



## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений, навыков в области моделирования сложных систем для их применения при решении реальных задач в будущей профессиональной деятельности.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

математические модели; математические методы; системы.

### 1.3. Входные требования

Предварительные знания в объеме бакалаврской программы по этой или смежной тематике.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-3	ИД-1ОПК-3.	Знает общие принципы математического описания систем; математический аппарат, используемый для описания детерминированных и вероятностных сигналов и систем.	Знает особенности применения методов математического моделирования, а также методов вычислительной математики при решении научных и прикладных задач.	Тест
ОПК-3	ИД-21ОПК-0	Умеет осуществлять классификацию систем по особенностям их математических моделей; определять типовые временные, операторные и частотные характеристики линейных стационарных непрерывных и дискретных систем; проводить обработку экспериментальных данных.	Умеет создавать математические модели и использовать их в научной и познавательной деятельности, обосновывать применение методов вычислительной математики в научной и познавательной деятельности.	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-3	ИД-31ОПК-0	Владеет навыками применения современных пакетов прикладных программ в задачах математического описания и анализа систем; навыками построения математических моделей.	Владеет навыками профессиональными навыками создания и использования в научной и познавательной деятельности математических моделей, а также методов вычислительной математики	Экзамен
УК-2	ИД-1УК-2.	Знает методы представления и описания результатов моделирования сложных систем в проектной работе.	Знает методы представления и описания результатов проектной деятельности; методы, критерии и параметры оценки результатов выполнения проекта; принципы, методы и требования, предъявляемые к проектной работе.	Тест
УК-2	ИД-2УК-2.	Умеет анализировать результаты проектной работы в области моделирования сложных систем.	Умеет обосновывать практическую и теоретическую значимость полученных результатов; проверять и анализировать проектную документацию; прогнозировать развитие процессов в проектной профессиональной области; выдвигать инновационные идеи и нестандартные подходы к их реализации в целях реализации проекта; рассчитывать качественные и количественные результаты, сроки выполнения проектной работы.	Индивидуальное задание
УК-2	ИД-3УК-2	Владеет навыками управления проектами в области моделирования сложных систем.	Владеет навыками управления проектами в области, соответствующей профессиональной деятельности, в том числе: навыками распределения заданий и побуждения других к достижению целей; навыками управления разработкой технического задания	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			проекта, управления реализацией профильной проектной работы; управления процессом обсуждения и доработки проекта; навыками разработки программы реализации проекта в профессиональной области; навыками организации проведения профессионального обсуждения проекта, участия в ведении проектной документации; навыками проектирования план-графика реализации проекта; определения требований к результатам реализации проекта, участия в научных дискуссиях и круглых столах.	

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		1
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	56	56
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)	16	16
- лабораторные работы (ЛР)		
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
- контрольная работа		
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	88	88
2. Промежуточная аттестация		
Экзамен	36	36
Дифференцированный зачет		
Зачет		
Курсовой проект (КП)		
Курсовая работа (КР)		
Общая трудоемкость дисциплины	180	180

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
1-й семестр				
Введение. Основные понятия теории моделирования сложных систем.	2	0	2	6
Содержание курса и его связь с другими дисциплинами специальности. Моделирование в естественных и технических науках. Моделирование как метод научного познания и мышления. Понятие модели, задачи, метода, алгоритма. Использование моделирования при исследовании, проектировании и эксплуатации систем обработки информации и управления. Классификация видов моделирования. Адекватность и эффективность модели. Математические схемы моделирования систем.				
Формализация систем.	2	0	4	10
Понятие сложной системы. Подсистемы и элементы. Структура, функции, переменные, параметры, состояния и характеристики системы. Модели и их роль в изучении процессов функционирования систем. Классификация видов моделирования систем. Математическое моделирование систем. Аналитические и имитационные модели. Основные понятия теории моделирования систем. Основные подходы к описанию процессов функционирования систем. Непрерывно-детерминированные модели. Дискретно-детерминированные модели. Дискретно-стохастические модели. Непрерывно-стохастические модели. Возможности формализации процессов функционирования систем. Принципы алгоритмизации процессов функционирования систем. Формы представления логической структуры моделей. Методы построения моделирующих алгоритмов. Примеры построения схем моделирующих алгоритмов.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Математические схемы моделирования систем - статические модели.	2	0	4	10
Понятие «черного ящика». Формализация и алгоритмизация процессов функционирования систем. Математические схемы моделирования систем. Структура системы. Структура модели. Адекватность. Регрессионные модели. Гипотезы о функционировании черного ящика. Статические регрессионные модели. Линейная модель. Множественная модель. Полиномиальная и мультипликативная модели. Обратная и экспоненциальная модели. Ошибка модели. Способы коррекции модели. Процесс уточнения модели объекта.				
Математические схемы моделирования систем - динамические модели.	2	0	4	12
Динамические модели. Связь свойства и поведения. Динамические регрессионные. Общий случай динамической регрессионной модели в виде дифференциального уравнения. Схема динамической модели. Модель сигнала и устройства в представлении Фурье.				
Имитационные модели систем.	1	0	4	6
Понятие об имитации. Технология имитационного моделирования. Имитационные модели систем. Проектирование имитационных систем. Инструментальные средства моделирования. Вычислительная среда модели. Моделирование при исследованиях и проектировании; перспективы развития машинного моделирования сложных систем. Планирование имитационных экспериментов с моделями систем.				
Статистическое моделирование.	2	0	6	8
Статистическое моделирование систем в вычислительной среде. Метод Монте-Карло. Датчики и генераторы случайных чисел. Равномерный закон распределения случайных чисел. Оценка качества датчика случайных чисел. Возможности метода статистического моделирования и его точность. Моделирование случайных событий. Моделирование случайных величин с заданным законом распределения. Моделирование нормально распределенных случайных чисел. Моделирование системы случайных величин.				
Статистическое моделирование случайных процессов.	4	0	10	32
Потоки случайных событий. Распределение Пуассона. Пуассоновский поток случайных событий. Потоки случайных событий с				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
последствием. Моделирование систем массового обслуживания. Моделирование марковских случайных процессов с дискретным временем. Моделирование марковских случайных процессов с непрерывным временем.				
Достоверность статистического моделирования.	1	0	2	4
Обработка статистических результатов. Оценка связности параметров модели. Планирование имитационных экспериментов с моделями систем. Оценка точности и достоверности результатов моделирования.				
ИТОГО по 1-му семестру	16	0	36	88
ИТОГО по дисциплине	16	0	36	88

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Основные понятия теории моделирования сложных систем.
2	Формализация систем.
3	Математические схемы моделирования систем - статические модели.
4	Математические схемы моделирования систем - динамические модели.
5	Имитационные модели систем.
6	Статистическое моделирование случайных процессов.
7	Моделирование марковских случайных процессов с дискретным временем.
8	Моделирование марковских случайных процессов с непрерывным временем.
9	Достоверность статистического моделирования.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Андриевская Н. В. Моделирование систем : учебное пособие / Н. В. Андриевская, С. В. Бочкарёв. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	50
2	Введение в математическое моделирование : учебное пособие / В. Н. Ашихмин [и др.]. - М: Логос, 2007.	37
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Советов Б.Я. Моделирование систем : учебник / Б.Я.Советов,С.А.Яковлев. - М.: Высш. шк., 2005.	15
<b>2.2. Периодические издания</b>		

	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	О. И. Никонов Математическое моделирование и методы принятия решений : Учебное пособие / О. И. Никонов, С. В. Кругликов, М. А. Медведева. - Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015.	<a href="http://www.iprbookshop.ru/69624.html">http://www.iprbookshop.ru/69624.html</a>	локальная сеть; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

## **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	ноутбук, проектор	1
Практическое занятие	ноутбук, проектор	1

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------



**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (1-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (таблица 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по индивидуальным заданиям и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ИЗ	Т/КР		Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>3.1</b> Знает общие принципы математического описания систем; математический аппарат, используемый для описания детерминированных и вероятностных сигналов и систем.	С	ТО				ТВ
<b>3.2</b> Знает методы представления и описания результатов моделирования сложных систем в проектной работе.	С	ТО				ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
<b>У.1</b> Умеет осуществлять классификацию систем по особенностям их математических моделей; определять типовые временные, операторные и частотные характеристики линейных стационарных непрерывных и дискретных систем; проводить обработку экспериментальных данных.			ИЗ			ПЗ
<b>У.2</b> Умеет анализировать результаты проектной работы в области моделирования сложных систем.			ИЗ			ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
<b>В.1</b> Владеет навыками применения современных пакетов прикладных программ в задачах математического описания и анализа систем; навыками построения математических моделей.			ИЗ			ПЗ
<b>В.2</b> Владеет навыками управления проектами в области моделирования сложных систем.			ИЗ			ПЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ИЗ – индивидуальное задание; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к

учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования

– программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

– входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

– текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

– промежуточный и рубежный контроль освоения обучающимися отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

– межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

– контроль остаточных знаний.

## **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты индивидуальных заданий (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Защита индивидуальных заданий**

Защита индивидуальной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы

## Типовые задания ИЗ 1:

### Задание 1.

Продажа товаров в соответствии с поступлением новинок в торговлю сталкивается с психологической инерцией покупателей. Эта зависимость описывается передаточной

функцией  $W(p) = \frac{1}{p^2 + bp + c}$ . По заданным значениям  $b$  и  $c$  выполните следующее:

- выведите дифференциальное уравнение, отражающее зависимость продажи от интенсивности поступления товаров в торговую сеть;
- разложите изображение траектории изменения продажи на реакцию и свободное «движение»;
- установите характер свободного изменения спроса (монотонный, возрастающий или убывающий, циклический возрастающий или затухающий) при заданном варианте значений и коэффициентов;
- разложите передаточную функцию на систему параллельных и последовательных элементарных звеньев и вычислите лаги инерционных звеньев, если процесс монотонный, или время цикла, если процесс периодический.

### Задание 2.

После завершения строительства и единовременного ввода основных производственных фондов на сумму  $x$  млн. руб. ежегодные амортизационные отчисления осуществляют от остаточной стоимости по норме  $n$ . По заданным значениям параметров, выполнить следующее:

- составьте модель объекта «ввод производственных фондов – амортизационные отчисления» в виде передаточной функции и дифференциального уравнения;
- определите амортизационный лаг основных производственных фондов (ОПФ);
- отразите экзогенный процесс и реакцию объекта в форме оригиналов и изображений;
- начертите графики экзогенного процесса и реакции, укажите на графике величину остаточной стоимости основных производственных фондов;
- вычислите, через сколько лет остаточная стоимость снизится до  $m$  от начальной.

### Задание 3.

Простейшая модель рыночного ценообразования с запаздыванием цены предложения определяется спросом и предложением в момент времени  $t$ :

$$D_t = \alpha - aP_t + u_t, \quad S_t = bP_{t-1} - \beta + v_t,$$

где  $a \neq 0$ ,  $u_t$ ,  $v_t$  – случайные величины с математическими ожиданиями  $M(u_t) = M(v_t) = 0$  и средним квадратичными отклонениями  $\sigma(u_t) = \sigma(v_t) = \text{const} > 0$ .

При заданных  $P_0$ ,  $\alpha$ ,  $a$ ,  $\beta$ ,  $b$  вычислите  $P_1$ ,  $P_2$  и т.д., постройте график зависимости. Проверьте условия устойчивости и условие сходимости к предельной цене (цене равновесия). Постройте паутинообразный график.

### Задание 4.

В простой модели Аллена функции спроса и предложения имеют вид:

$$S_t = S(P(t)) = -\beta + bP(t) + k_1 P'(t), \quad k_1 > 0$$

$$D_t = D(P(t)) = \alpha - aP(t) - k_2 P'(t), \quad k_2 > 0$$

По полученной модели

$$\frac{dP(t)}{dt} + \frac{a+b}{k} P(t) = \frac{\alpha + \beta}{k}, \quad k = k_1 + k_2 \neq 0,$$

при заданных  $P_0$ ,  $\alpha$ ,  $a$ ,  $\beta$ ,  $b$  вычислите  $P_1$ ,  $P_2$  и т.д., постройте график зависимости. Проверьте условия устойчивости и условие сходимости к предельной цене (цене равновесия). Постройте паутинообразный график.

## Типовые задания ИЗ 2:

### Задание 1.

Автомашина может находиться в двух состояниях:  $S_1$  – работает хорошо,  $S_2$  – требует ремонта. На следующий день работы она меняет свое состояние в соответствии с матрицей вероятностей переходов  $P$ . Пусть

- если машина работает нормально, мы имеем прибыль \$30;
  - когда она начинает работу в нормальном состоянии, а затем требует ремонта (либо наоборот), прибыль равна \$10;
  - если машина требует ремонта, то потери составляют \$20.
- Найдите ожидаемую прибыль за один и два дня (за два шага).

### Задание 2.

На многоканальный контактный телефон фирмы поступает простейший поток звонков интенсивности пять звонков в час. Время разговора с каждым клиентом в среднем занимает  $i$  минут, где  $i$  - номер варианта. Звонки, заставшие все каналы занятыми, теряются. Сколько должно быть каналов для того, чтобы терялось не более 10% звонков?

### Задание 3.

Каждый житель некоторого города принадлежит к одной из социальных групп (богатые, средний класс, живущие за чертой бедности). По истечении года представитель  $i$ -й группы сохраняет свой социальный статус с вероятностью  $P_i$ , или с равными вероятностями переходит в одну из двух других групп. Пусть в данный момент  $a\%$  жителей богаты,  $b\%$  относятся к среднему классу,  $c\%$  живут в нищете. Определите социальный состав жителей города на следующий год. В предположении, что описанная социальная динамика остается неизменной на протяжении многих лет, определите финальный социальный состав жителей города.

### Задание 4.

На рисунке изображен граф состояний и возможных переходов частицы при случайном блуждании. На графе указаны интенсивности переходов для соответствующих пар вершин за малый промежуток времени. Запишите систему уравнений Колмогорова и найдите вероятности положений частицы. Найдите финальные вероятности.

### Задание 5.

Рассматривается круглосуточная работа пункта проведения профилактического осмотра автомашин с одним каналом (одной группой проведения осмотра). На осмотр и выявление дефектов каждой машины затрачивается в среднем 0,4 часа. На осмотр поступает в среднем 36 машин в сутки. Если машина, прибывшая в пункт осмотра, не застает ни одного канала свободным, она покидает пункт осмотра необслуженной. Определить вероятности состояний и характеристики обслуживания профилактического пункта осмотра.

### 2.2.2. Рубежная контрольная работа

Не запланировано.

### 2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача индивидуальных заданий и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация по дисциплине, согласно РПД, проводится в виде экзамена устно по билетам. Билет содержит 2 теоретических вопроса (ТВ) для проверки усвоенных знаний и практическое задание (ПЗ) для проверки усвоенных умений и приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

### 2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

#### Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Основные понятия теории моделирования сложных систем.
2. Классификация видов моделирования.
3. Понятие сложной системы.
4. Основные подходы к описанию процессов функционирования систем.
5. Математические схемы моделирования систем - статические модели.
6. Математические схемы моделирования систем - динамические модели.
7. Имитационные модели систем.
8. Статистическое моделирование случайных процессов.

#### Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Продажа товаров в соответствии с поступлением новинок в торговлю сталкивается с психологической инерцией покупателей. Эта зависимость описывается передаточной функцией  $W(p) = \frac{1}{p^2 + bp + c}$ .

По заданным значениям  $b$  и  $c$  выполните следующее:

- a) выведите дифференциальное уравнение, отражающее зависимость продаж от интенсивности поступления товаров в торговую сеть;
- b) разложите изображение траектории изменения продаж на реакцию и свободное «движение»;
- c) установите характер свободного изменения спроса (монотонный, возрастающий или убывающий, циклический, возрастающий или затухающий) при заданном варианте значений и коэффициентов;
- d) разложите передаточную функцию на систему параллельных и последовательных элементарных звеньев и вычислите лаги инерционных звеньев, если процесс монотонный, или время цикла, если процесс периодический.

2. Простейшая модель рыночного ценообразования с запаздыванием цены предложения определяется спросом и предложением в момент времени  $t$ :

$$D_t = \alpha - aP_t + u_t, S_t = bP_{t-1} - \beta + v_t,$$

где  $a \neq 0$ ,  $u_t$ ,  $v_t$  – случайные величины с математическими ожиданиями  $M(u_t) = M(v_t) = 0$  и средними квадратичными отклонениями  $\sigma(u_t) = \sigma(v_t) = \text{const} > 0$ .

При заданных  $P_0$ ,  $\alpha$ ,  $a$ ,  $\beta$ ,  $b$  вычислите  $P_1$ ,  $P_2$  и т.д., постройте график зависимости. Проверьте условия устойчивости.

3. В простой модели Аллена функции спроса и предложения имеют вид:

$$S_t = S(P(t)) = -\beta + bP(t) + k_1 P'(t), k_1 > 0$$

$$D_t = D(P(t)) = \alpha - aP(t) - k_2 P'(t), k_2 > 0$$

По полученной модели

$$\frac{dP(t)}{dt} + \frac{a+b}{k}P(t) = \frac{\alpha + \beta}{k}, k = k_1 + k_2 \neq 0,$$

при заданных  $P_0, \alpha, a, \beta, b$  вычислите  $P_1, P_2$  и т.д., постройте график зависимости. Проверьте условия устойчивости.

4. По заданному графу состояний и интенсивности переходов для соответствующих пар вершин за малый промежуток времени запишите систему уравнений Колмогорова и найдите вероятности положений частицы. Найдите финальные вероятности.

### Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Задавая значения плотностей популяций жертвы  $N_0$  и хищника  $M_0$ , коэффициентов  $\alpha, \beta, \delta_1, \delta_2$  построить графики динамики численности популяций и траектории фазового портрета.

$$\begin{cases} \frac{dN}{dt} = (\alpha - \delta_1 M)N \\ \frac{dM}{dt} = (\delta_2 N - \beta)M \end{cases}$$

2. После завершения строительства и одновременного ввода основных производственных фондов на сумму  $x$  млн. руб. ежегодные амортизационные отчисления осуществляют от остаточной стоимости по норме  $n$ .

По заданным значениям параметров, выполнить следующее:

- составьте модель объекта «ввод производственных фондов – амортизационные отчисления» в виде передаточной функции и дифференциального уравнения;
- определите амортизационный лаг основных производственных фондов (ОПФ);
- отразите экзогенный процесс и реакцию объекта в форме оригиналов и изображений;
- начертите графики экзогенного процесса и реакции, укажите на графике величину остаточной стоимости основных производственных фондов;
- вычислите, через сколько лет остаточная стоимость снизится до  $m$  от начальной.

3. Используя Модель Гудвина:

$$aP_t + b(1-\rho)P_{t-1} + b\rho P_{t-2} = \alpha + \beta + (u_t + v_t),$$

при заданных  $P_0, P_1, \alpha, a, \beta, b$  вычислите  $P_2$  и т.д., постройте график зависимости. Проверьте условие сходимости к предельной цене (цене равновесия). Постройте паутинообразный график.

4. В модели Маршалла функции спроса и предложения имеют вид:

$$D = \alpha - aP_D, \quad S = -\beta + bP_S.$$

Тогда объем сделок  $Q = D = S$  определяется уравнением:

$$\frac{dQ(t)}{dt} + \lambda \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) Q(t) = \lambda \frac{\alpha b - a\beta}{ab}$$

при заданных  $P_0$ ,  $\alpha$ ,  $a$ ,  $\beta$ ,  $b$  и  $\lambda$  вычислите  $P_1$ ,  $P_2$  и т.д., постройте график зависимости. Проверьте условие сходимости к предельной цене (цене равновесия). Постройте паутинообразный график.

5. Рассматривается круглосуточная работа пункта проведения профилактического осмотра автомашин с одним каналом (одной группой проведения осмотра). На осмотр и выявление дефектов каждой машины затрачивается в среднем 0,4 часа. На осмотр поступает в среднем 36 машин в сутки. Если машина, прибывшая в пункт осмотра, не застаёт ни одного канала свободным, она покидает пункт осмотра необслуженной. Определить вероятности состояний и характеристики обслуживания профилактического пункта осмотра.

Перечень типовых ситуационных заданий и кейсов для проверки умений и владений представлен в приложении 1.

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать*, *уметь*, *владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при экзамене компонентов *знать*, *уметь* и *владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля на экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.