

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 11 » апреля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Математическое моделирование объектов и систем управления
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: специалитет
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 216 (6)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 27.05.01 Специальные организационно-технические системы
(код и наименование направления)

Направленность: Информационные технологии и программное обеспечение в специальных организационно-технических системах
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - освоение заданных дисциплинарных компетенций в области разработки и исследования математических моделей объектов и систем управления.

Задачами дисциплины:

- Изучение общих подходов, основных методов математического моделирования объектов и систем управления; типовых методик анализа и моделирования технических объектов, технологических процессов и систем их управления.
- Формирование умений систематизировать информацию об объектах и системах управления; осуществлять выбор наилучшего метода математического описания объекта и систем управления; осуществлять оптимальный выбор программных средств моделирования систем управления.
- Формирование навыков исследования математических моделей технических объектов, технологических процессов и систем управления; использования типовых аппаратных и программных средств моделирования объектов и систем управления.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Методы формализации технических объектов; методы синтеза систем управления типовых технологических процессов; математические методы описания объектов и систем управления; программно-аппаратные средства моделирования объектов и систем управления.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

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
ПК-2	ИД-1ПК-2	Знает основные способы математического описания объектов и систем управления; способы преобразования и упрощения математических моделей; основные методы синтеза систем управления и базовые алгоритмы управления	Знает принципы передачи данных и архитектуры построения информационно-вычислительных и телекоммуникационных сетей, современную элементную базу электронных агрегатов систем управления	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2	ИД-2ПК-2	Умеет использовать программные средства Matlab Simulink для моделирования и исследования объектов и систем управления; осуществлять выбор аппаратных и программных средств для моделирования объектов и систем управления; использовать программные средства LabView для исследования объектов и систем управления; осуществлять полунатурный эксперимент средствами LabView.	Умеет работать с различными информационными системами и базами данных; обрабатывать информацию с использованием современных технических средств, составить техническое задание	Защита лабораторной работы
ПК-2	ИД-3ПК-2	Владеет типовыми аппаратными и программными средствами, используемыми при моделировании динамических объектов и систем управления.	Владеет навыками применения систем инженерного анализа (CAE), составления аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, подготовки публикаций по результатам исследований и разработок	Курсовая работа

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		9	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	16	16	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	126	126	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	216	216	

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	
1-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Математическое моделирование	10	4	10	36
<p>Тема 1. Основы математического моделирования. Основы математического моделирования: цель моделирования, понятие математической модели, основные требования к математическим моделям. Этапы математического моделирования объектов и систем управления.</p> <p>Тема 2 Математические модели объектов и систем управления.</p> <p>Классификация моделей объектов управления. Основные способы построения математических моделей объектов управления: аналитический и идентификационный. Выбор класса модели: линейные/нелинейные; статистические/динамические, детерминированные/стохастические, нечеткие модели. Алгоритмы преобразования различных форм представлений математических моделей. Принципы построения алгоритмов управления. Общая структура алгоритмов управления. Синтез базовых алгоритмов управления: стабилизации, компенсации возмущения, обеспечения заданной степени астатизма. Синтез обобщенного наблюдателя-фильтра.</p>				
Исследование математических моделей объектов и систем управления	8	12	8	90
<p>Тема 3 Программные средства моделирования и исследования объектов и систем управления</p> <p>Основные принципы исследования математических моделей объектов и систем управления. Пассивный и активный эксперимент. Основы теории планирования эксперимента. Основные подходы и методы оценивания адекватности моделей. Алгоритм исследования математических моделей объектов и систем управления.</p> <p>Основные программные инструментальные средства моделирования объектов и систем управления: Matlab, LabView. Основные подсистемы и операторы Simulink. Применение Simulink для моделирования объектов и систем управления. Основные подсистемы и операторы LabView. Применение LabView для решения задачи полунатурного моделирования систем управления.</p> <p>Современные подходы к построению математических моделей объектов и систем управления</p>				
ИТОГО по 1-му семестру	18	16	18	126
ИТОГО по дисциплине	18	16	18	126

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Этапы математического моделирования объектов и систем управления
2	Основные методы описания типовых объектов управления
3	Базовые алгоритмы управления
4	Синтез систем управления
5	Методы оценивания адекватности модели

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Применение Simulink для моделирования объектов и систем управления
2	Применение LabView для решения задачи полунатурного моделирования систем управления

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Разработка математической модели системы управления типовым технологическим процессом

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором 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 установление 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.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги 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, лабораторным работам 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
1. Основная литература		
1	Андриевская Н. В. Моделирование систем : учебное пособие / Н. В. Андриевская, С. В. Бочкарёв. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	50
2	Душин С. Е. Моделирование систем управления : учебное пособие для вузов / С. Е. Душин, А. Н. Красов, Н. Н. Кузьмин. - Москва: Студент, 2012.	3

3	Леготкина Т. С. Моделирование систем управления : учебное пособие / Т. С. Леготкина, С.А. Данилова. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	66
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Загидуллин Р.Ш. LabView в исследованиях и разработках / Р.Ш. Загидуллин. - М.: Горячая линия-Телеком, 2005.	2
2	Морозов В. К. Моделирование информационных и динамических систем : учебное пособие для вузов / В. К. Морозов, Г. Н. Рогачев. - Москва: Академия, 2011.	4
3	Тимохин А. Н. Моделирование систем управления с применением Matlab : учебное пособие / А. Н. Тимохин, Ю. Д. Румянцев. - Москва: ИНФРА-М, 2016.	2
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	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	Моделирование мехатронных систем в среде MATLAB (Simulink / SimMechanics)	http://elib.pstu.ru/Record/lan70925	локальная сеть; свободный доступ
Дополнительная литература	Проектирование и исследование идентификационных моделей управляющих систем реального времени	http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPuelib3613	локальная сеть; свободный доступ
Дополнительная литература	Системы реального времени	http://elib.pstu.ru/Record/iprbooks84934	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Моделирование систем	http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUbooks123014	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	MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

Вид ПО	Наименование ПО
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	LabVIEW (NI Academic Site License № 469934)

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	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	ПК с установленным ПО в комплекте: системный блок, монитор, клавиатура, мышь	10
Лабораторная работа	ПК с установленным ПО в комплекте: системный блок, монитор, клавиатура, мышь	10
Лекция	Проектор, экран, Пк или ноутбук, маркерная доска, маркер	1
Практическое занятие	Проектор, экран, Пк или ноутбук, маркерная доска, маркер	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Математическое моделирование объектов и систем управления»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Пермь 2023

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 и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные 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 (табл. 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 лабораторным работам 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	ОЛР	Т/КР		Экзамен
Усвоенные знания						
3.1 знать теоретические основы моделирования как научного метода; основные понятия и определения математического моделирования; основные способы математического описания объектов и систем управления		ТО1	ПЗ1 ПЗ2 ПЗ3	КР		ТВ
3.2 знать основные способы математического описания объектов и систем управления; способы преобразования и упрощения математических моделей; основные методы синтеза систем управления и базовые алгоритмы управления			ПЗ4	КР		ТВ
3.3 знать основные принципы экспериментального исследования математических моделей объектов и систем управления; программные средства моделирования Simulink и LabView			ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3 ОЛР4	КР		ТВ
Освоенные умения						
У.1 уметь систематизировать информацию об объекте управления; выбирать класс математической модели и метод исследования модели; выбирать способ построения математической модели и метод			ПЗ5 ПЗ6	КР		ПЗ

<p>исследования модели</p> <p>У.2 уметь поставить задачу синтеза системы управления; использовать программные средства Matlab Simulink для моделирования и исследования объектов и систем управления</p> <p>У.3 уметь использовать программные средства Matlab Simulink для моделирования и исследования объектов и систем управления; осуществлять выбор аппаратных и программных средств для моделирования объектов и систем управления; использовать программные средства LabView для исследования объектов и систем управления; осуществлять полунатурный эксперимент средствами LabView</p>			<p>ПЗ7 ПЗ8 ПЗ9</p> <p>ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3 ОЛР4</p>	<p>КР</p> <p>КР</p>		
Приобретенные владения						
<p>В.1 владеть методикой построения алгоритмов формализации задач математического моделирования объектов и систем управления</p> <p>В.2 владеть приемами и способами построения и исследования математических моделей типовых технологических процессов</p> <p>В.3 владеть типовыми аппаратными и программными средствами, используемыми при моделировании динамических объектов и систем управления.</p>			<p>ОЛР1 ОЛР2</p> <p>ОЛР3 ОЛР4</p> <p>ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3 ОЛР4</p>	<p>КР</p> <p>КР</p> <p>КР</p>		

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа, курсовая работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.

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 обучаемого 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 обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного 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, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины) и курсовой работы (после изучения всех модулей учебной дисциплины).

Всего запланировано 9 практических занятий и 4 лабораторные работы. Типовые темы практических занятий и лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

Тема курсовой работы приведена в РПД. Курсовая работа содержит расчетную часть и практическое задание – разработать программную модель в указанной среде моделирования.

Защита курсовой работы проводится индивидуально каждым студентом путем собеседования по расчетной части и демонстрации результатов разработки программной модели. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

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

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений 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. Понятие моделирования. Цели и задачи моделирования. Классификация моделей.
2. Процесс математического моделирования, виды моделей.
3. Основные этапы процесса моделирования
4. Формализованное описание систем, априорная информация, неопределенность.
5. Основные подходы к разработке математических моделей: модели: аналитическое исследование процессов, идентификация систем, имитационное моделирование.
6. Математическое описание объектов и систем управления (линейное/нелинейное, непрерывное/дискретное).
7. Основные методы идентификации объектов и систем управления.
8. Формализация объектов и систем управления для задач математического моделирования с использованием компьютерных технологий.
9. Математическое, физическое и полунатурное моделирование с использованием компьютерных технологий.
10. Постановка эксперимента для задач идентификации с использованием прикладных пакетов моделирования.
11. Этапы математического моделирования объектов и систем управления с использованием прикладных пакетов моделирования.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Применение прикладных пакетов для оценивания динамических и статических характеристик объектов и систем управления.
2. Применение прикладных пакетов для оценивания адекватности идентификационных моделей объектов и систем управления.
3. Особенности применения System Identification Toolbox и System Identification Toolkit для задач идентификации объектов и систем управления.
4. Особенности применения Simulink и LabView для задач моделирования объектов и систем управления.
5. Какие классы моделей можно построить в System Identification Toolbox?
6. Какие классы моделей можно построить в System Identification Toolkit?
7. Особенности использования System Identification Toolbox на этапе структурной идентификации
8. Возможность и алгоритм выбора наилучшей структуры модели из возможных вариантов в System Identification Toolbox.

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 сдаче экзамена для 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 при 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.