью, равной двум. Найти вероятность того, что интервал между событиями будет находиться в диапазоне от 1-го до 3-х.                                                                                                                   |
| 12 | Поток с равномерным законом распределения интервалов между событиями делится на двенадцать потоков. Какой закон распределения интервалов между событиями будет у получившегося потока? Как изменится коэффициент вариации и интенсивность по отношению к исходному потоку? |
| 13 | Поток с равномерным законом распределения интервалов между событиями делится на два потока. Какой закон распределения интервалов между событиями будет у получившегося потока? Как изменится коэффициент вариации и интенсивность по отношению к исходному потоку?         |
| 14 | На сколько эрланговских потоков надо разделить пуассоновский, чтобы интенсивность уменьшилась в 5 раз? Во сколько раз при этом изменится коэффициент вариации?                                                                                                             |
| 15 | Во сколько раз различаются коэффициенты вариации эрланговского потока второго порядка и эрланговского потока третьего порядка при равенстве интенсивностей? Если интенсивность второго потока в два раза больше интенсивности первого?                                     |
| 16 | Дан нестационарный пуассоновский поток, интенсивность которого меняется в диапазоне от 1 до 4-х. В каком диапазоне при этом изменяется коэффициент вариации?                                                                                                               |
| 17 | В потоках А и Б расстояние между событиями распределено по эрланговскому закону порядка 2 с интенсивностью, равной 1. Найдите интенсивность и коэффициент вариации потока В, полученного путем суммирования потоков А и Б.                                                 |
|    | Дан пуассоновский поток с интенсивностью, равной пяти. Найти вероятность                                                                                                                                                                                                   |

|    |                                                                                                                                                                                       |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | того, что интервал между событиями превысит 3.                                                                                                                                        |
| 18 | Даны два потока. Интервал между событиями первого постоянен и равен 3-ем. Интервал между событиями второго постоянен и равен 2-ум. Сравните их интенсивности и коэффициенты вариации. |
| 19 | Пуассоновский поток с интенсивностью, равной 2, делится на два потока. Вычислите интенсивность и коэффициент вариации каждого из двух получившихся потоков.                           |
| 20 | Дан поток с расстоянием между событиями, равномерно распределенными в интервале от 1 до 5. Вычислите интенсивность и коэффициент вариации данного потока.                             |

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины  
*Целью преподавания дисциплины являются знакомство студентов с теоретическими основами систем массового обслуживания, а практическими навыками их моделирования в ЭВМ.*

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Не предусмотрено учебным планом по данной дисциплине

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

Основной целью для обучающегося является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, разделу, формирование умения работать с дополнительными источниками информации, сопоставлять и сравнивать точки зрения, конспектировать прочитанное, высказывать свою точку зрения и т.п. В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием семинарских занятий являются узловые, наиболее трудные для понимания и усвоения темы, разделы дисциплины. Спецификой данной формы занятий является совместная работа преподавателя и обучающегося над решением поставленной проблемы, а поиск верного ответа строится на основе чередования индивидуальной и коллективной деятельности.

При подготовке к семинарскому занятию по теме прослушанной лекции необходимо ознакомиться с планом его проведения, с литературой и научными публикациями по теме семинара.

Не предусмотрено учебным планом по данной дисциплине

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

#### Требования к проведению практических занятий

Последовательность проведения практического занятия составляют: вводная часть, основная и заключительная. Вводная часть обеспечивает подготовку студентов к выполнению задания на занятии. В нее входят: формулировка темы, цели и задач занятия, обоснование его значимости в профессиональной подготовке студентов; изложение теоретических основ работы; характеристика состава и особенностей заданий работы и объяснение методов (способов, приемов) их выполнения; характеристика требований к результату работы; проверка готовности студентов выполнять задания. Основная часть предполагает самостоятельное выполнение заданий студентами. Она может сопровождаться разъяснениями по ходу работы, устранением трудностей при выполнении работы, текущим контролем и оценкой результатов отдельных студентов, ответами на вопросы студентов. Возможно пробное выполнение задания(ий) под руководством преподавателя. Заключительная часть содержит: подведение общих итогов занятия; оценку результатов работы отдельных студентов; ответы на вопросы студентов; выдачу рекомендаций по устранению пробелов в системе знаний и умений студентов, по улучшению результатов работы; изложение сведений о подготовке к выполнению следующей работы.

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Лабораторная работа №1. Моделирование элементарной СМО с бесконечным буфером.

1. Выбрать вариант задания из таблицы.
2. В соответствии с вариантом составить и отладить моделирующую программу.
3. Провести моделирование для тестового примера. Отладить программу на тестовом примере. Подобрать объем моделирования  $N$  так, чтобы относительная погрешность экспериментальных данных для тестового примера не превосходила 10%;
4. Провести моделирование для получения требуемой экспериментальной зависимости при  $\lambda = 0.1 \mu, 0.2 \mu, \dots, 1 \mu$ . Полученные данные внести в таблицу.

Лабораторная работа №2. Моделирование элементарной СМО с конечным буфером.

1. Выбрать вариант задания из таблицы.
2. В соответствии с вариантом составить и отладить моделирующую программу.
3. Провести моделирование для тестового примера. Отладить программу на тестовом примере. Подобрать объем моделирования  $M$  так, чтобы относительная погрешность экспериментальных данных для тестового примера не превосходила 10%.
4. Провести моделирование для получения требуемой экспериментальной зависимости при  $\lambda = 0.1 \mu, 0.2 \mu, \dots, 1 \mu$ . Полученные данные внести в таблицу.

Лабораторная работа №3. Моделирование сети СМО.

1. Выбрать вариант задания из таблицы.
2. В соответствии с вариантом составить и отладить моделирующую программу.
3. Пользуясь формулами Бёрке, произвести расчет средней задержки в сети.
3. Провести моделирование для тестового примера. Отладить программу на тестовом примере. Подобрать объем моделирования  $M$  так, чтобы относительная погрешность экспериментальных данных для тестового примера не превосходила 10%.
4. Сравнить полученные теоретические и экспериментальные результаты. Объяснить возможные расхождения.

Лабораторная работа №4. Анализ эффективности схем организации буфера.

1. Выбрать вариант задания из таблицы.
2. В соответствии с вариантом составить и отладить моделирующую программу, реализующую три схемы буферизации в системе с несколькими серверами: общая очередь, отдельные очереди со случайным выбором, отдельные очереди с выбором по минимальной заполненности.
3. Для первого и второго случая произвести теоретический расчет средней задержки в сети.
4. Провести моделирование для тестового примера. Отладить программу на тестовом примере. Подобрать объем моделирования  $M$  так, чтобы относительная погрешность экспериментальных данных для тестового примера не превосходила 10%.
5. Сравнить полученные теоретические и экспериментальные результаты. Объяснить возможные расхождения.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Лабораторная работа № 1

1. Цель работы.
2. Формулы и графики законов распределения вероятностей для интервалов между заявками и времени обслуживания заявок.
3. Описание разработанной программы: список использованных переменных, список использованных функций, блок-схема, листинг.
4. Теоретический и экспериментальный графики зависимости среднего времени пребывания заявки в системе от интенсивности входного потока для тестового примера.
5. Данные таблицы и построенный по ним график.
6. Выводы.

Лабораторная работа № 2

1. Цель работы.
2. Формулы и графики законов распределения вероятностей интервалов между заявками и времени обслуживания заявок.
3. Описание разработанной программы: список использованных переменных, список использованных функций, блок-схема, листинг.
4. Теоретический и экспериментальный графики зависимостей производительности СМО и среднего времени задержки запроса от интенсивности входного потока для тестового примера.
5. Экспериментальные графики зависимостей производительности СМО и среднего времени задержки запроса в СМО от интенсивности входного потока для своего варианта.
6. Выводы.

Лабораторная работа № 3

1. Цель работы.
2. Описание разработанной программы: список использованных переменных, список использованных функций, блок-схема, листинг.
3. Теоретический и экспериментальный графики зависимостей средней задержки в сети от интенсивности входного потока для тестового примера.

#### 4. Выводы.

#### Лабораторная работа № 4

##### 1. Цель работы.

2. Описание разработанной программы: список использованных переменных, список использованных функций, блок-схема, листинг.

3. Теоретический и экспериментальный графики зависимостей средней задержки в сети от интенсивности входного потока для трех схем буферизации примера.

##### 4. Выводы.

#### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Лабораторная работа оформляется в соответствии с требованиями по оформлению текстовых документов по ГОСТ 7.32-2017. Безусловным требованием к тексту отчета

является соблюдение правил грамматики и синтаксиса русского языка.

Формулы,

включаемые в текст, рассматриваются как части предложения, на них распространяются

общепринятые знаки препинания. Для набора текста рекомендуется использовать шрифт

Times New Roman, размер – не более 14 пунктов, без выделения и с выравниваем по ширине.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

Курсовой проект/ работа проводится с целью формирования у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач профессиональной деятельности.

Курсовой проект/ работа позволяет обучающемуся:

Не предусмотрено учебным планом по данной дисциплине

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний. Текущий контроль успеваемости проводится в соответствии со стандартом организации ГУАП системы менеджмента качества 3.76 «Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов и аспирантов ГУАП, обучающихся по образовательным программам высшего образования» на основании приказа ГУАП.

Текущий контроль успеваемости осуществляется с учетом своевременности, полноты и качества выполнения заданий, соответствия оформления отчетов нормативным требованиям ГУАП, правильности ответов на контрольные вопросы, а также активности на занятиях.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

*Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП, осваивающих образовательные программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».*

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

| Дата внесения изменений и дополнений.<br>Подпись внесшего изменения | Содержание изменений и дополнений | Дата и № протокола заседания кафедры | Подпись зав. кафедрой |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
|                                                                     |                                   |                                      |                       |
|                                                                     |                                   |                                      |                       |
|                                                                     |                                   |                                      |                       |
|                                                                     |                                   |                                      |                       |
|                                                                     |                                   |                                      |                       |