

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета ФРТЭ
 Небольсин В.А.
«16» декабря 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Основы моделирования биологических процессов и систем»

Направление подготовки 12.03.04 Биотехнические системы и технологии

Профиль «Биотехнические и медицинские аппараты и системы»

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2023

Автор программы



Е.И. Новикова

Заведующий кафедрой Си-
стемного анализа и управ-
ления в медицинских си-
стемах



Е.Н. Коровин

Руководитель ОПОП



Е.И. Новикова

Воронеж 2022

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

подготовка студентов в области исследования биологических процессов и систем на основе методов моделирования.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучение базовых понятий, предмета, методов, видов и принципов моделирования;
- формирование навыков построения моделей систем на основе основных подходов к моделированию;
- овладение методами исследования и оптимизации биологических процессов и систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы моделирования биологических процессов и систем» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Основы моделирования биологических процессов и систем» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с разработкой, проектированием, конструированием, технологиями производства и эксплуатации биотехнических систем.

ОПК-3 - Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики биотехнических систем и технологий.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать основные понятия теории моделирования и подходы к построению математических моделей систем
	уметь осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы
	владеть навыками выбора адекватных методов исследования моделей
ОПК-3	знать особенности биологических объектов и процессов моделирования и методики экспериментальной оценки их свойств
	уметь выбирать класс модели и оптимизировать ее структуру в зависимости от поставленной задачи, свойств моделируемого объекта и условий проведения эксперимента
	владеть навыками принятия адекватных решений по результатам исследования моделей

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы моделирования биологических процессов и систем» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	72	72
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
Аудиторные занятия (всего)	10	10
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ)	2	2
Лабораторные работы (ЛР)	4	4
Самостоятельная работа	161	161
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	9	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак. зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в теорию моделирования биологических процессов и систем	Основные понятия и определения теории моделирования систем. Подходы к исследованию систем. Характеристики моделей систем. Принципы моделирования. Цели моделирования. Классификация видов моделирования систем. Классификационные признаки. Математическое моделирование. Реальное моделирование.	4	2	2	8	16
2	Математические схемы моделирования систем	Основные подходы к построению математических моделей систем. Формальная модель объекта. Типовые схемы. Непрерывно-детерминированные модели (D-схемы). Дискретно-детерминированные модели (F-схемы). Виды конечных автоматов. Способы задания работы F-автомата. Дискретно-стохастические модели (P-схемы). Вероятностные автоматы Мили и Мура. Сетевые модели (N-схемы). Структура сетей Петри (СП). Графы СП. Маркировка СП. Свойства СП. Разновидности СП. Непрерывно-стохастические модели (Q-схемы). Поток событий. Алгоритмы функционирования Q-схемы. Комбинированные модели (A-схемы). Оператор сопряжения. Случайные операторы.	12	6	4	20	42
3	Формализация и алгоритмизация процессов функционирования систем	Построение концептуальных моделей систем и их формализация. Переход от описания к блочной модели. Подэтапы первого этапа моделирования. Алгоритмизация моделей систем и их машинная реализация. Принципы построения моделирующих алгоритмов: алгоритм моделирования по	8	2	2	10	22

		принципу особых состояний, алгоритм моделирования по принципу Δt. Формы представления моделирующих алгоритмов. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Подэтапы второго этапа моделирования. Получение и интерпретация результатов моделирования систем. Подэтапы третьего этапа моделирования. Моделирование систем с использованием типовых математических схем. Блочные иерархические модели процессов функционирования систем.					
4	Распознавание образов	Модель распознавания образов. Основные понятия теории распознавания образов. Классификация систем распознавания.	2	2	2	10	16
5	Нейросетевое моделирование	Моделирование нейронных сетей. Структура и свойства искусственного нейрона. Классификация нейронных сетей и их свойства. Обучение нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения. Обучение без учителя.	4	2	4	8	18
6	Применение экспертных систем в медицинских системах	Понятие экспертной системы. Классификация экспертных систем. Этапы разработки экспертной системы. Структура экспертной системы. Модели представления экспертных знаний. Логические исчисления, фреймы, семантические сети, продукционные системы.	4	2	2	8	16
7	Планирование машинных экспериментов с моделями систем	Методы планирования эксперимента на модели. Виды планов эксперимента. Стратегическое и тактическое планирование машинных экспериментов с моделями систем.	2	2	2	8	14
Итого			36	18	18	72	144

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак. зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в теорию	Основные понятия и определения теории моделирования систем.	1	-		18	19

	моделирования биологических процессов и систем	Подходы к исследованию систем. Характеристики моделей систем. Принципы моделирования. Цели моделирования. Классификация видов моделирования систем. Классификационные признаки. Математическое моделирование. Реальное моделирование.					
2	Математическая схема моделирования систем	Основные подходы к построению математических моделей систем. Формальная модель объекта. Типовые схемы. Непрерывно-детерминированные модели (D-схемы). Дискретно-детерминированные модели (F-схемы). Виды конечных автоматов. Способы задания работы F-автомата. Дискретно-стохастические модели (P-схемы). Вероятностные автоматы Мили и Мура. Сетевые модели (N-схемы). Структура сетей Петри (СП). Графы СП. Маркировка СП. Свойства СП. Разновидности СП. Непрерывно-стохастические модели (Q-схемы). Поток событий. Алгоритмы функционирования Q-схемы. Комбинированные модели (A-схемы). Оператор сопряжения. Случайные операторы.	1	1		41	43
3	Формализация и алгоритмизация процессов функционирования систем	Построение концептуальных моделей систем и их формализация. Переход от описания к блочной модели. Подэтапы первого этапа моделирования. Алгоритмизация моделей систем и их машинная реализация. Принципы построения моделирующих алгоритмов: алгоритм моделирования по принципу особых состояний, алгоритм моделирования по принципу Δt . Формы представления моделирующих алгоритмов. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Подэтапы второго этапа моделирования. Получение и интерпретация результатов моделирования систем. Подэтапы третьего этапа моделиро-	-	1	-	26	27

		вания. Моделирование систем с использованием типовых математических схем. Блочные иерархические модели процессов функционирования систем.					
4	Распознавание образов	Модель распознавания образов. Основные понятия теории распознавания образов. Классификация систем распознавания.	-	-	4	17	21
5	Нейросетевое моделирование	Моделирование нейронных сетей. Структура и свойства искусственного нейрона. Классификация нейронных сетей и их свойства. Обучение нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения. Обучение без учителя.	1	-	-	23	24
6	Применение экспертных систем в медицинских системах	Понятие экспертной системы. Классификация экспертных систем. Этапы разработки экспертной системы. Структура экспертной системы. Модели представления экспертных знаний. Логические исчисления, фреймы, семантические сети, продукционные системы.	1	-	-	21	22
7	Планирование машинных экспериментов с моделями систем	Методы планирования эксперимента на модели. Виды планов эксперимента. Стратегическое и тактическое планирование машинных экспериментов с моделями систем.	-	-	-	15	15
Итого			4	2	4	161	171

5.2 Перечень лабораторных работ и практических занятий

Очная форма обучения

Лабораторная работа № 1. Разработка и исследование детерминированных аналитических моделей биомедицинских систем

Лабораторная работа № 2. Разработка и исследование модели системы массового обслуживания с отказами.

Лабораторная работа № 3. Построение и анализ «дерева решений» с использованием программы Deductor.

Лабораторная работа № 4. Моделирование и анализ нейронных сетей для диагностики аппендицита с использованием программы Deductor.

Обобщающее занятие.

Практические занятия:

1. Характеристики моделей систем. Понятие модели. Классификация

моделей. Цели моделирования.

2. Анализ детерминированно-аналитических моделей.
3. Поведенческие свойства сетей Петри.
4. Сети массового обслуживания.
5. «Дерево решений». Алгоритмы, реализующие построение «деревьев решений».
6. Области применения нейросетей. Этапы нейросетевого проекта.
7. Анализ особенностей разработки экспертных систем.
8. Стратегическое и тактическое планирование машинных экспериментов с моделями систем.
9. Обобщающее занятие.

Заочная форма обучения

Лабораторная работа. Построение и анализ «дерева решений» с использованием программы Deductor.

Практические занятия:

1. Поведенческие свойства сетей Петри.
2. Сети массового обслуживания.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 5 семестре для очной формы обучения, в 7 семестре для заочной формы обучения.

Тематика курсовой работы «Разработка экспертной системы на основе различных методов моделирования (СП, нейронных сетей, продукционных моделей)».

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- закрепления, расширения и углубления теоретических знаний;
- приобретение практических навыков использования системных методов при решении практических задач, связанных с моделированием и исследованием систем;
- получение навыков самостоятельного и творческого подхода к решению практических задач исследования, анализа систем;
- изучение и овладение навыками использования современных информационных технологий моделирования;
- получение самостоятельных навыков использования различных информационных источников: специальной литературой, стандартами, справочниками.

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	знать основные понятия теории моделирования и подходы к построению математических моделей систем	Активная работа на практических и лабораторных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы	Решение стандартных практических задач на практических и лабораторных занятиях, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками выбора адекватных методов исследования моделей	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-3	знать особенности биологических объектов и процессов моделирования и методики экспериментальной оценки их свойств	Активная работа на практических и лабораторных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выбирать класс модели и оптимизировать ее структуру в зависимости от поставленной задачи, свойств моделируемого объекта и условий проведения эксперимента	Решение стандартных практических задач на практических и лабораторных занятиях, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками принятия адекватных решений по результатам исследования моделей	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения и в 7 для заочной формы обучения по четырех-

балльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Ком- пе- тенция	Результаты обуче- ния, characterи- зующие сформиро- ванность компе- тенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-1	знать основные по- нятия теории моде- лирования и походы к построению мате- матических моделей систем	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% пра- вильных ответов
	уметь осуществлять формализацию и ал- горитмизацию функционирования исследуемой системы	Решение стандартных практических задач	Задачи ре- шены в пол- ном объеме и получены верные от- веты	Продемон- стрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемон- стрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками выбора адекватных методов исследова- ния моделей	Решение прикладных задач в кон- кретной предметной области	Задачи ре- шены в пол- ном объеме и получены верные от- веты	Продемон- стрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемон- стрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-3	знать особенности биологических объ- ектов и процессов моделирования и ме- тодики эксперимен- тальной оценки их свойств	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% пра- вильных ответов
	уметь выбирать класс модели и оптимизи- ровать ее структуру в зависимости от по- ставленной задачи, свойств моделируе- мого объекта и усло- вий проведения экс- перимента	Решение стандартных практических задач	Задачи ре- шены в пол- ном объеме и получены верные от- веты	Продемон- стрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемон- стрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками принятия адекватных решений по резуль- татам исследования моделей	Решение прикладных задач в кон- кретной предметной области	Задачи ре- шены в пол- ном объеме и получены верные от- веты	Продемон- стрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемон- стрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Логические схемы, управляющие рассуждением и логическим построением или позволяющие проводить эксперименты, уточняющие природу явлений, называются

- а) моделями;
- б) гипотезами;
- в) аналогиями;
- г) математическими схемами.

2. Совокупность связей между элементами системы, отражающих их взаимодействие – это

- а) внешняя среда;
- б) структурный подход;
- в) система;
- г) структура системы.

3. Целенаправленное множество взаимосвязанных элементов любой природы – это

- а) внешняя среда;
- б) система;
- в) структура системы;
- г) элемент.

4. Какой подход реализует следующий процесс синтеза модели? реальный объект, подлежащий моделированию, разбивается на отдельные подсистемы, т.е. выбирается, исходные данные для моделирования и ставятся цели, отображающие отдельные стороны процесса моделирования. По отдельной совокупности исходных данных ставится цель моделирования отдельной стороны функционирования системы, на базе этой цели формируется некоторая компонента будущей модели. Совокупность компонент объединяется в модель.

- а) структурный;
- б) системный;
- в) индуктивный;
- г) функциональный.

5. Какой подход реализует следующий процесс синтеза модели? На основе исходных данных, которые известны из анализа внешней системы, тех ограничений, которые накладываются на систему сверху либо, исходя из возможностей ее реализации, и на основе цели функционирования формиру-

ются исходные требования к модели системы. На базе этих требований формируются ориентировочно некоторые подсистемы, элементы и осуществляется выбор составляющих системы, для чего используются специальные критерии выбора.

- а) структурный;
- б) системный;
- в) классический;
- г) функциональный.

6. Моделирование базируется на

- а) гипотезе;
- б) некоторой аналогии реального и мысленного эксперимента;
- в) определенных предсказаниях, основывающихся на небольшом количестве опытных данных, наблюдений, догадок.
- г) адекватности.

7. Какой из принципов моделирования позволяет сократить объем и продолжительность моделирования?

- а) принцип информационной достаточности;
- б) принцип осуществимости;
- в) принцип агрегирования;
- г) принцип параметризации.

8. Какой принцип моделирования позволяет достаточно гибко перестраивать модель в зависимости от задач исследования?

- а) принцип информационной достаточности;
- б) принцип осуществимости;
- в) принцип агрегирования;
- г) принцип параметризации.

9. Что лежит в основе моделирования?

- а) гипотеза;
- б) теория подобия;
- в) физический эксперимент;
- г) машинный эксперимент.

10. Какой из классов задач не решается с помощью математического аппарата ИНС?

- а) распознавание образов;
- б) прогнозирование;
- в) решение дифференциальных уравнений;
- г) кластеризация.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Граф сети Петри: $N = (B, D, I, O)$

$$B = \langle b_1, b_2, b_3, b_4 \rangle, D = \langle d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 \rangle$$

$$I(d_1) = \{ \}$$

$$O(d_1) = \{b_1\}$$

$$I(d_2) = \{b_1\}$$

$$O(d_2) = \{b_2\}$$

$$I(d_3) = \{b_2, b_4\}$$

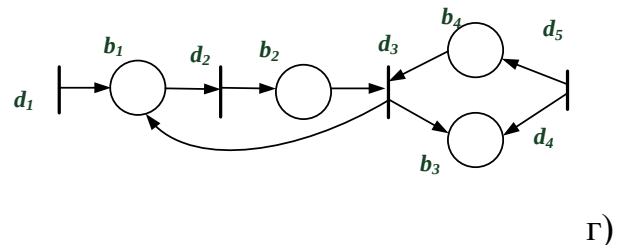
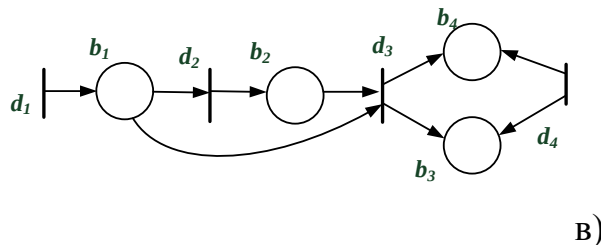
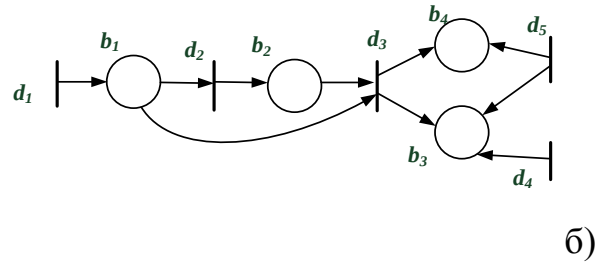
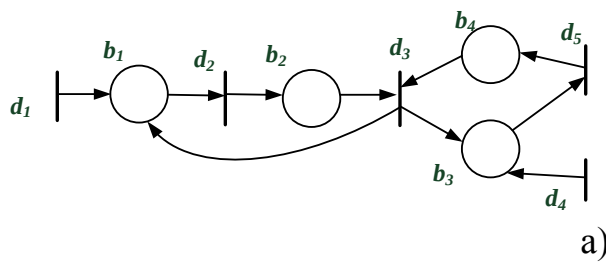
$$O(d_3) = \{b_1, b_3\}$$

$$I(d_4) = \{ \}$$

$$O(d_4) = \{b_3\}$$

$$I(d_5) = \{b_3\}$$

$$O(d_5) = \{b_4\}$$



2. Граф сети Петри следующей структуры: $N = (B, D, I, O)$

$$B = \langle b_1, b_2 \rangle, D = \langle d_1, d_2, d_3 \rangle$$

$$I(d_1) = \{b_1\}$$

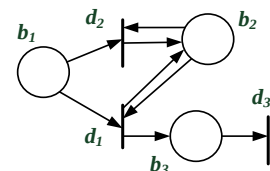
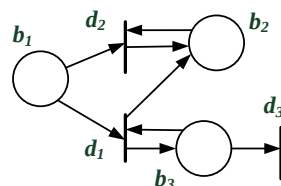
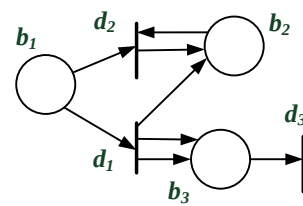
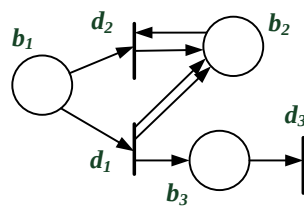
$$O(d_1) = \{b_1, b_2, b_2\}$$

$$I(d_2) = \{b_1, b_2\}$$

$$O(d_2) = \{b_2\}$$

$$I(d_3) = \{b_2\}$$

$$O(d_3) = \{ \}$$



3. Средняя длина очереди одноканальной СМО с ограниченной длиной очереди?

$$1) \quad \bar{r} = \frac{\rho^2 (1 - (m + 1 - m\rho)\rho^m)}{(1 - \rho)(1 - \rho^{m+2})},$$

$$2) \quad \bar{r} = \frac{\rho^2}{1 - \rho},$$

$$3) \quad \bar{r} = \frac{\rho^{n+1} p_0}{nn!} \frac{1 - \chi^m (m + 1 - m\chi)}{(1 - \chi)^2},$$

$$4) \quad \bar{r} = \frac{\rho^{n+1} p_0}{nn!} \frac{1}{(1 - \chi)^2}.$$

4. Вероятность отказа многоканальной СМО с ограниченной длиной очереди?

$$1) \quad p_{отк} = \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!} p_0,$$

$$2) \quad p_{отк} = \frac{\rho^{m+1}(1 - \rho)}{1 - \rho^{m+2}},$$

$$3) \quad p_{отк} = \frac{\rho^n}{n!} p_0,$$

$$4) \quad p_{отк} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}.$$

5. Среднее число заявок в многоканальной СМО с отказами?

$$1) \quad \bar{k} = \rho(1 - p_n),$$

$$2) \quad \bar{k} = \bar{r} + \frac{\rho - \rho^{m+2}}{1 - \rho^{m+2}},$$

$$3) \quad \bar{k} = \frac{\rho}{1 - \rho},$$

$$4) \quad \bar{k} = \bar{r} + \bar{z}.$$

6. Логистическая (сигмоидальная) функция активации нейронов

$$1) \quad f(s) = \frac{1}{1 + e^{-as}},$$

$$2) \quad f(s) = \frac{e^{as} - e^{-as}}{e^{as} + e^{-as}},$$

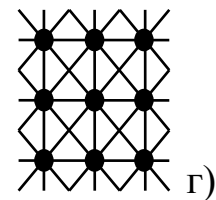
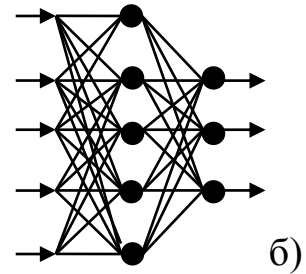
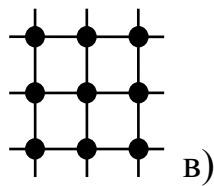
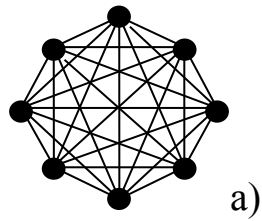
$$3) \quad f(s) = \begin{cases} 1, & s > 0, \\ -1, & s \leq 0 \end{cases},$$

$$4) \quad f(s) = \begin{cases} -1, & s \leq -1, \\ s, & -1 < s < 1, \\ 1, & s \geq 1 \end{cases}.$$

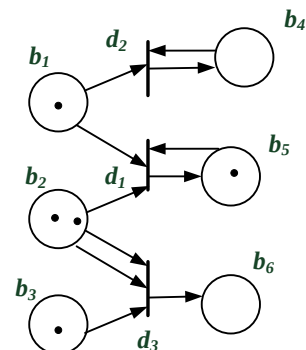
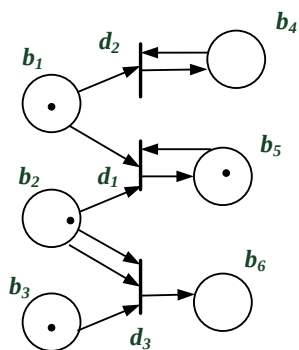
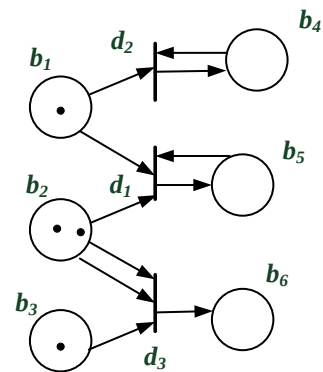
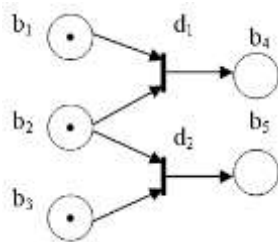
7. Область значений экспоненциальной функции активации нейронов?

- 1) $(0, \infty)$,
- 2) $(-1, 1)$,
- 3) $(0, 1)$,
- 4) $(-\infty, \infty)$.

8. Архитектура полносвязной сети:



9. На каком из рисунков изображена конфликтная ситуация в СП?



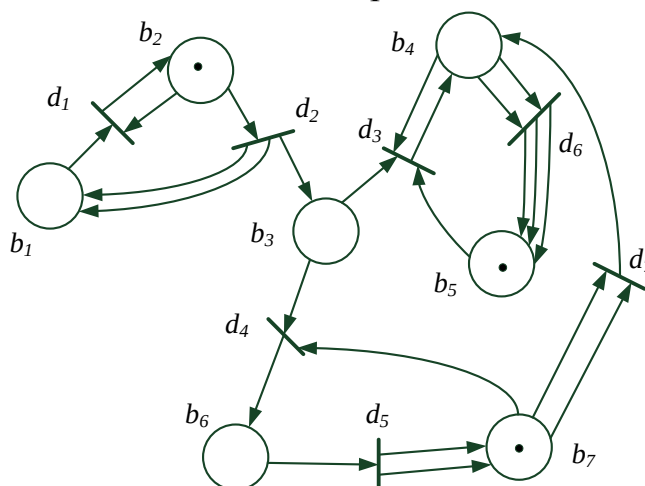
10. Какой тип агрегата представлен на рисунке?



- 1) Агрегат «Распределитель».
- 2) Агрегат «Сумматор».
- 3) Агрегат «Накопитель».
- 4) Агрегат «Канал».

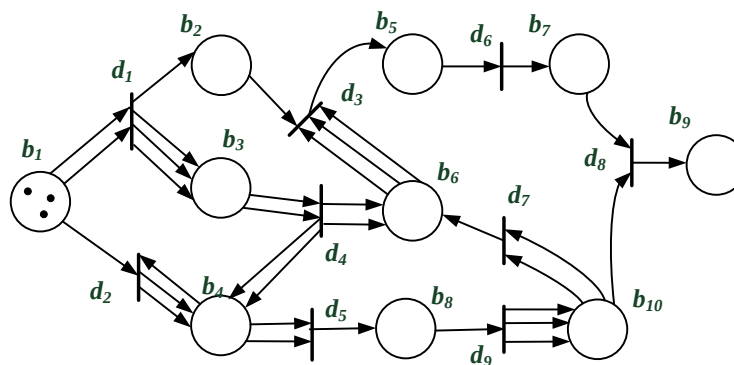
7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Какой из разметок достижима СП представленная на рисунке?



- 1) $Mn(2,0,0,1,1,0,0)$,
- 2) $Mn(2,0,0,1,0,0,0)$,
- 3) $Mn(2,0,0,0,3,0,0)$,
- 4) $Mn(2,0,0,0,1,1,0)$.

2. Какой из разметок достижима СП представленная на рисунке?

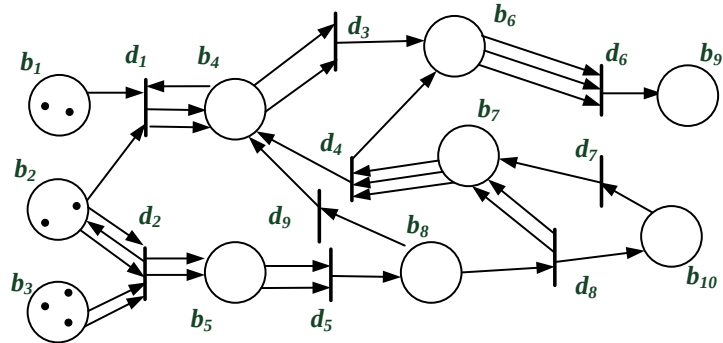


- 1) $Mn(0,0,1,1,0,0,0,0,2,0)$,
- 2) $Mn(1,0,1,0,0,0,1,0,0,1)$,

3) $Mn(1,1,0,0,0,3,1,0,0,0)$,

4) $Mn(1,1,0,1,0,3,1,0,0,0)$.

3. Какие из переходов обладают $l4$ -активностью?



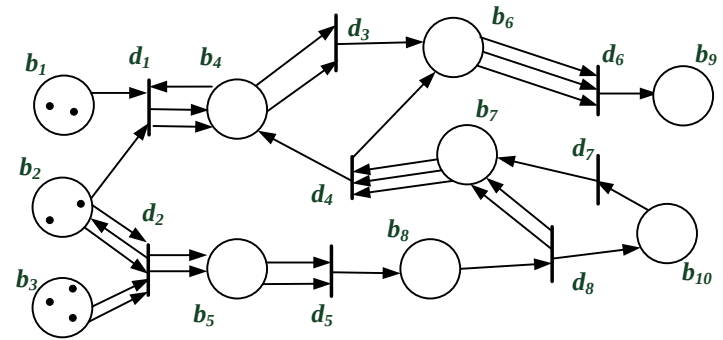
1) d_2, d_3, d_4, d_5 ,

2) d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 ,

3) d_1, d_2, d_3, d_5 ,

4) d_2, d_3, d_5 .

4. Какой вид активности у перехода d_6 ?



1) $l0$ -активность,

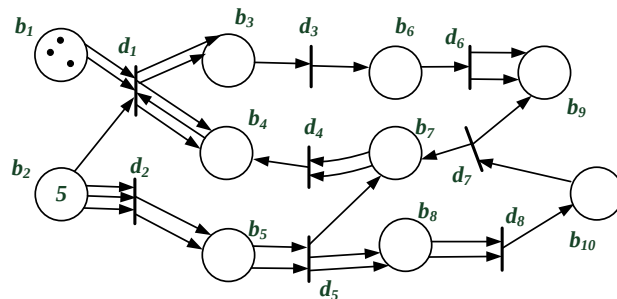
2) $l1$ -активность,

3) $l2$ -активность,

4) $l3$ -активность,

5) $l4$ -активность.

5. Какой из разметок достижима СП представленная на рисунке?



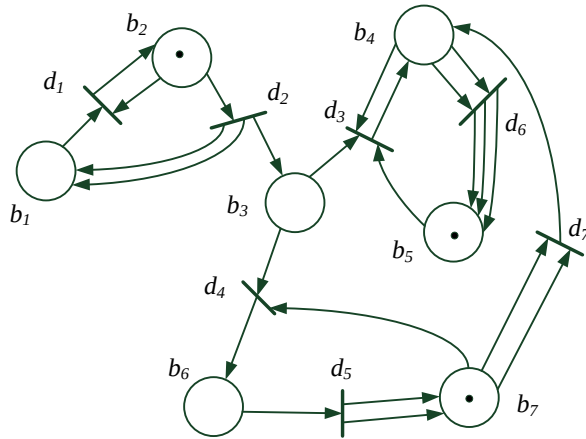
1) $Mn(3,2,0,1,0,0,0,0,1,0)$,

2) $Mn(1,1,0,2,0,0,0,0,3,0)$,

3) $Mn(1,1,1,1,0,0,0,0,1,0)$,

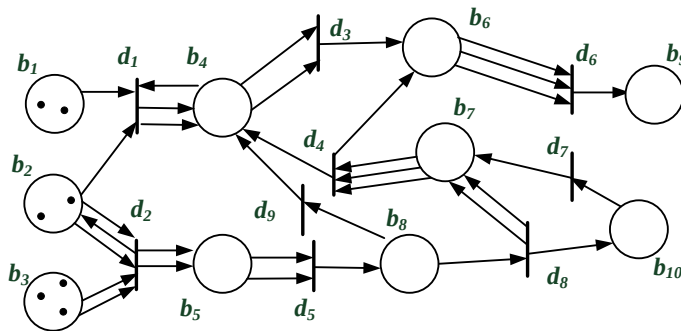
4) $Mn(3,2,1,0,0,0,0,0,1,0)$.

6. Какие из переходов обладают $l4$ -активностью?



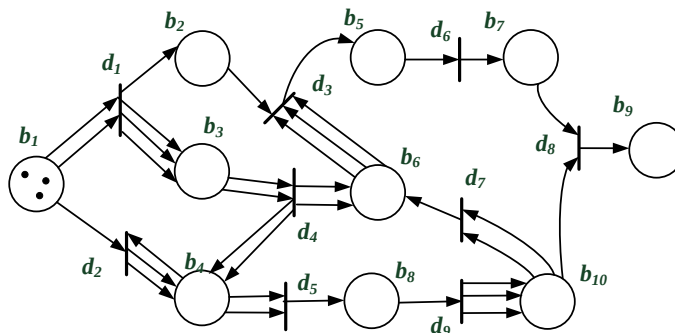
- 1) d1, d3, d6,
- 2) d1, d6,
- 3) d3, d6,
- 4) d1, d6, d7.

7. Какой из разметок достижима СП представленная на рисунке?



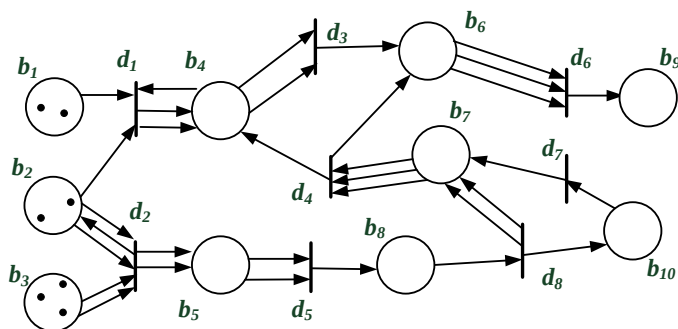
- 1) Mn(1,0,1,0,0,1,0,0,0,0),
- 2) Mn(1,0,1,2,0,1,0,0,0,0),
- 3) Mn(1,0,1,2,1,1,0,0,0,0),
- 4) Mn(2,1,1,0,0,0,1,1,0,0).

8. Какие из переходов обладают $l4$ -активностью?



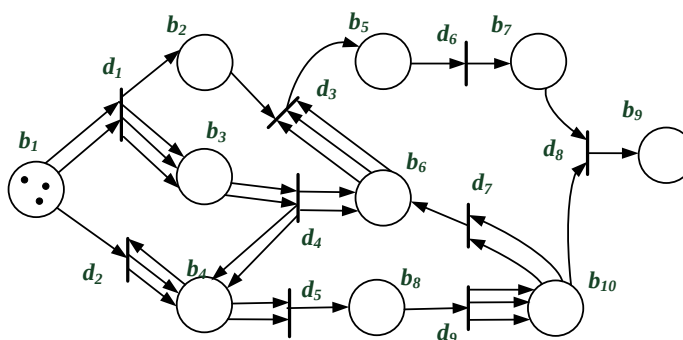
- 1) d1, d3, d4, d5, d6, d7, d8, d9,
- 2) d1, d3, d5, d7, d8, d9,
- 3) d1, d3, d4, d5, d9,
- 4) d1, d3, d4, d5, d6, d8, d9.

9. Какой из разметок достижима СП представленная на рисунке?



- 1) Mn(1,0,1,2,0,1,0,0,0,0),
- 2) Mn(1,0,1,2,0,1,1,1,0,1),
- 3) Mn(1,1,0,0,0,2,0,0,0,0),
- 4) Mn(1,0,1,0,1,1,0,0,0,0).

10. Определить множество всех последовательностей запусков в представленной сети Петри.



- 1) d1, d4, d5, d9, d7, d3, d6, d8
и d1, d4, d2, d5, d9, d7, d3, d6, d8.
- 2) d1, d4, d4, d5, d9, d7, d3, d6, d8
и d1, d4, d2, d5, d9, d7, d3, d6, d8.
- 3) d1, d4, d4, d2, d5, d9, d7, d3, d6, d8.
- 4) d1, d4, d5, d9, d7, d3, d6
и d1, d4, d2, d5, d9, d7, d3, d6.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Основные понятия и определения теории моделирования систем.
2. Подходы к исследованию систем.
3. Характеристики моделей систем.
4. Принципы моделирования.
5. Цели моделирования.
6. Классификация видов моделирования систем.
7. Основные подходы к построению математических моделей систем.
8. Формальная модель объекта.

9. Непрерывно-детерминированные модели (D-схемы).
10. Дискретно-детерминированные модели (F-схемы).
11. Виды конечных автоматов.
12. Способы задания работы F-автомата.
13. Дискретно-стохастические модели (P-схемы).
14. Непрерывно-стохастические модели (Q-схемы).
15. Поток событий.
16. Сети массового обслуживания.
17. Алгоритмы функционирования Q-схемы.
18. Сетевые модели (N-схемы). Структура сетей Петри (СП). Графы СП. Маркировка СП.
19. Свойства СП.
20. Разновидности СП.
21. Комбинированные модели (A-схемы). Оператор сопряжения. Случайные операторы.
22. Построение концептуальных моделей систем и их формализация.
23. Алгоритмизация моделей систем и их машинная реализация.
24. Принципы построения моделирующих алгоритмов: алгоритм моделирования по принципу особых состояний, алгоритм моделирования по принципу Δt . Формы представления моделирующих алгоритмов.
25. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем.
26. Получение и интерпретация результатов моделирования систем.
27. Блочные иерархические модели процессов функционирования систем.
28. Построение и реализация моделирующих алгоритмов Q-схем.
29. Основные понятия теории распознавания образов.
30. Классификация систем распознавания.
31. Структура и свойства искусственного нейрона.
32. Классификация нейронных сетей и их свойства.
33. Обучение нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения. Обучение без учителя. Алгоритм Кохонена.
34. Методы планирования эксперимента на модели.
35. Виды планов эксперимента. Стратегическое планирование машинных экспериментов с моделями систем. Тактическое планирование машинных экспериментов с моделями систем.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1

баллом, задача оценивается в 3 баллов (3 баллов верное решение и 3 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 40.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 28 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 28 до 32 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 33 до 36 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 37 до 40 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение в теорию моделирования биологических процессов и систем	ОПК-1, ОПК-3	Тест, защита лабораторных работ, КР, экзамен
2	Математические схемы моделирования систем	ОПК-1, ОПК-3	Тест, защита лабораторных работ, КР, экзамен
3	Формализация и алгоритмизация процессов функционирования систем	ОПК-1, ОПК-3	Тест, защита лабораторных работ, КР, экзамен
4	Распознавание образов	ОПК-1, ОПК-3	Тест, защита лабораторных работ, КР, экзамен
5	Нейросетевое моделирование	ОПК-1, ОПК-3	Тест, защита лабораторных работ, КР, экзамен
6	Применение экспертных систем в медицинских системах	ОПК-1, ОПК-3	Тест, защита лабораторных работ, КР, экзамен
7	Планирование машинных экспериментов с моделями систем	ОПК-1, ОПК-3	Тест, защита лабораторных работ, КР, экзамен

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компь-

ютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1 Новикова Е.И. Моделирование биомедицинских систем / Е.И. Новикова, О.В. Родионов, Е.Н. Коровин // учебное пособие, Воронеж: ВГТУ, 2008. – 196 с.

2 Советов, Б.Я. Моделирование систем : Учебник / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. - 6-е изд., стереотип. - М. : Высш. шк., 2009. - 343 с.

3 Устюжанин, В.А. Моделирование биотехнических систем [Текст] : учебное пособие / Устюжанин Валерий Александрович, Яковлева Ирина Владимировна. - 2-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ, 2018. - 215 с.

4 Методические указания 455-2015 к выполнению лабораторных работ № 1,2 по дисциплине «Основы моделирования биологических процессов и систем» для студентов направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии» (профиля «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», «Менеджмент и управление качеством в здравоохранении») очной формы обучения / Новикова Е.И., Коровин Е.Н. Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГТУ, 2014. 33 с

5 Методические указания к выполнению лабораторной работы № 4 по дисциплине «Основы моделирования биологических процессов и систем» для студентов направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии» (профили «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», «Менеджмент и управление качеством в здравоохранении») очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. О.В. Родионов, Е.И. Новикова. Воронеж, 2015. 17 с.

6 Методические указания к выполнению лабораторной работы № 5 по дисциплине «Основы моделирования биологических процессов и систем» для студентов направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии» (профили «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», «Менеджмент и управление качеством в здравоохранении») очной формы обу-

чения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Е.И. Новикова. Воронеж, 2016. 22 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer, Deductor Studio Lite 5.0.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная плакатами и пособиями по профилю.

Для проведения лабораторных занятий необходим компьютерный класс, оснащенный персональными компьютерами с установленными на них программным обеспечением Microsoft Word, Microsoft Excel, Deductor Studio Lite 5.0.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Основы моделирования биологических процессов и систем» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета параметров и основных характеристик моделей любого из рассмотренных классов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы. Освоение дисциплины оценивается на экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП