

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ


ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЛГПУ»)

Институт физико-математического образования,
информационных и обслуживающих технологий

Кафедра фундаментальной математики

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора Института физико-
математического образования,
информационных и обслуживающих
технологий

 Е.А. Журавлева
«25» февраля 2026 г.

Приложение к рабочей программе учебной дисциплины

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации
обучающихся по дисциплине
Математическое моделирование

По направлению подготовки 01.03.01 Математика

Профиль подготовки Математические и цифровые технологии в
образовании

Квалификация выпускника бакалавр

Форма обучения очная

Курс 4 курс

Разработчик

заведующий кафедрой

фундаментальной математики

Темникова С.В.

Заведующий кафедрой фундаментальной
математики

 Темникова С.В.

Протокол

от «17» декабря 2025 г., № 6

Луганск, 2026

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

1.1. Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – неотъемлемая часть рабочей программы дисциплины (модуля) «Математическое моделирование» и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений студентов, освоивших программу дисциплины (модуля).

1.2. Цели и задачи фонда оценочных средств

Цель ФОС – установить соответствие уровня подготовки обучающегося требованиям ФГОС ВО бакалавриат по направлению подготовки 01.03.01 Математика, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 января 2018 г. № 8 (с изменениями и дополнениями).

1.3. Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения основной образовательной программы

Процесс освоения дисциплины направлен на овладение следующими компетенциями:

Код по ФГОС ВО	Индикатор достижения
Профессиональные	
ПК-4 – способен разрабатывать и применять современные технологии на основе фундаментальных математических теорий, концепций и методов	ПК-4.1. Понимает значение фундаментальных математических теорий, концепций и методов для решения прикладных задач, способен использовать их при разработке современных цифровых технологий.
	ПК-4.2. Способен планировать и осуществлять деятельность по разработке и применению современных цифровых технологий на основе отбора и использования перспективных направлений исследований в области фундаментальной и прикладной математики.

1.4. Этапы формирования компетенций и средства оценивания уровня их сформированности

Этапы формирования компетенций	Компетенции	Контрольно-оценочные средства / способ оценивания
Тема 1. Назначение моделирования. Общие положения и определения	ПК-4	• теоретический опрос.
Тема 2. Примеры математических моделей	ПК-4	• теоретический опрос.

Тема 3. Моделирование на графах	ПК-4	<ul style="list-style-type: none"> • контрольная работа; • теоретический опрос; • индивидуальные задания.
Тема 4. Типы СМО	ПК-4	<ul style="list-style-type: none"> • контрольная работа; • теоретический опрос; • индивидуальные задания.
Тема 5. Типы моделей СМО	ПК-4	<ul style="list-style-type: none"> • контрольная работа; • теоретический опрос; • индивидуальные задания.
Тема 6. Метод статистических испытаний. Моделирование случайных событий и случайных величин	ПК-4	<ul style="list-style-type: none"> • контрольная работа; • теоретический опрос; • индивидуальные задания.
Тема 7. Статистическая обработка результатов моделирования. Имитационное моделирование	ПК-4	<ul style="list-style-type: none"> • контрольная работа; • теоретический опрос; • индивидуальные задания.
Тема 8. Формулировка проблемы, смысловая постановка задачи и разработка концептуальной модели и структурной схемы модели при имитационном моделировании.	ПК-4	<ul style="list-style-type: none"> • контрольная работа; • теоретический опрос; • индивидуальные задания.
Промежуточная аттестация	ПК-4	экзамен

1.5. Описание показателей формирования компетенций

Код и наименование компетенции	Показатели достижения компетенций (знать, уметь, владеть)
ПК-4. Способен разрабатывать и применять современные технологии на основе фундаментальных математических теорий, концепций и методов.	<p>Знать: фундаментальные математические теории, концепции и методы; классификацию математических моделей; основные этапы построения математической модели; понятие идентификации параметров модели; понятие адекватности модели; основные методологии моделирования систем различного назначения;</p> <p>Уметь: использовать основные методологии моделирования различных систем; разрабатывать, анализировать и внедрять новые математические модели в современных естествознании, технике, экономике и управлении для решения конкретной прикладной задачи; осуществлять проверку адекватности модели; планировать и оценивать точность результатов моделирования; разрабатывать и применять современные технологии на основе фундаментальных математических теорий, концепций и методов;</p> <p>Владеть навыками: научно-исследовательского анализа и практического использования базовых знаний и методов математического моделирования; практического использования современных цифровых технологий.</p>

1.6. Критерии оценивания компетенций на разных этапах их формирования

Система оценивания учебных достижений студентов очной формы обучения

Вид текущей учебной работы	Количество баллов
1 семестр	
Выполнение индивидуального задания (КСР).	20
Теоретический опрос.	10
Контрольная работа	20
Экзамен (письменный)	50
Итого:	100

Накопительная система оценивания по 100-балльной шкале

Четырехбалльная система оценивания экзамена	100-балльная шкала	Буквенная шкала, соответствующая 100-балльной шкале	Система оценивания зачета
Отлично	90–100	А – отлично – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному	Зачтено
Хорошо	83–89	В – очень хорошо – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному	
Хорошо	75–82	С – хорошо – теоретическое содержание курса освоено полностью; некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками	
Удовлетворительно	63–74	Д – удовлетворительно – теоретическое содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы; большинство	

		предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, содержат ошибки	
Удовлетворительно	50–62	Е – посредственно – теоретическое содержание курса освоено частично; некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному	
Неудовлетворительно	21–49	FX – неудовлетворительно – теоретическое содержание курса освоено частично; необходимые практические навыки работы не сформированы; большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий	Не зачтено
Неудовлетворительно	0–20	F – неудовлетворительно – теоретическое содержание курса не освоено; необходимые практические навыки работы не сформированы; все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий	

1.7. Образец оформления экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2026/2027 учебный год

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ,
ИНФОРМАЦИОННЫХ И ОБСЛУЖИВАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ

экзамен (устный/письменный) по дисциплине
«Математическое моделирование»

Код/название направления подготовки **01.03.01 Математика**
ОФО

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 0

- | | | |
|----|---|--------------|
| 1. | Понятие модели. Классификация моделей. Требования к моделям. | 15
баллов |
| 2. | Типы моделей систем массового обслуживания. | 15
баллов |
| 3. | Моделирование на графах. Найти минимальный путь в сети от узла v_1 до узла v_6 по алгоритму Дейкстры, если задана матрица длин дуг: | 20
баллов |

$$\begin{pmatrix} \infty & 5 & 10 & 13 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 8 & 9 & 13 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 5 & 3 & 6 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 8 & 10 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 9 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix}$$

Утверждено на заседании кафедры фундаментальной математика, протокол
№ ____ от _____ 2026 года.

Заведующий кафедрой
фундаментальной математики

_____ С.В. Темникова

Экзаменатор

_____ С.В. Темникова

2. КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

2.1. Оценочные средства текущего контроля (типовые)

Вопросы к теоретическому опросу

1. Понятие модели. Цели моделирования.
2. Классификация моделей.
3. Требования к моделям.
4. Основные виды моделирования.
5. Принципы построения моделей
6. Этапы моделирования
7. Основные понятия теории графов. Способы задания графов.
8. Маршруты в графе. Взвешенные графы.
9. Понятие сети. Планирование и управление в сетях. Проектирование комплекса работ с помощью сетей.
10. Моделирование на графах. Минимальный путь (случай неотрицательных весов). Алгоритм Дейкстры.
11. Моделирование на графах. Минимальный путь (случай произвольных весов). Алгоритм Беллмана–Мура.
12. Критический путь. Алгоритм Беллмана–Калаба.
13. Основные понятия и предмет теории массового обслуживания.
14. Случайный процесс с конечным множеством состояний.
15. Поток событий. Простой поток и его свойства.
16. Нестационарный пуассоновский поток.
17. Поток Пальма.
18. Поток Эрланга.
19. ММ СМО с отказами. Уравнение Эрланга.
20. ММ СМО с ожиданием.
21. Типы моделей систем массового обслуживания.
22. Формула Литтла.
23. Одноканальные системы массового обслуживания.
24. Многоканальные системы массового обслуживания.
25. Основы дискретно-событийного моделирования систем массового обслуживания.
26. Основные понятия моделирования СМО
27. Пространство состояний СМО. Пример построения модели СМО.
28. Сети СМО. Операционный анализ сетей СМО.
29. Моделирование независимых случайных событий.
30. Моделирование группы несовместных событий.
31. Моделирование условного события.
32. Моделирование дискретной случайной величины.

33. Моделирование дискретной случайной величины с геометрическим распределением.
34. Моделирование дискретной случайной величины с биномиальным распределением.
35. Моделирование дискретной случайной величины с распределением Пуассона.
36. Моделирование непрерывной случайной величины с равномерным распределением.
37. Моделирование непрерывной случайной величины с экспоненциальным законом распределения.
38. Моделирование пуассоновского потока.
39. Моделирование непрерывной случайной величины с нормальным законом распределения.
40. Моделирование распределения и потоков Эрланга.
41. Моделирование случайных процессов.
42. Понятие имитационного моделирования.
43. Методы проектирования имитационных моделей.
44. Формулировка проблемы и смысловая постановка задачи при ИМ.
45. Разработка концептуальной модели (выбор степени детализации описания объекта моделирования; описание переменных модели; формализованное изображение концептуальной модели).
46. Выбор способов реализации имитационной модели.
47. Разработка структурной схемы имитационной модели.
48. Программная реализация имитационной модели.
49. Проверка достоверности и правильности имитационных моделей.
50. Принципы построения языков моделирования.
51. Языки моделирования, ориентированные на события.
52. Языки моделирования, ориентированные на определенные виды деятельности.
53. Языки моделирования, ориентированные на процессы.
54. Организация руководства процессом моделирования.
55. Системы имитационного моделирования.
56. Моделирование в системе GPSS.
57. Интерактивный пакет для моделирования *Simulink*.
58. Проблемы планирования имитационных экспериментов.
59. Оценка точности результатов моделирования.
60. Переходный режим работы модели.
61. Стационарный режим работы модели.
62. Особенности планирования экспериментов.
63. Модели производственных систем.
64. Модели процессов распределения ресурсов.
65. Модели процессов обслуживания требований.
66. Модели процессов управления проектами.

67. Модели компьютерных систем и сетей.

**Задания для проведения контрольной работы и
критерии их оценивания:**

Контрольная работа

Вариант № 0

1. Описать и рассчитать нестационарный поток Пуассона, если $\lambda = at + b$ при начальном моменте времени t_0 и $t = 1$. 6
баллов
Построить графики распределений числа поступлений вызовов и промежутка времени между вызовами, если:
 $a = 4, b = 3, t_0 = 0,3$.
2. Моделирование распределения и потоков Эрланга. 6
баллов
3. Моделирование на графах. Найти минимальный путь в сети от узла v_1 до узла v_6 по алгоритму Дейкстры, если задана матрица длин дуг: 8
баллов

$$\begin{pmatrix} \infty & 11 & \infty & 14 & 15 & \infty \\ \infty & \infty & 13 & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 13 \\ \infty & 7 & 11 & \infty & 9 & \infty \\ \infty & 11 & 10 & \infty & \infty & 14 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix}$$

Критерии оценивания

Задание 1 – 6 баллов.

Задание 2 – 6 баллов.

Задание 3 – 8 баллов.

Максимальная сумма – 20 баллов.

Индивидуальные задания:

1. Моделирование на графах. Найти минимальный путь в сети от узла v_1 до узла v_6 по алгоритму Дейкстры, если задана матрица длин дуг

$$1. \begin{pmatrix} \infty & 5 & 10 & 13 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 8 & 9 & 13 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 5 & 3 & 6 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 8 & 10 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 9 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix},$$

$$2. \begin{pmatrix} \infty & 11 & \infty & 14 & 15 & \infty \\ \infty & \infty & 13 & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 13 \\ \infty & 7 & 11 & \infty & 9 & \infty \\ \infty & 11 & 10 & \infty & \infty & 14 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix},$$

$$3. \begin{pmatrix} \infty & 5 & 8 & 7 & 18 & \infty \\ \infty & \infty & 11 & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 17 \\ \infty & 10 & 12 & \infty & 6 & \infty \\ \infty & 7 & 8 & \infty & \infty & 11 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix},$$

$$4. \begin{pmatrix} \infty & 6 & 8 & 11 & 10 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 9 & 7 & 15 \\ \infty & 8 & \infty & 7 & 4 & 11 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 6 & 7 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 9 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix}$$

$$5. \begin{pmatrix} \infty & 5 & 6 & 9 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 3 & \infty & 14 \\ \infty & 3 & \infty & 3 & 4 & 16 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 4 \\ \infty & \infty & \infty & 3 & \infty & 8 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix},$$

$$6. \begin{pmatrix} \infty & 7 & 9 & \infty & 11 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 6 & \infty & 13 \\ \infty & 6 & \infty & 5 & 6 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 7 \\ \infty & 4 & \infty & 6 & \infty & 8 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix}$$

$$7. \begin{pmatrix} \infty & 7 & 15 & \infty & 14 & \infty \\ \infty & \infty & 7 & 16 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 19 & \infty & 21 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 17 \\ \infty & 13 & 14 & 15 & \infty & 18 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix},$$

$$8. \begin{pmatrix} \infty & 10 & 12 & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 11 & 9 & \infty & 19 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 10 & \infty \\ \infty & \infty & 13 & \infty & 11 & 10 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 6 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix}$$

$$9. \begin{pmatrix} \infty & 7 & 2 & \infty & 13 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 6 & \infty \\ \infty & 2 & \infty & 1 & 3 & 11 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 5 \\ \infty & \infty & \infty & 3 & \infty & 5 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix},$$

$$10. \begin{pmatrix} \infty & 10 & 11 & 6 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 13 & 8 & 11 & 17 \\ \infty & \infty & \infty & 5 & 6 & 15 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 7 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 9 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix}.$$

2. Моделирование на графах. Найти минимальный путь сети от узла v_1 до узла v_7 по алгоритму Беллмана–Мура, если задана матрица длин дуг

$$1. \begin{pmatrix} \infty & 15 & \infty & 12 & 10 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 4 & -6 & 2 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & -4 & 2 & -3 \\ \infty & \infty & 10 & \infty & 7 & \infty & 9 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & -5 & 5 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 6 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix},$$

$$2. \begin{pmatrix} \infty & 15 & \infty & 12 & 10 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 4 & -6 & 2 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & -4 & 2 & -3 \\ \infty & \infty & 10 & \infty & 7 & \infty & 9 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & -5 & 5 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & -3 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix},$$

$$3. \begin{pmatrix} \infty & 2 & \infty & \infty & 4 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 10 & \infty \\ \infty & 2 & \infty & 3 & 6 & \infty & \infty \\ \infty & -7 & \infty & \infty & \infty & \infty & 4 \\ \infty & -4 & \infty & 8 & \infty & \infty & 11 \\ \infty & \infty & \infty & -3 & -5 & \infty & 3 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix},$$

$$4. \begin{pmatrix} \infty & 3 & 8 & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 7 & \infty & 10 & \infty \\ \infty & 4 & \infty & \infty & 7 & 6 & 10 \\ \infty & \infty & -5 & \infty & \infty & \infty & 4 \\ \infty & -9 & \infty & 12 & \infty & 6 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & -5 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix},$$

$$5. \begin{pmatrix} \infty & -3 & 7 & \infty & 8 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 5 & 11 & \infty & 13 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & -5 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 6 & 4 \\ \infty & 7 & 9 & \infty & \infty & -6 & 12 \\ \infty & \infty & 8 & \infty & \infty & \infty & 5 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix},$$

$$6. \begin{pmatrix} \infty & 4 & 7 & 14 & -6 & 11 & \infty \\ \infty & \infty & -3 & 10 & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & -8 & 7 & 10 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 3 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 5 & \infty \\ \infty & 12 & \infty & 5 & \infty & \infty & 6 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix},$$

$$7. \begin{pmatrix} \infty & \infty & 6 & 9 & 5 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 7 & 10 & \infty \\ \infty & 3 & \infty & \infty & \infty & \infty & 12 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & -7 & \infty \\ \infty & \infty & -6 & 8 & \infty & 4 & 8 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 5 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix},$$

$$8. \begin{pmatrix} \infty & \infty & 8 & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & -6 & 10 & 12 \\ \infty & 4 & \infty & -4 & \infty & -7 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 3 \\ \infty & \infty & 7 & 10 & \infty & 6 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 8 & \infty & \infty & 5 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix},$$

$$9. \begin{pmatrix} \infty & 4 & \infty & 15 & 8 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 5 & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 9 & \infty & 7 \\ \infty & \infty & 4 & \infty & 10 & -6 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 7 & 16 \\ \infty & -18 & 7 & \infty & \infty & \infty & 6 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix},$$

$$10. \begin{pmatrix} \infty & 6 & 12 & 16 & 3 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 5 & \infty & \infty & 13 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & -5 & \infty & \infty & 9 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 6 \\ \infty & -7 & \infty & \infty & \infty & 5 & 15 \\ \infty & \infty & 8 & \infty & \infty & \infty & 6 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix},$$

3. Моделирование на графах. Найти критический путь в сети по заданной матрице длин дуг

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

$$9. \begin{pmatrix} \infty & 4 & 15 & 8 & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 5 & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 9 & \infty & 7 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 10 & 6 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 7 & 16 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 6 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix}, \quad 10. \begin{pmatrix} \infty & \infty & 6 & 9 & 5 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 7 & 10 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 12 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 7 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 4 & 8 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 5 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix}.$$

4. На АТС поступает простой поток вызовов с параметром λ . Необходимо:

- 1) Записать и построить закон распределения числа поступлений вызовов за промежуток времени длиной τ ;
- 2) Найти наиболее вероятное число поступлений вызовов и его вероятность;
- 3) Найти вероятность того, что число вызовов, которые поступят за промежуток времени τ , будут находиться в границах $[k_1, k_2]$;
- 4) Записать функцию распределения и плотность распределения вероятностей промежутка времени между двумя вызовами;
- 5) Построить их графики и определить числовые характеристики;
- 6) Найти вероятность того, что длина промежутка времени между двумя вызовами находится в границах $[\alpha_1, \alpha_2]$;
- 7) Описать и рассчитать поток Эрланга порядка $k = 3$.

№ варианта	λ	τ	k_1	k_2	α_1	α_2
1	2,0	1,5	3	9	1,5	2,0
2	2,5	3,0	5	11	0,5	1,5
3	2,0	2,5	4	8	1,0	2,0
4	1,5	3,5	2	6	1,0	3,0
5	3,5	2,0	5	10	1,0	4,0
6	4,5	2,0	6	10	2,0	3,5
7	4,0	2,0	8	13	0,5	2,0
8	5,0	1,5	9	15	1,5	2,0
9	6,5	1,0	10	16	0,5	2,5
10	5,5	2,5	3	8	1,0	3,5

5. Описать и рассчитать нестационарный поток Пуассона, если $\lambda = at + b$ при начальном моменте времени t_0 и $t = 1$. Построить графики распределений числа поступлений вызовов и промежутка времени между вызовами.

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	4	6	4	2	4	2	6	4	6	4
b	3	1	3	1	3	1	1	2	1	3
t_0	0,3	0,3	0,4	0,1	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,05

6. Описать и рассчитать поток Пальма, если

$$\varphi_0(t) = pe^{-\alpha t} + qe^{-\beta t} + re^{-\gamma t}, \text{ де } p + q + r = 1, \alpha \geq 0, \beta \geq 0, \gamma \geq 0.$$

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

p	0,3	0,2	0,3	0,5	0,1	0,2	0,4	0,2	0,6	0,1
q	0,2	0,7	0,5	0,2	0,4	0,4	0,1	0,1	0,2	0,7
r	0,5	0,1	0,2	0,3	0,5	0,4	0,5	0,7	0,2	0,2
α	1	4	2	3	4	3	1	3	1	2
β	3	2	1	2	1	4	3	1	4	4
γ	2	1	3	1	3	1	4	4	3	1

7. На 3-канальную СМО с явными потерями поступает простой поток вызовов с параметром λ . Необходимо:

- 8) Построить закон распределения числа занятых каналов.
- 9) Найти вероятность потери вызовов и среднее число занятых каналов.

Вариант	λ
1	3,0
2	3,5
3	4,5
4	5,0
5	5,5
6	6,0
7	6,5
8	7,0
9	7,5
10	8,0

8. Для 4-канальной СМО с явными потерями

- 1) Записать и построить закон распределения числа занятых каналов, и найти его числовые характеристики.
- 2) Определить числовые характеристики качества обслуживания вызовов в случае, когда на СМО подаётся
 - а) простейший поток вызовов с параметром λ ,
 - б) примитивный поток вызовов с числом источников N с интенсивностью α каждый.

Вариант	λ	N	α
1	3,0	5	2
2	3,5	6	3
3	4,5	4	2
4	5,0	7	4
5	5,5	6	3
6	6,0	8	5
7	6,5	10	5
8	7,0	8	2
9	7,5	5	3
10	8,0	10	4

9. На 4-канальную СМО с ожиданием поступает простейший поток вызовов с параметром λ . Необходимо:

1. Построить закон распределения числа поступивших вызовов.
2. Вычислить вероятность ожидания обслуживания поступивших вызовов.
3. Вычислить вероятность того, что период ожидания обслуживания вызова будет больше допустимого времени $t_{\text{доп}} = 0,4$.
4. Вычислить среднюю длину очереди
5. Вычислить среднее время ожидания.
6. Вычислить вероятность того, что длина очереди s будет больше, чем 5.

Вариант	λ
1	1,25
2	2,9
3	2,17
4	2,43
5	3,63
6	2,78
7	2,9
8	3,01
9	3,08
10	3,15

10. Замкнутая сеть содержит M устройств обслуживания. Среднее время обслуживания каждым устройством Z с. Для узлов сети 1,2,3 вероятность перемещения требований в узел 4 составляет соответственно q_{14} , q_{24} , q_{34} , а коэффициенты посещения этих узлов V_1 , V_2 , V_3 . Узел 4 загружен на $P\%$, среднее время обслуживания узлом 4 требований, которые поступают, равно t мс. Найти:

1) среднее время нахождения требований в системе R ;

2) среднее число требований в сети N .

Вариант	M	Z	q_{14}	q_{24}	q_{34}	V_1	V_2	V_3	P	t
1	25	10	0,31	0,14	0,23	15	20	22	50	15
2	30	10	0,24	0,21	0,32	10	13	16	60	15
3	35	12	0,23	0,21	0,36	12	15	21	70	20
4	40	15	0,26	0,30	0,23	14	15	18	80	20
5	20	10	0,27	0,32	0,24	9	11	17	90	10
6	25	15	0,25	0,19	0,32	11	16	23	50	25
7	30	20	0,18	0,24	0,26	13	18	20	60	20
8	20	15	0,24	0,25	0,31	10	14	19	70	10
9	35	25	0,19	0,25	0,36	12	18	23	80	20
10	40	20	0,26	0,19	0,35	15	21	24	90	25

11. Разомкнутая сеть содержит M устройств обслуживания. Среднее время обслуживания каждым устройством Z с. О сети известны следующие данные:

- среднее время нахождения требований, которые поступают в сеть от 40 устройств обслуживания, равно R^* с;
- среднее время обслуживания любого требования в узле k составляет M мс;
- каждое требование, которое поступает от каждого из M устройств для обслуживания, порождает 10 требований, поступающих в узел k ;
- каждое требование, которое поступает в систему извне, порождает 5 требований, поступающих в узел k ;
- загруженность узла k составляет 90%.

Определить нижнюю границу времени нахождения в сети требований, которые поступают от M устройств обслуживания с интенсивностью входного потока X_0 и от внешнего источника требований с интенсивностью X_k , т.е. определяются пропускной способностью узла k .

Вариант	M	Z	R^*
1	40	10	5
2	45	10	5
3	55	12	7
4	60	15	7

5	40	10	5
6	45	15	8
7	50	20	10
8	50	15	8
9	65	25	15
10	60	20	10

12. Смоделировать m экспериментов по схеме Бернулли: эксперимент состоит из n независимых испытаний, в каждом из которых вероятность появления события A равна p .

№ варианта	m	n	p
1	8	5	0,7
2	9	6	0,6
3	6	4	0,8
4	7	5	0,5
5	9	7	0,65
6	8	6	0,45
7	6	4	0,9
8	8	6	0,55
9	7	5	0,8
10	9	7	0,75

13. Смоделировать m экспериментов, в каждом из которых происходит одно из событий A_1, A_2, A_3, A_4 , которые образуют полную группу: $p_1 = P(A_1)$, $p_2 = P(A_2)$, $p_3 = P(A_3)$, $p_4 = P(A_4)$.

№ варианта	m	p_1	p_2	p_3	p_4
1	8	0,26	0,19	0,35	0,20
2	9	0,19	0,25	0,36	0,20
3	6	0,20	0,24	0,31	0,25
4	7	0,18	0,26	0,32	0,24
5	9	0,19	0,25	0,32	0,24
6	8	0,17	0,27	0,32	0,24
7	6	0,26	0,21	0,30	0,23
8	8	0,23	0,21	0,36	0,20
9	7	0,24	0,21	0,32	0,23
10	9	0,14	0,31	0,32	0,23

14. Смоделировать 4 возможных значения НСВ X , равномерно распределенной на отрезке $[a; b]$.

№ варианта	a	b
1	1	8
2	-2	6
3	-3	9
4	2	7
5	4	10
6	-1	7
7	5	13
8	2	8
9	-3	5
10	-4	6

15. Смоделировать 5 возможных значения НСВ X , распределенной экспоненциально с параметром λ .

№ варианта	λ
1	2,0
2	2,5
3	2,0
4	1,5
5	3,5
6	4,5
7	4,0
8	5,0
9	6,5
10	5,5

16. Смоделировать 4 возможных значения НСВ X , распределенной нормально с параметрами m и σ .

№ варианта	m	σ
1	6	2
2	4	6
3	12	4
4	8	3
5	20	5
6	15	7
7	3	4
8	10	5
9	7	3
10	10	2

17. Используя результаты 100 имитационных прогонов для оценки времени (в мин.) пребывания посетителей в системе:

1) построить интервальный статистический ряд, разбив область реализаций на 8 одинаковых интервалов;

2) вычислить оценки для математического ожидания, дисперсии, среднего квадратического отклонения;

3) построить гистограмму частот.

180+K	188	206	190+K	197	167	198	194	210	176
190	182	160	202	189-K	181+K	200	211-K	188	207-K
176	186	204+K	170	225	190	180	212	200-K	191
174	187	184	200	190	222	210-K	192	183	223-K
197	190+K	178	207	203	174	190	179+K	208	187
173	193	199	211-K	194	207	179	187	171+K	201
177	180	188	198	210+K	190	164	182	200	191
171-K	195	190	166	205	185	217	180	220	191
192	178	208-K	199	155	191-K	180+K	196-K	172+K	187+K
194	192-K	211	190	201	182	220	161	188	215

(K – номер варианта)

18. Используя результаты 100 имитационных прогонов для оценки времени (в мин.) пребывания посетителей в системе:

180+K	188	206	190+K	197	167	198	194	210	176
190	182	160	202	189-K	181+K	200	211-K	188	207-K
176	186	204+K	170	225	190	180	212	200-K	191
174	187	184	200	190	222	210-K	192	183	223-K
197	190+K	178	207	203	174	190	179+K	208	187
173	193	199	211-K	194	207	179	187	171+K	201
177	180	188	198	210+K	190	164	182	200	191
17-K	195	190	166	205	185	217	180	220	191
192	178	208-K	199	155	191-K	180+K	196-K	172+K	187+K
194	192-K	211	190	201	182	220	161	188	215

(K – последняя цифра номера зачетной книжки студента)

- 1) построить интервальный статистический ряд, разбив область реализаций на 8 одинаковых интервалов;
- 2) найти числовые характеристики выборочной совокупности: Mo^* , Me^* , \bar{x} , D , S , σ_B , A_s^* , E_s^* .
- 3) определить гипотетически, какой закон распределения имеет признак X - время (в мин.) пребывания посетителей в системе. При уровне значимости $\alpha = 0,01$ проверить правильность выдвинутой нулевой гипотезы.
- 4) с надежностью $\gamma = 0,99$ построить доверительный интервал для $X = a$.

19. Используя общецелевую систему моделирования GPSS, построим модель системы массового обслуживания типа M/M/1:FIFO/ ∞/∞ . Определить основные характеристики системы: коэффициент использования устройства, среднее время пребывания требований в устройстве, среднюю длину очереди, среднее время пребывания в очереди, среднее количество требований в системе, среднее время пребывания требований в системе.

Для выполнения задания (которое содержит непрямую проверку полученных данных) будут нужны следующие операторы: ADVANCE, DEPART (3 шт.), GENERATE, QUEUE (3 шт.), RELEASE, SEIZE, TERMINATE.

20. а). Используя пакет визуального блочного имитационного моделирования Simulink матричной системы Matlab, построить модель системы массового обслуживания типа M/M/1:FIFO/ ∞/∞ . Определить основные характеристики системы: коэффициент использования устройства, среднее время пребывания требований в устройстве, среднюю длину очереди, среднее время пребывания в очереди, среднее количество требований в системе, среднее время пребывания требований в системе.

Для выполнения задания нужны следующие блоки: DISPLAY (5 шт.), ENTITY SINK, EVENT-BASED RANDOM NUMBER, FIFO QUEUE, READ TIMER, SINGLE SERVER, START TIMER, TIME-BASED ENTITY GENERATOR.

б). Определить основные характеристики системы вида M/M/1:FIFO/ ∞/∞ аналитическим методом, пользуясь математическим пакетом MATHCAD.

в). Сравнить результаты, полученные в результате моделирования в заданиях а), б) с теоретическими зависимостями соответствующих характеристик СМО, полученными аналитически в задании 3.

Варианты заданий

№ варианта	Время между поступлениями требований	Время обслуживания
1	10,5	0,5
2	11	1
3	11,5	1,5
4	12	2
5	12,5	2,5
6	13	3
7	13,5	3,5
8	14	4
9	14,5	4,5
10	15	5
11	15,5	5,5
12	16	6
13	16,5	6,5
14	17	7
15	17,5	7,5
16	18	8
17	18,5	8,5
18	19	9
19	19,5	9,5
20	20	10

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «индивидуальные задания»

Шкала оценивания	Критерий оценивания
Зачтено (20 баллов)	Правильно решены 90-100% заданий
Не зачтено (0 баллов)	Правильно решены менее 90% заданий

2.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

Вопросы к экзамену

1. Понятие модели.
2. Цели моделирования.
3. Классификация моделей.
4. Требования к моделям.
5. Основные виды моделирования.
6. Принципы построения моделей.
7. Этапы моделирования.
8. Примеры математических моделей (Задача о баскетболисте. Задача о движении ракеты. Задача о движении механических систем класса «гармонический осциллограф»).

9. Примеры математических моделей (Динамика популяций. Модель конкуренции двух популяций. Модели Малтуса, Ферхюльста).
10. Примеры математических моделей (Структурная модель системы «Солнце-Земля-Луна». Модель спроса-предложения.)
11. Математическое моделирование в задачах химии и физики.
12. Моделирование на графах. Минимальный путь (случай неотрицательных весов). Алгоритм Дейкстры.
13. Моделирование на графах. Минимальный путь (случай произвольных весов). Алгоритм Беллмана–Мура.
14. Моделирование на графах. Критический путь. Алгоритм Беллмана–Калаба.
15. Понятие сети. Планирование и управление в сетях.
16. Проектирование комплекса работ с помощью сетей.
17. Основные понятия и предмет теории массового обслуживания. Случайный процесс с конечным множеством состояний.
18. Поток событий. Простой поток и его свойства.
19. Нестационарный пуассоновский поток.
20. Поток Пальма.
21. Поток Эрланга.
22. ММ СМО с отказами. Уравнение Эрланга.
23. ММ СМО с ожиданием.
24. Типы моделей систем массового обслуживания.
25. Формула Литтла.
26. Одноканальные системы массового обслуживания.
27. Многоканальные системы массового обслуживания.
28. Основы дискретно-событийного моделирования систем массового обслуживания.
29. Основные понятия моделирования СМО
30. Пространство состояний СМО. Пример построения модели СМО.
31. Сети СМО.
32. Операционный анализ сетей СМО.
33. Моделирование независимых случайных событий.
34. Моделирование группы несовместных событий.
35. Моделирование условного события.
36. Моделирование дискретной случайной величины.
37. Моделирование дискретной случайной величины с геометрическим распределением.
38. Моделирование дискретной случайной величины с биномиальным распределением.
39. Моделирование дискретной случайной величины с распределением Пуассона.
40. Моделирование непрерывной случайной величины с равномерным распределением.
41. Моделирование непрерывной случайной величины с экспоненциальным законом распределения.

42. Моделирование пуассоновского потока.
43. Моделирование непрерывной случайной величины с нормальным законом распределения.
44. Моделирование распределения и потоков Эрланга.
45. Моделирование случайных процессов.
46. Понятие имитационного моделирования.
47. Методы проектирования имитационных моделей.
48. Формулировка проблемы и смысловая постановка задачи при ИМ.
49. Разработка концептуальной модели (выбор степени детализации описания объекта моделирования; описание переменных модели; формализованное изображение концептуальной модели).
50. Выбор способов реализации имитационной модели.
51. Разработка структурной схемы имитационной модели.
52. Программная реализация имитационной модели.
53. Проверка достоверности и правильности имитационных моделей.
54. Принципы построения языков моделирования.
55. Языки моделирования, ориентированные на события.
56. Языки моделирования, ориентированные на определенные виды деятельности.
57. Языки моделирования, ориентированные на процессы.
58. Организация руководства процессом моделирования.
59. Системы имитационного моделирования.
60. Моделирование в системе GPSS.
61. Интерактивный пакет для моделирования *Simulink*.
62. Проблемы планирования имитационных экспериментов.
63. Оценка точности результатов моделирования.
64. Переходный режим работы модели. Стационарный режим работы модели.
65. Особенности планирования экспериментов.
66. Модели производственных систем.
67. Модели процессов распределения ресурсов.
68. Модели процессов обслуживания требований.
69. Модели процессов управления проектами.
70. Модели компьютерных систем и сетей.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (45-50)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.

хорошо (38-44)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (25-37)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (0-24)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач.