

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева»
АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ Глебов В.В.
« 02 » _____ июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.10 Математическое моделирование

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки 01.03.04 Прикладная математика

(код и направление подготовки)

Направленность Математическое и программное обеспечение систем обработки информации

(наименование профиля, программы магистратуры)

и управления

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки 2023

Объем дисциплины 72/2

(часов/з.е)

Промежуточная аттестация зачет

(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Выпускающая кафедра Прикладная математика

(наименование кафедры)

Кафедра-разработчик Прикладная математика

(наименование кафедры)

Разработчик(и): Хапова Надежда Валентиновна, к. ф.-м. наук

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

г. Арзамас
2023 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика, утвержденного приказом Минобрнауки России от 10 января 2018 № 11 на основании учебного плана, принятого Ученым советом АПИ НГТУ, протокол от 23.05.2023 г. № 5

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика, протокол от 12.05.2023 № 2/1
Заведующий кафедрой _____ Пакшин П.В.
(подпись) (ФИО)

Рабочая программа рекомендована к утверждению УМК АПИ НГТУ,
протокол от 02.06.2023 г. № 6
Зам. директора по УР _____ Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в учебном отделе № 01.03.04 - 10
Начальник УО _____ Мельникова О.Ю.
(подпись)

Заведующая отделом библиотеки _____ Старостина О.Н.
(подпись)

Оглавление

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	4
1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	6
4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам	6
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам.....	6
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	8
5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания	8
5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины	11
5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости	11
5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине	12
5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине	13
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	15
6.1 Основная литература	15
6.2 Дополнительная литература	15
6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям	16
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	16
7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы	16
7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины.....	16
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	16
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....	16
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) 17	
10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии.....	17
10.2 Методические указания для занятий лекционного типа	18
10.3 Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах.....	18
10.4 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся	18
10.5 Методические указания по обеспечению образовательного процесса	18

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование» является изучение основных понятий теории моделирования систем, классификации подходов и методов моделирования, знакомство с некоторыми аналитическими и статистическими методами моделирования систем.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)

Дисциплина «Математическое моделирование» *относится к базовой части первого блока*, готовит к решению **профессиональных задач** по производственно-технологическому виду деятельности:

- сбор и анализ исходных данных, подготовка исходных данных для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа;
- разработка и расчет вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов;
- расчет экономической эффективности

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Математическое моделирование» относится к обязательной части ОП ВО.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Физика», «Программирование для ЭВМ», «Дифференциальные уравнения», «Дискретная математика», «Программные и аппаратные средства информатики», «Теория вероятностей, математическая статистика и теория случайных процессов», «Основы моделирования в Matlab», «Численные методы», «Вариационное исчисление».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин «Теория управления», «Математические модели неопределенных систем», «Специальные численные методы», «Имитационное моделирование», «Стохастические дифференциальные системы» и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование» направлен на формирование элементов общепрофессиональной компетенции ОПК-2 в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика».

Таблица 3.1 – Формирование компетенций дисциплинами

Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины							
	Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ОПК-2								
Дифференциальные уравнения			✓					
Дискретная математика			✓					
Математическое моделирование						✓		
Теория графов и математическая логика						✓		
Методы оптимизации						✓		
Теория управления							✓	
Преддипломная практика								✓
Выполнение и защита ВКР								✓

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Математическое моделирование», соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП, представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
		Знать:	Уметь:	Владеть:
ОПК-2 Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем	ИОПК-2.1. Использует математические методы, методы математического моделирования, теории управления и технологии программирования для решения различных задач	Знать: - компоненты моделей, - основы современных парадигм, технологий и средств математического моделирования; - основы современных прикладных средств моделирования	Уметь: - ставить задачу и разрабатывать пути (алгоритм) ее решения; - проектировать и разрабатывать модели на основе современных парадигм, технологий и средств математического моделирования	Владеть: - прикладными программными средствами моделирования; - навыками проектирования и разработки моделей для решения задач исследования систем
	ИОПК-2.3. Применяет для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществляет анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем.	Знать: - базовые понятия, основные методы и утверждения теории моделирования, виды и типы моделей, специфику их выбора;	Уметь: - решать задачи в конкретных предметных областях с помощью моделирования, анализировать и интерпретировать результаты моделирования;	Владеть: - различными видами и типами моделей, методами построения и исследования моделей; - современными прикладными средствами моделирования

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зач. ед. или 72 часа, распределение часов по видам работ по семестрам представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		6 семестр
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	72	72
1. Контактная работа:	36	36
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	32	32
занятия лекционного типа (Л)	16	16
занятия семинарского типа (ПЗ – семинары, практические занятия и др.)		
лабораторные работы (ЛР)	16	16
1.2. Внеаудиторная, в том числе	4	4
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
2. Самостоятельная работа (СРС)	36	36
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	18	18
Подготовка к экзамену (контроль)*		
Подготовка к зачету / зачету с оценкой (контроль)	18	18

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов	
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия		
6 семестр						
ОПК-2 ИОПК-2.1 ИОПК-2.3	Раздел 1. Понятие о моделировании систем, классификации подходов и методов моделирования					
	Тема 1.1 Моделирование как метод научного познания. Понятие модели и типы моделей. Основные требования к моделям. Проблема математического моделирования.	6			4	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]
	Тема 1.2 Классификация моделей. Формы представления моделей. Основные свойства моделей. Операции над моделями.					

Тема 1.3 Постановка задачи. Предмодельный анализ. Анализ математической модели. Исследование математической модели. Проектирование программы. Тестирование и отладка программы. Оценка моделирования. Документирование и сопровождение модели.					
Итого по 1 разделу	6			4	
Раздел 2. Аналитические методы моделирования систем					
Тема 3.1 Основной понятийный аппарат аналитических методов. Обзор задач прикладных областей, в которых возникают модели, описываемые дифференциальными уравнениями, системами дифференциальных уравнений. Системы, описываемые линейными и нелинейными дифференциальными уравнениями Ван дер Поля, Лоренца, Кирхгофа и др.	4			3	Подготовка к лекциям [6.2.1], [6.2.2]
Тема 3.2..Принцип разработки моделирующих программ. Понятие блок-схемы и основные блоки (сумматор, интегратор, дифференциатор, усилитель)					
Лабораторная работа №1. Моделирование систем, описываемых дифференциальными уравнениями, системами дифференциальных уравнений в среде Matlab		8		4	Подготовка к лабораторным занятиям [6.2.1], [6.2.2]
Лабораторная работа №2. Моделирование систем, описываемых дифференциальными уравнениями, системами дифференциальных уравнений в подсистеме Matlab/Simulink.					
Итого по 2 разделу	4	8		7	
Раздел 3 Статистические методы моделирования систем					
Тема 3.1 Основной понятийный аппарат статистических методов. Определение параметров эмпирических формул. Метод наименьших квадратов. Типы времени в математических моделях.	6			3	Подготовка к лекциям [6.3.1], [6.3.2], [6.3.3]
Тема 3.2 Некоторые методы математического описания случайных величин. Основные принципы разработки моделирующих программ.					
Тема 3.3 Моделирование непрерывной случайной величины с заданной функцией плотности распределения. Моделирование дискретной случайной величины с заданной таблицей распределения вероятностей.					
Лабораторная работа №3. Сглаживание экспериментальных данных методом наименьших квадратов в различных классах функций		8		4	Подготовка к лабораторным занятиям [6.3.3], [6.3.4]
Лабораторная работа №4. Моделирование случайных величин с различными законами распределения					
Итого по 3 разделу	6	8		7	
Итого по дисциплине	16	16		18	

Используемые активные и интерактивные технологии приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Используемые активные и интерактивные образовательные технологии

Вид занятий	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
Лекции	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии
Лабораторные работы	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии Тестовые технологии Технологии работы в малых группах Технология коллективной работы Информационно-коммуникационные технологии

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Критерии оценивания результатов обучения и процедуры оценивания компетенций, формируемых в рамках данной дисциплины, приводятся в табл. 5.4.

Оценочные процедуры в рамках текущего контроля проводятся преподавателем дисциплины. На лекциях оценивается активность участия в дискуссионных обсуждениях. Лабораторные занятия проводятся в форме выполнения индивидуальных заданий. При выполнении индивидуального лабораторного задания преподавателем оценивается качество выполненного задания, срок его выполнения, качество и срок оформления отчета, ответы на вопросы преподавателя.

Самостоятельная работа включает выполнение самостоятельных заданий в форме индивидуальных заданий (чтение рекомендованной литературы; составление конспекта по рекомендованной литературе; подготовка к обсуждению), а также подготовку к лабораторным работам, оформление отчетов по выполнению лабораторных работ.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачет.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.1 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания		Форма контроля
			0 баллов	1 баллов	
ОПК-2 Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем	ИОПК-2.1. Использует математические методы, методы математического моделирования, теории управления и технологии программирования для решения различных задач	Знать: - основы современных парадигм, технологий и средств математического моделирования; - базовые понятия теории моделирования; - основные методы моделирования; - виды и типы моделей, специфику их выбора;	Теоретический материал не изучен или изучен частично.	Теоретический материал изучен.	Контроль участия в дискуссиях на лекциях
		Уметь: - осуществлять постановку задачи и разрабатывать пути (алгоритм) ее решения; - решать задачи в конкретных предметных областях, применяя методы и средства математического моделирования,	Лабораторные задания не выполнены или выполнены частично.	Лабораторные задания выполнены полностью.	Контроль выполнения лабораторных заданий (см. табл. 4.2)
		Владеть: -- навыками работы в современных прикладных средствах моделирования; - навыками проектирования и разработки моделей для решения задач исследования систем	Лабораторные задания выполнены некачественно и/или не в срок.	Лабораторные задания выполнены качественно и в срок.	Контроль выполнения лабораторных заданий (см. табл. 4.2)
	ИОПК-2.3. Применяет для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществляет анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем.	Знать: - этапы проектирования и разработки моделей на основе современных парадигм, технологий и средств математического моделирования; - некоторые критерии оценки результатов моделирования;	Теоретический материал не изучен или изучен частично.	Теоретический материал изучен.	Контроль участия в дискуссиях на лекциях
		Уметь: - проектировать и разрабатывать модели для решения исследовательских и проектных задач - анализировать и интерпретировать результаты моделирования	Лабораторные задания не выполнены или выполнены частично.	Лабораторные задания выполнены полностью.	Контроль выполнения лабораторных заданий (см. табл. 4.2)
		Владеть: - навыками использования различных методов построения и исследования моделей; - навыками работы в современных прикладных средствах моделирования	Лабораторные задания выполнены некачественно и/или не в срок.	Лабораторные задания выполнены качественно и в срок.	Контроль выполнения лабораторных заданий (см. табл. 4.2)

Таблица 5.2 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (зачет)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания			Форма контроля
			0 баллов	1 балл	2 балла	
ОПК-2 Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем	ИОПК-2.1. Использует математические методы, методы математического моделирования, теории управления и технологии программирования для решения различных задач	Знать: - основы современных парадигм, технологий и средств математического моделирования; - базовые понятия теории моделирования; - основные методы моделирования; - виды и типы моделей, специфику их выбора;	Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответ на теоретический вопрос билета
			Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответы на дополнительные вопросы
		Уметь: - осуществлять постановку задачи и разрабатывать пути (алгоритм) ее решения; - решать задачи в конкретных предметных областях, применяя методы и средства математического моделирования	Задание не решено	Задание решено с ошибками	Задание решено верно	Решение задач билета
	ИОПК-2.3. Применяет для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществляет анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем.	Знать: - этапы проектирования и разработки моделей на основе современных парадигм, технологий и средств математического моделирования; - некоторые критерии оценки результатов моделирования;	Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответ на теоретический вопрос билета
			Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответы на дополнительные вопросы
		Уметь: - проектировать и разрабатывать модели для решения исследовательских и проектных задач - анализировать и интерпретировать результаты моделирования	Задание не решено	Задание решено с ошибками	Задание решено верно	Решение задач билета

Таблица 5.3 – Соответствие набранных баллов и оценки за промежуточную аттестацию (зачет)

Баллы за текущую успеваемость*	Баллы за промежуточную аттестацию		Оценка
	Суммарное количество баллов**	Баллы за решение задач**	
0	0-1	0-1	«не зачтено»
1	1-2	1-2	«зачтено»

*) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.1.

**) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.

5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины

5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

Типовые задания для лабораторных работ

1. Получить численное решение дифференциального уравнения с заданными начальными условиями с помощью построения схемы интегрирования в Matlab Simulink. Сравнить результат с аналитическим решением. Точность принять равной $\varepsilon = 0.001$.

№	Дифференциальное уравнение	Начальные условия и интервал интегрирования	Аналитическое решение
	$(x^2 - 1)y' + 2xy^2 = 0$	$y(0) = 1, [0, 0.5]$	$y[\ln(1 - x^2) + 1] = 1$
	$y'' \cos y + y'^2 \sin y = y'$	$y(-1) = \pi/6, y'(-1) = 2 [-1, 0]$	$\ln \tan(y/2 + \pi/6) = 2x + 2$
	$x^2 y'' - 3xy' = 6y^2/x^2 - 4y$	$y(1) = 1, y'(1) = 4 [0.5, 1]$	$(1 - \ln x)^2 y = x^2$
	$xy' + y = y^2$	$y(1) = 0.5, [1, 3]$	$y(1+x) = 1$
	$(x+2y)y' = 1$	$y(0) = -1, [0, 1]$	$x + 2y + 2 = 0$

2Провести моделирование дискретной случайной величины с заданной таблицей вероятностей.

№	Таблица вероятностей					
1.	X_i	1	4	2	10	
	P_i	0.1	0.15	0.5	0.25	
2.	X_i	0	5	20	14	15
	P_i	0.01	0.1	0.19	0.2	0.5
3.	X_i	1	2	3		
	P_i	0.66	0.33	0.01		

Типовые вопросы (задания) для устного (письменного) опроса

1. Понятие математической модели.
2. Основные функции математической модели.
3. По каким признакам можно классифицировать математические модели?
4. Какие виды математических моделей вы знаете?
5. Основные свойства и требования к математическим моделям.
6. Проблемы математического моделирования.
7. Операции над математическими моделями.
8. Основные этапы компьютерного моделирования.
9. Современные средства моделирования систем (обзор программных средств).
10. В каких практических задачах возникает необходимость и возможность моделирования аналитическими методами?
11. На чем основываются аналитические методы моделирования систем?
12. Назовите основные методы математического программирования.
13. Особенности и границы применимости аналитических методов.
14. Принципы разработки моделирующих программ для систем, описываемых дифференциальными уравнениями.
15. Понятие блок-схемы системы, описываемой дифференциальными уравнениями.
16. Пояснить основные блоки (сумматор, интегратор, дифференциатор, усилитель).
17. В каких практических задачах возникает необходимость и возможность моделирования статистическими методами?
18. На чем базируются статистические методы моделирования систем?
19. Наиболее распространенные методы статистического анализа?
20. Понятие аппроксимации, интерполяции экспериментальных данных.
21. Сглаживание экспериментальных данных методом наименьших квадратов (линейный случай).
22. Сглаживание экспериментальных данных методом наименьших квадратов (общий случай).
23. Типы времени в математических моделях.
24. Псевдослучайные числа и принципы построения алгоритмических датчиков псевдослучайных чисел.
25. Основные требования к генераторам случайных чисел. Проверка равномерности.
26. Основные требования к генераторам случайных чисел. Проверка независимости.
27. Методы описания случайных величин.
28. Общий алгоритм моделирования дискретной случайной величины с заданной таблицей вероятностей.
29. Общий алгоритм моделирования непрерывной случайной величины с заданной плотностью распределения.

5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень вопросов и заданий для подготовки к зачету (ИОПК-2.1, ИОПК-2.3.)

1. Понятие математической модели. Основные функции математической модели.
2. Классификация математических моделей.
3. Виды и типы математических моделей.
4. Основные свойства и требования к математическим моделям. Проблемы математического моделирования.
5. Операции над математическими моделями.
6. Основные этапы компьютерного моделирования.
7. Современные средства моделирования систем (обзор программных средств).
8. Аналитические методы моделирования систем. Основные методы математического программирования. Особенности и границы применимости аналитических методов.
9. Принципы разработки моделирующих программ для систем, описываемых дифференциальными уравнениями. Возможности моделирования в системе Matlab.
10. Моделирование систем, описываемых дифференциальными уравнениями в системе Matlab/Simulink. Понятие блок-схемы системы, основные блоки, их назначение.

11. Статистические методы моделирования систем. Наиболее распространенные методы статистического анализа.
12. Понятие аппроксимации, интерполяции экспериментальных данных.
13. Сглаживание экспериментальных данных методом наименьших квадратов (общий случай).
14. Сглаживание экспериментальных данных методом наименьших квадратов (линейный случай).
15. Типы времени в математических моделях.
16. Псевдослучайные числа и принципы построения алгоритмических датчиков псевдослучайных чисел. Основные требования к генераторам случайных чисел. Проверка равномерности. Проверка независимости.
17. Методы описания случайных величин.
18. Общий алгоритм моделирования дискретной случайной величины с заданной таблицей вероятностей.
19. Общий алгоритм моделирования непрерывной случайной величины с заданной плотностью распределения.

Примеры задач для зачета по дисциплине «Принципы построения математических моделей»

1. Получить численное решение дифференциального уравнения $2y''' - 3y'^2 = 0$ с начальными условиями $y(0) = -3$, $y'(0) = 1$, $y''(0) = -1$ на отрезке $[0 \ 1]$ с помощью схемы интегрирования в Matlab Simulink.

Сравнить его с аналитическим решением $y(x + 2) = -x - 6$. Точность принять $\varepsilon = 0.001$.

2. Получить численное решение дифференциального уравнения $y^{IV} + y'' = 0$ с начальными условиями $y(0) = -2$, $y'(0) = 0$, $y''(0) = 2$, $y'''(0) = 1$ на отрезке $[0 \ 2]$ с помощью схемы интегрирования в Matlab Simulink.

Сравнить его с аналитическим решением $y = x - \sin x - 2\cos x$. Точность принять $\varepsilon = 0.001$.

3. Провести моделирование в Matlab непрерывной случайной величины с равномерным распределением на отрезке $[-1 \ 1]$.

4. Провести моделирование в Matlab непрерывной случайной величины с функцией плотности $f(x) = x^2$ на отрезке $[0 \ 5]$.

5. Провести моделирование дискретной случайной величины с заданной таблицей вероятностей.

X_i	5	10	15	20
P_i	0.2	0.1	0.5	0.2

6. Провести моделирование дискретной случайной величины с заданной таблицей вероятностей.

X_i	1	2	3	4	5
P_i	0.4	0.3	0.15	0.1	0.05

5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине

Процедура оценивания формируемых в рамках дисциплины компетенций (элементов компетенций) состоит из следующих этапов:

1. Текущий контроль (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1, задания в п. 5.2.1).

2. Промежуточная аттестация (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2, задания в п. 5.2.2).

Для всего перечня формируемых компетенций (элементов компетенций) дисциплины приводится процедура оценки результатов обучения (табл. 5.4).

Таблицы 5.4 – Процедура, критерии и методы оценивания результатов обучения

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов				Методы оценивания
	1 критерий – отсутствие усвоения «неудовлетворительно»	2 критерий – не полное усвоение «удовлетворительно»	3 критерий – хорошее усвоение «хорошо»	4 критерий – отличное усвоение «отлично»	
ОПК-2 ИОПК-2.1					
Знать: - основы современных парадигм, технологий и средств математического моделирования; - базовые понятия теории моделирования; - основные методы моделирования; - виды и типы моделей, специфику их выбора;	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях Промежуточная аттестация
Уметь: - осуществлять постановку задачи и разрабатывать пути (алгоритм) ее решения; - решать задачи в конкретных предметных областях, применяя методы и средства математического моделирования,	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение ЛР Отчет и защита ЛР
Владеть навыками: -- навыками работы в современных прикладных средствах моделирования; - навыками проектирования и разработки моделей для решения задач исследования систем	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение ЛР Отчет и защита ЛР
ОПК-2 ИОПК-2.3					
Знать: - этапы проектирования и разработки моделей на основе современных парадигм, технологий и средств математического моделирования; - некоторые критерии оценки результатов моделирования;	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях Промежуточная аттестация
Уметь: - проектировать и разрабатывать модели для решения исследовательских и проектных задач - анализировать и интерпретировать результаты моделирования	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение ЛР Отчет и защита ЛР
Владеть навыками: - использования различных методов построения и исследования моделей; - работы в современных прикладных средствах моделирования	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение ЛР Отчет и защита ЛР

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Основная литература

6.1.1. Губарь, Ю. В. Введение в математическое моделирование : учебное пособие / Ю. В. Губарь. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 178 с. — ISBN 978-5-4497-0865-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/101993.html> (дата обращения: 19.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

6.1.2. Костюкова, Н. И. Основы математического моделирования : учебное пособие / Н. И. Костюкова. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 219 с. — ISBN 978-5-4497-0878-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/102028.html> (дата обращения: 19.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6.1.3. Минаев, Е. Н. Математическое моделирование в технической физике : учебник / Е. Н. Минаев. — Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2019. — 267 с. — ISBN 978-5-7433-3306-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/99261.html> (дата обращения: 19.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/99261>

6.1.4. Мартемьянов, Ю. Ф. Статистическое моделирование систем. Лабораторный практикум : учебное пособие / Ю. Ф. Мартемьянов, Д. Ю. Муромцев, П. А. Щербинин. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. — 82 с. — ISBN 978-5-8265-2072-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/99792.html> (дата обращения: 20.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

6.1.5. Моделирование в Matlab/Simulink и Scilab/Scicos: учебное пособие/ Д.М. Фомин, Т.Е.Жилина; под ред. П.В. Пакшина. Нижегород. гос.техн. ун-т им. Р.Е. Алексева. – Н.. Ногород. 2011 – 288 с.

6.2 Дополнительная литература

6.2.1 Введение в математическое моделирование : учебное пособие / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер [и др.]. — Москва : Логос, 2016. — 440 с. — ISBN 978-5-98704-637-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66414.html> (дата обращения: 20.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6.2.2 Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры/ А.А Самарский, А.П. Михайлов. 2-е изд., испр. –М.: Физмат-лит, 2001. –320 с.

6.2.3 Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике: учеб. для вузов / под ред. В.С. Зарубина, А.П. Кириченко. –М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. –496 с.

6.2.4 Барбатько А.И., Гладышкин А.В. Основы теории математического моделирования. Учебное пособие. Допущено УМО АМ. – Старый Оскол: ТНТ, 2009 - 212 с.

6.2.5 Введение в математическое моделирование. Учебное пособие под ред. П.В. Трусова. Допущено Министерством образования РФ. – М.: Университетская книга: Логос, 2007 - 440 с.

6.2.6 Осипова, Н. В. Математическое моделирование объектов и систем управления : учебно-методическое пособие / Н. В. Осипова. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2019. — 39 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98194.html> (дата обращения: 19.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

6.2.7 Берестова, С. А. Математическое моделирование в инженерии : учебник / С. А. Берестова, Н. Е. Мисюра, Е. А. Митюшов ; под редакцией Т. А. Рощевой. — Екатеринбург :

Издательство Уральского университета, 2018. — 244 с. — ISBN 978-5-7996-2499-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/106406.html> (дата обращения: 19.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

6.3.1. Методические указания и задания к лабораторным работам по дисциплине «Математическое моделирование». Рекомендованы заседанием кафедры «Прикладная математика» АПИ НГТУ, протокол № 4 от 29.04.2021 г.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы

7.1.1 Российский образовательный портал. <http://www.school.edu.ru/default.asp>

7.1.2 Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Режим доступа: <https://e.lanbook.com>

7.1.1 Научно-техническая библиотека НГТУ. Электронный каталог книг <http://library.nntu.nnov.ru>

7.1.2 Электронно-библиотечная система издательства «IPRbooks». Режим доступа: www.iprbookshop.ru

7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

7.2.1 Microsoft Office (Power Point, Word, MATLAB);

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 8.1 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 8.1 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
ЭБС «IPRbooks»	Специальное мобильное приложение IPR BOOKS WV-Reader
ЭБС «Лань»	Синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине (модулю), оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 9.1 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду АПИ НГТУ.

Таблица 9.1 – Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине (модулю)

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы
319 - Учебная лаборатория математического моделирования	1 Колонки* Sven SPS-611S 2.0; 10 Компьютер в сборе; 1 Проектор с креплен, потолок, Beng MX505 DPL 3000Lm 13000:1; 1 Экран umien Master Picture 203*203 cv Matte White FiberGlass; Рабочее место преподавателя - 1; Рабочих мест студентов - 20; Доска аудиторная маркерная – 1.
324 – Учебная мультимедийная аудитория г.Арзамас, ул. Калинина, дом 19	1. Доска магнитно-маркерная; 2. Мультимедийный проектор BENQ; 3. Экран; 4. Аудио-система 2.0; 5. Компьютеры PC Intel® Core™ i3-2100/250HDD/4RAM - 13 шт; 6. Посадочных мест - 23
320 – Учебная мультимедийная аудитория г.Арзамас, ул. Калинина, дом 19	1. Доска магнитно-маркерная; 2. Мультимедийный проектор BENQ; 3. Экран; 4. Компьютеры PC Intel® Core™ i3-10100/256SSD/8RAM - 14 шт; 5. Посадочных мест - 34
317 - Компьютерный класс	1.Персональный компьютер (Intel Core i3-4130/8 Gb RAM/NVIDIA GeForce GT 730/HDD 1000) с подключением к интернету (11 шт.); Персональный компьютер Экран - (1 шт.); 4. Доска маркерная (1 шт.); 5. Стол компьют. с нишей (11 шт.); 6. Стол для препод. (1 шт.); 7. Стул (23) Посадочных мест - 22.
316 - Кабинет самоподготовки студентов г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	рабочих мест студента – 26 шт; ПК, с выходом на телевизор LG - 1 шт. ПК с подключением к интернету -5шт.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа проводится в аудиторной и внеаудиторной форме, а также в электронной информационно-образовательной среде института (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При преподавании дисциплины используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется лично-ориентированный подход, дискуссионные технологии, технологии работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний

в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч со студентами, так и современных информационных технологий, таких как форум, чат, внутренняя электронная почта СДО MOODLE.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента.

Для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенции в процессе текущего контроля применяется система контроля и оценки успеваемости студентов, представленная в табл. 5.1. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с использованием системы контроля и оценки успеваемости студентов, представленной в табл. 5.2.

10.2 Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложных и важных положениях изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

10.4 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

В процессе самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение основной учебной и справочно-библиографической литературы, представленной в разделе 6.

Для выполнения самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут использовать специализированные аудитории (см. табл. 9.1), оборудование которых обеспечивает доступ через «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде института и электронной библиотечной системе, где располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы.

10.5 Методические указания по обеспечению образовательного процесса

1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: https://www.nttu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_auditorii.PDF.

2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева,

протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:
https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_srs.PDF.

3. Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес:
https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf.

4. Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес:
https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf.

**Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины
на 20 ____/20 ____ уч. г.**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

Глебов В.В.

« ____ » _____ 20 ____ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1)
- 2)

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры, протокол от _____ № _____
Заведующий кафедрой _____ (подпись) _____ (ФИО)

Утверждено УМК АПИ НГТУ, протокол от _____ № _____
Зам. директора по УР _____ Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Согласовано:

Начальник УО _____ Мельникова О.Ю.
(подпись)

(в случае, если изменения касаются литературы):

Заведующая отделом библиотеки _____ Старостина О.Н.
(подпись)