

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.Б.20	Математическое моделирование

Код направления подготовки / специальности	01.03.04
Направление подготовки / специальность	Прикладная математика
Наименование ОПОП (направленность / профиль)	Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач (Академический бакалавриат)
Год начала подготовки ОПОП	2015
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная
Год разработки/обновления	2017

**Разработчики:**

должность	ученая степень, звание	ФИО
Профессор	д.т.н., доцент	Ахметов В.К.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры (структурного подразделения) «Прикладная математика», Протокол № 12 от 12.05.2017.

Заведующий кафедрой  
(руководитель структурного подразделения)

\_\_\_\_\_ / Осипов Ю.В. /  
Подпись, ФИО

Рабочая программа утверждена методической комиссией, Протокол № 5 от 29.05.2017

Председатель (зам. председателя)  
методической комиссии

\_\_\_\_\_ / Широкова О.Л. /  
Подпись, ФИО

Согласовано:

ЦОСП

\_\_\_\_\_ /  
дата

\_\_\_\_\_ / Беспалов А.Е. /  
Подпись, ФИО

## 1. Цель освоения дисциплины

*Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование» является формирование уровня освоения компетенций в области принципов и методов решения задач естествознания в соответствии с методологией математического моделирования, в том числе, прикладных задач в области механики твердого тела, жидкостей и газов, задач обработки результатов эксперимента, экономических задач экономики и управления в строительстве с использованием средств математики и вычислительной техники и применения полученных теоретических знаний для постановки и решения конкретных прикладных задач анализа и проектирования.*

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и с учетом рекомендаций основной образовательной программы высшего образования по направлению подготовки 01.03.04 "Прикладная математика" (уровень образования - бакалавриат).

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенция по ФГОС	Код компетенции по ФГОС	Основные показатели освоения (показатели достижения результата)	Код показателя оценивания
готовностью к самостоятельной работе	ОПК-1	<b>Знает</b> основы положений, законов и методов естественных наук, актуальные проблемы и приоритетные задачи математического моделирования.	З1
		<b>Умеет</b> применять современный математический аппарат в самостоятельной профессиональной деятельности.	У1
		<b>Имеет</b> навыки применения технологий математического моделирования и способность осваивать новые разделы фундаментальных наук.	И1
способностью использовать современные математические методы и современные прикладные программные средства и осваивать современные технологии программирования	ОПК-2	<b>Знает</b> основные современные математические методы, назначение и принцип работы современных прикладных программ.	З2
		<b>Умеет</b> самостоятельно осваивать новые современные информационные технологии, прикладные программные средства и	У2

Компетенция по ФГОС	Код компетенции по ФГОС	Основные показатели освоения (показатели достижения результата)	Код показателя оценивания
		применять их в решении практических задач.	
		<b>Имеет навыки</b> владения основными математическими методами моделирования с использованием современных прикладных программных средств.	Н2
способностью использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на электронных вычислительных машинах, отлаживать, тестировать прикладное программное обеспечение	ПК-1	<b>Знает</b> основные принципы работы, назначение и область применения стандартных пакетов прикладных программ для решения практических задач математического моделирования.	33
		<b>Умеет</b> использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на современных компьютерах	У3
		<b>Имеет навыки</b> отладки, тестирования и проведения вычислительных расчетов на электронных вычислительных машинах при решении задач математического моделирования.	Н3
готовностью применять математический аппарат для решения поставленных задач, способностью применить соответствующую процессу математическую модель и проверить ее адекватность, провести анализ результатов моделирования, принять решение на основе полученных результатов	ПК-10	<b>Знает</b> преимущества и недостатки современного математического аппарата при построении, реализации и анализе математической модели	34
		<b>Умеет</b> выбрать, построить, применить и оценить адекватность математической модели в профессиональной деятельности.	У4
		<b>Имеет навыки</b> применения используемой математической модели в задачах математического моделирования, способен провести анализ результатов моделирования и принять	Н4

Компетенция по ФГОС	Код компетенции по ФГОС	Основные показатели освоения (показатели достижения результата)	Код показателя оценивания
		решение, выявив сущность решаемой задачи.	

### 3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическое моделирование» относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины/модули» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика» (уровень - бакалавриат), направленность/профиль «Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач». Дисциплина является обязательной к изучению.

Дисциплина базируется на знаниях, умениях и навыках, приобретенных студентами в ходе изучения дисциплин «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Программные и аппаратные средства информатики», «Численные методы», «Уравнения математической физики», «Дифференциальные уравнения», «Механика материалов», «Теория упругости».

*Требования к входным знаниям, умениям студентов.*

Для освоения дисциплины «Математическое моделирование» студент должен:

*Знать:* фундаментальные понятия информатики, современные средства вычислительной техники, основы алгоритмического языка и технологию составления программ.

*Уметь:* работать на персональном компьютере, пользоваться операционной системой и основными офисными приложениями.

*Владеть:* методами практического использования современных компьютеров для обработки информации и основами численных методов решения инженерных задач.

Дисциплины, для которых дисциплина «Математическое моделирование» является предшествующей:

- «Методы оптимизации»;
- «Теория управления»;
- «Метод конечных элементов»;
- «Основы теории надежности строительных конструкций»;
- «Численно-аналитические методы»;
- «Прикладные задачи информатики»;
- «Вычислительная аэро- и гидродинамика».

### 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов.  
(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

*Структура дисциплины:*

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Контактная работа с обучающимися			Самостоятельная работа		в период теор. обучения		в сессию
				Лекции	Практико-ориентированные занятия		Групповые занятия - комп. практикумы				
					Лабораторный практикум	Практические практикумы					
1.	Общие принципы математического моделирования	5	1-4	8		4	4	10	6		
2.	Математические модели в строительстве	5	5-14	20		10	10	25	15	Устный опрос	
3.	Применение современных программных комплексов в строительстве	5	15-18	8		4	4	10	6	Защита курсовых работ	
<b>Итого</b>		<b>5</b>	<b>18</b>	<b>36</b>		<b>18</b>	<b>18</b>	<b>45</b>	<b>27</b>	<b>Экзамен</b>	

## 5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

### 5.1. Содержание лекционных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Общие принципы математического моделирования	Предмет и задачи дисциплины «Математическое моделирование». Аналитические и имитационные модели. Этапы математического моделирования. Уравнения состояния. Постулаты о пространстве и времени. Законы сохранения. Наименьшее действие. Принцип Лагранжа. Принцип Гамильтона-Остроградского. Устойчивое и неустойчивое равновесие. Уравнение Эйлера. Принцип Даламбера.	8
2	Математические модели в строительстве	<i>Математическое моделирование в задачах механики деформируемого твердого тела.</i> Представление твердого тела сплошной средой. Упругое тело. Пластическое тело. Внутренние силы, напряжения, деформации, перемещения. Тензор	20

		<p>деформаций, тензор напряжений и главные напряжения. Закон Гука, как уравнение состояния. Уравнения статического равновесия и уравнения равновесия в движении. Уравнения совместности деформаций. Выражение изменения энергии.</p> <p><i>Построение математических моделей и решение задач строительной физики и механики жидкостей и газов.</i></p> <p>Построение математической модели нестационарного теплового поля. Формулирование и методы решения краевых задач и задач Коши. Модели идеальной несжимаемой жидкости, вязкой жидкости и совершенного газа. Постановки задач. Уравнение Эйлера для движения идеальной жидкости. Задачи гидростатики. Движение идеальной жидкости и движение вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Волны в жидкости и газе.</p> <p><i>Задачи о поиске оптимального решения и их математическое моделирование.</i></p> <p>Простейшие задачи поиска оптимального решения и их решение математическим путем. Экономические задачи в строительстве. Линейное программирование. Моделирование функцией цели и неравенствами ограничений.</p>	
3	Применение современных программных комплексов в строительстве	<p>Понятие вычислительного эксперимента. Особенности задач, характерных для строительной науки и практики. Универсальные программные комплексы для решения задач расчета конструкций и сооружений, аэродинамики, гидродинамики и теплообмена. Классы задач, которые позволяют решать комплексы. Основные характеристики и особенности комплекса ANSYS.</p>	8

### 5.2. Лабораторный практикум

Учебным планом лабораторный практикум не предусмотрен.

### 5.3. Практические работы

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Общие принципы математического моделирования	<p>Методы решения задач, сформулированных математическими моделями. Существование, множественность и единственность решений. Выбор математических методов решения формулируемой задачи. Точное и приближенное решение. Вариационные задачи. Краевая задача и задача Коши. Аналитическое решение. Асимптотические разложения.</p>	4

2	Математические модели в строительстве	Начально-краевые задачи в механике жидкости. Точные решения для моделей идеальной и вязкой жидкостей. Течения Пуазейля и Куэтта. Моделирование течений при малых числах Рейнольдса. Задача о падающей дождевой капле. Модель Стокса. Задача о течении между вращающимися цилиндрами. Примеры численного моделирования течений на основе уравнений Навье-Стокса. Вариационные задачи. Постановка и решение задачи о брахистохроне. Простейшие задачи поиска оптимального решения и их решение математическим путем. Задача оптимальной организации строительного производства методами математического программирования.	10
3	Применение современных программных комплексов в строительстве	Знакомство с интерфейсом ANSYS. Статический расчет балки с сосредоточенной силой на конце. Построение эпюры внутренних усилий. Вычисление собственных частот и форм прямоугольной пластины. Построение изополей перемещений.	4

#### 5.4. Групповые занятия – компьютерные практикумы

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Общие принципы математического моделирования	Сведение решения к решению задач линейной алгебры. Метод конечных разностей и метод конечного элемента. Выбор и контроль точности решения. Контроль размерностей. Верификация модели.	4
2	Математические модели в строительстве	Формулировка и решение задач статики и динамики твердого тела. Двумерные и одномерные задачи теории упругости. Задача о растяжении (сжатии) и изгибе бруса с использованием для формулировки и решения задач обобщенных функций. Вариационный и операторный подходы. Задачи о потере устойчивости бруса. Решение задачи о собственных значениях. Двумерная задача теплопроводности с учетом источника тепла. Решение методом конечных разностей.	10
3	Применение современных программных комплексов в строительстве	Расчет на устойчивость шарнирно-опертой фермы. Вычисления значения критической силы, и формы потери устойчивости. Динамический расчет колебаний прямоугольной пластины под действием различных поперечных нагрузок.	4

#### 5.5. Самостоятельная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Виды самостоятельной работы	Кол-во акад. часов	
			в период теор.	в сессию

			обучения	
1	Общие принципы математического моделирования	Самостоятельное изучение. Подготовка к мероприятиям аудиторного текущего контроля	5	
		Выполнение и защита курсовой работы.	5	
		Подготовка к мероприятиям промежуточной аттестации экзамен	5	6
2	Математические модели в строительстве	Самостоятельное изучение. Подготовка к мероприятиям аудиторного текущего контроля	5	
		Выполнение и защита курсовой работы.	5	
		Подготовка к мероприятиям промежуточной аттестации экзамен	5	15
3	Применение современных программных комплексов в строительстве	Самостоятельное изучение. Подготовка к мероприятиям аудиторного текущего контроля	5	
		Выполнение и защита курсовой работы.	5	
		Подготовка к мероприятиям промежуточной аттестации экзамен	5	6
		Итого	45	27

## 6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Основные принципы организации самостоятельной работы обучающихся изложены в Положении об организации самостоятельной работы обучающихся (НИУ МГСУ).

Самостоятельная работа по курсу является залогом усвоения знаний и прохождения промежуточных аттестаций, предусмотренных рабочей программой по дисциплине. Ключевые цели самостоятельных внеаудиторных занятий заключается в закреплении, расширении знаний, формировании умений и навыков самостоятельного умственного труда, развитии самостоятельного мышления и способностей к самоорганизации.

Выполняемая в процессе изучения дисциплины «Математическое моделирование» учащимися самостоятельная работа является по дидактической цели познавательной и обобщающей; по характеру познавательной деятельности и типу решаемых задач – познавательной и исследовательской; по характеру коммуникативного взаимодействия учащихся – индивидуальной; по месту выполнения – домашней; по методам научного познания – теоретической.

В ходе организации самостоятельной работы студентов преподавателем решаются следующие задачи:

- 1) углублять и расширять их профессиональные знания;
- 2) формировать у них интерес к учебно-познавательной деятельности;
- 3) научить студентов овладевать приемами процесса познания;
- 4) развивать у них самостоятельность, активность, ответственность;
- 5) развивать познавательные способности будущих специалистов



Самостоятельная работа включает как изучение текущих и дополнительных теоретических вопросов, так и совершенствование навыков по решению практических задач. Теоретические знания являются базой для понимания принципов построения математических моделей, математической формализации задач расчетного проектирования.

В разделе «Общие принципы математического моделирования» тема, выносимая для самостоятельного изучения: «Основные фундаментальные законы в механике».

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Принципы причинности.
2. Уравнения состояния.
3. Постулаты о пространстве и времени.
4. Принцип Лагранжа.
5. Принцип Гамильтона-Остроградского.
6. Устойчивое и неустойчивое равновесие.
7. Уравнение Эйлера. Принцип Даламбера.

В разделе «Математические модели в строительстве» темы, выносимая для самостоятельного изучения: «Математическое моделирование в задачах механики деформируемого твердого тела », «Построение математических моделей и решение задач строительной физики и механики жидкостей и газов».

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Внутренние силы, напряжения, деформации, перемещения.
2. Напряженно-деформированное состояние твердого тела.
3. Тензор деформаций, тензор напряжений и главные напряжения.
4. Закон Гука, как уравнение состояния.
5. Естественнонаучные основы формирования моделей теплового поля, движения жидкой и газообразной среды.
6. Основные гипотезы и понятия теории теплопроводности и механики жидкостей и газов.
7. Тепловой поток.
8. Идеальная несжимаемая и вязкая жидкость.
9. Совершенный газ.
10. Постановка задач механики жидкостей и газов.
11. Движение идеальной жидкости и движение вязкой жидкости.

В разделе «Применение современных программных комплексов в строительстве» тема, выносимая для самостоятельного изучения: «Математическое моделирование на основе комплекса ANSYS».

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Алгоритмы решения задачи.
2. Программирование и программное обеспечение для решения задач.
3. Изучение классов задач, которые позволяют решать современные программные комплексы.
4. Основные параметры и условия применения программного комплекса ANSYS.

На практических занятиях решаются задачи по темам лекционного курса. Часть задач выносятся на самостоятельное решение. Самостоятельное решение задач также необходимо при подготовке к текущей аттестации.

Студент должен обладать основными методами исследования и решения математических задач. Необходима выработка первичных навыков математического исследования инженерных задач (перевод реальной задачи на математический язык, построение математической модели, выбор нужного математического метода ее решения,

интерпретация и оценка полученного результата) на примерах задач специальности (теоретическая механика, физика, сопротивление материалов, строительная механика, гидравлика и др.), развитие с этой целью необходимой интуиции в вопросах приложения математики.

При подготовке к сдаче экзамена рекомендуется пользоваться записями, сделанными на практических и лекционных занятиях, а также в ходе текущей самостоятельной работы. Сначала необходимо повторить теоретическую часть, а затем переходить к решению задач.

При выполнении самостоятельной работы обучающиеся используют учебники и учебные пособия, указанные в разделе 8.

### **7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) для проведения промежуточной аттестации, а также текущего контроля обучающихся является Приложением 1 к рабочей программе дисциплины (модуля).

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации, а также текущего контроля по дисциплине (модуля) хранятся на кафедре, ответственной за преподавание данной дисциплины.

### **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

- учебно-методическую литературу, имеющуюся в НТБ НИУ МГСУ,
- учебную литературу, размещённую в Электронных библиотечных системах ЭБС АСВ и IPRbooks,
- методическую литературу, размещённую в ЭБС НИУ МГСУ.

Перечень используемой литературы ежегодно обновляется с учётом уровня развития науки и техники и представлен в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины.

### **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	<a href="http://www.edu.ru/index.php">http://www.edu.ru/index.php</a>
Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp?">http://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Электронная библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Федеральная университетская компьютерная сеть России	<a href="http://www.runnet.ru/">http://www.runnet.ru/</a>
Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Научно-технический журнал по строительству и архитектуре «Вестник МГСУ»	<a href="http://www.vestnikmgsu.ru/">http://www.vestnikmgsu.ru/</a>
Научный журнал «Academia. Архитектура и строительство».	<a href="http://raasn.ru/pub.php?pub=pub1-1">http://raasn.ru/pub.php?pub=pub1-1</a>
Международный научный журнал “International Journal for Computational Civil and Structural Engineering” (IJCCSE)	<a href="http://raasn.ru/pub.php?pub=pub2-1">http://raasn.ru/pub.php?pub=pub2-1</a>
Научно-техническая библиотека НИУ МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/">http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/</a>
Раздел «Кафедры» на официальном сайте НИУ МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/">http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/</a>

## 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Перечень тем по разделам дисциплины (модуля) для самостоятельного изучения обучающимися приведён в таблице.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Темы для самостоятельного изучения (в период теоретического обучения)
1	Общие принципы математического моделирования	Этапы математического моделирования. Уравнения состояния. Постулаты о пространстве и времени. Законы сохранения. Наименьшее действие. Принцип Лагранжа.
2	Математические модели в строительстве	Математическое моделирование в задачах механики деформируемого твердого тела. Построение математических моделей и решение задач строительной физики и механики жидкостей и газов.
3	Применение современных программных комплексов в строительстве	Программная реализация работ компьютерного практикума. Подготовка к защите курсового проекта.

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) приведён в п.6.

Организация учебной работы обучающихся на аудиторных занятиях осуществляется в соответствии с п. 4.

## 11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

11.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема	Информационные технологии
1.	Общие принципы математического моделирования	Реализации в программном комплексе (в рамках тематики лекционных и практических занятий – при наличии)	Визуализация примеров, апробация методик
2.	Математические модели в строительстве	Реализации в программном комплексе (в рамках тематики лекционных и практических занятий – при наличии)	Визуализация примеров, апробация методик

3.	Применение современных программных комплексов в строительстве	Реализации в программном комплексе (в рамках тематики лекционных и практических занятий – при наличии)	Визуализация примеров, апробация методик
----	---	--	--

*11.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса*

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение, указанное в Приложении 3 к рабочей программе.

*11.3. Перечень информационных справочных систем*

Информационно-библиотечные системы

Наименование ИБС	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp?">http://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Электронная библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Научно-техническая библиотека НИУ МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/">http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/</a>

**12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю):**

Учебные занятия по дисциплине проводятся в оборудованных учебных кабинетах, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением. Перечень материально-технического обеспечения дисциплины (модуля) приведён в Приложении 4 к рабочей программе.

## Приложение 1 к рабочей программе

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.Б.20	Математическое моделирование

Код направления подготовки / специальности	01.03.04
Направление подготовки / специальность	Прикладная математика
Наименование ОПОП (направленность / профиль)	Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач (академический бакалавриат)
Год начала подготовки ОПОП	2015
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная
Год разработки/обновления	2017

**Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля обучающихся по дисциплине (модулю)**

*1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы*

Формирование компетенций при изучении дисциплины (модуля) происходит поэтапно, по мере освоения обучающимися разделов дисциплины (модуля).

Код компетенции по ФГОС	Этапы формирования компетенций (разделы теоретического обучения)		
	1	2	3
ОПК-1	+	+	+
ОПК-2	+	+	+
ПК-1	+	+	+
ПК-10	+	+	+

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

Оценивание формирования компетенций осуществляется посредством прохождения обучающимися форм промежуточной аттестации и текущего контроля.

Оценивание формирования компетенций производится на основе показателей оценивания, указанных в п.2. рабочей программы.

*2.1. Описание показателей и форм оценивания компетенций*

Формами оценивания компетенций являются мероприятия промежуточной аттестации и текущего контроля по дисциплине (модулю), указанные в учебном плане и в п.4 рабочей программы.

Взаимосвязь форм и показателей оценивания компетенций приведена в таблице.

Код компетенции по ФГОС	Показатели освоения (Код показателя оценивания)	Форма оценивания			Обеспеченность оценивания компетенции
		Текущий контроль	Промежуточная аттестация		
		Устный опрос	Защита курсовых работ	Экзамен	
1	2	3	4	5	6
ОПК-1	З1	+	+	+	+
	У1	+	+	+	+
	Н1	+	+	+	+
ОПК-2	З2	+	+	+	+
	У2	+	+	+	+
	Н2	+	+	+	+
ПК-1	З3	+	+	+	+
	У3	+	+	+	+
	Н3	+	+	+	+
ПК-10	З4	+	+	+	+
	У4	+	+	+	+
	Н4	+	+	+	+
ИТОГО		+	+	+	+

## 2.2. Описание шкалы и критериев оценивания

При проведении промежуточной аттестации в форме экзамена, защиты курсовых работ/курсовых проектов используется четырёх балльная шкала оценивания:

Уровень освоения	Оценка
Минимальный	«2» (неудовлетворительно)
Пороговый	«3» (удовлетворительно)
Углубленный	«4» (хорошо)
Продвинутый	«5» (отлично)

Критериями оценивания уровня освоения компетенций являются:

Показатели оценивания	Критерии оценивания
Знания	Знание терминов и определений, понятий
	Знание основных закономерностей и соотношений, принципов
	Объём освоенного материала, усвоение всех дидактических единиц (разделов)
	Полнота ответов
	Правильность ответов
	Чёткость изложения и интерпретации знаний
Умения	Освоение методик - умение решать ( типовые) практические задачи, выполнять ( типовые) задания

	Умение использовать теоретические знания для выбора методики решения задач, выполнения заданий
	Умение проверять решение и анализировать результаты
	Умение качественно оформлять (презентовать) решение задач и выполнения заданий
Навыки	Навыки решения стандартных/нестандартных задач
	Быстрота выполнения трудовых действий Объём выполненных заданий
	Качество выполнения трудовых действий
	Самостоятельность планирования выполнения трудовых действий

3. *Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций*

### 3.1. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в НИУ МГСУ.

Перечень типовых примерных вопросов/заданий для проведения экзамена в 5 семестре:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Вопросы / задания
1	Общие принципы математического моделирования	1. Что изучает дисциплина «математическое моделирование»? 2. Этапы математического моделирования. 3. Модели, основанные на принципе наименьшего действия и принципе сохранения. 4. Последовательность построения и испытания математических моделей на примере задачи о растяжении и сжатии бруса. 5. Классификация объектов по типу поведения. Аналитические и имитационные модели. 6. Понятие модели исследуемого объекта или явления.
2	Математические модели в строительстве	1. Модели, основанные на принципе наименьшего действия и принципе сохранения. 2. Последовательность построения и испытания математических моделей на примере задачи о растяжении и сжатии бруса. 3. Последовательность построения и испытания математических моделей на примере задачи об изгибе бруса. 4. Последовательность построения и испытания математических моделей на примере задачи о потере устойчивости бруса. 5. Задача о форме зеркала прожектора. 6. Задача о траектории луча света, отражающегося

		от зеркала. 7. Задача о траектории преломляющегося луча света. 8. Постановка и решение задачи о брахистохроне.
3	Применение современных программных комплексов в строительстве	1. Алгоритмы решения задачи. 2. Программирование и программное обеспечение для решения задач. 3. Изучение классов задач, которые позволяют решать современные программные комплексы. 4. Основные параметры и условия применения программного комплекса ANSYS.

*Тематика курсовых работ/курсовых проектов:*

1. Метод Эйлера.
2. Поиск экстремумов функций и функционалов.
3. Метод Ньютона для решения нелинейных задач.
4. Метод Рунге.
5. Метод Бунднера-Галеркина.
6. Задача о форме зеркала прожектора.
7. Задача о траектории луча света, отражающегося от зеркала.
8. Постановка и решение задачи о брахистохроне.
9. Задача о наилучших размерах консервной банки.
10. Закон Гука, как уравнение состояния в механике деформируемого твердого тела.
11. Системы линейных уравнений и их решение. Проблема собственных значений.
12. Задача о падающей капле.
13. Течение Пуазейля.
14. Течение Куэтта.
15. Задача о течении жидкости между вращающимися цилиндрами.
16. Двумерная задача теплопроводности.
17. Задача математического программирования о поиске оптимального решения.
18. Линейные и нелинейные модели.

Перечень типовых примерных вопросов для защиты курсовой работы/ курсового проекта:

1. Обоснование выбора математической модели.
2. Точность модели.
3. Проверка адекватности математических моделей.
4. Упрощенность моделей.
5. Определяющие соотношения и эмпирические зависимости в математических моделях.
6. Размерность величин и формулирующих задачу выражений.
7. Моделирование дифференциальными уравнениями в частных производных.
8. Замыкание математических моделей.
9. Существование, множественность и единственность решений.
10. Выбор математических методов решения формулируемой задачи.
11. Существование аналитического решения.
12. Асимптотические разложения.
13. Дискретизация задач.
14. Исследование решений.
15. Выбор и контроль точности решения.
16. Контроль размерностей.



17. Верификация модели.

3.2. Текущий контроль

Контролируется посещение лекций и практических занятий, устный опрос.

Перечень типовых примерных вопросов устного опроса

1. Обоснование выбора математической модели.
2. Точность модели.
3. Проверка адекватности математических моделей.
4. Упрощенность моделей.
5. Определяющие соотношения и эмпирические зависимости в математических моделях.
6. Размерность величин и формулирующих задачу выражений.
7. Моделирование дифференциальными уравнениями в частных производных.
8. Замыкание математических моделей.
9. Существование, множественность и единственность решений.
10. Выбор математических методов решения формулируемой задачи.
11. Существование аналитического решения.
12. Асимптотические разложения.
13. Дискретизация задач.
14. Исследование решений.
15. Выбор и контроль точности решения.
16. Контроль размерностей.
17. Верификация модели.

*4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций*

Процедура промежуточной аттестации регламентируется с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в НИУ МГСУ.

*4.1. Процедура оценивания при проведении промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме дифференцированного зачета*

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) проводится в форме экзамена в 5 семестре.

Используется четырёх балльная шкала оценивания освоения, указанная в п.2.2.

Используются критерии оценивания, указанные п.2.2.

Оценка выставляется преподавателем интегрально по всем показателям и критериям оценивания.

Код показателя оценивания	Оценка			
	«2» (неудовлетв.)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
		«3» (удовлетвор.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Знания 31,	не знает терминов и определений	знает термины и определения, но допускает	знает термины и определения	знает термины и определения, может сформулировать

32, 33, 34,		неточности формулировок		их самостоятельно
	не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, способен их интерпретировать и использовать	знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, способен самостоятельно их получить и использовать
	не знает значительной части материала дисциплины	знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	знает материал дисциплины в запланированном объеме	обладает твёрдым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
	Ответ не дан	дана только часть ответа на вопрос	ответ не полон, некоторые моменты в ответе не отражены	дан полный, развёрнутый ответ
	допускает грубые ошибки при изложении ответа на вопрос	В ответе имеются существенные ошибки	В ответе имеются несущественные неточности	Ответ верен
Неверно излагает и интерпретирует знания. Изложение материала логически не выстроено. Не способен проиллюстрировать изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний. Имеются нарушения логической последовательности в изложении. Поясняющие рисунки, схемы выполнены не полно, не отражают материал.	Грамотно и по существу излагает материал. Логическая последовательность изложения не нарушена. Поясняющие рисунки, схемы и примеры корректны и понятны.	Логически, грамотно и точно излагает материал дисциплины, интерпретируя его самостоятельно, способен самостоятельно его анализировать и делать выводы. Поясняющие схемы, рисунки и примеры точны и раскрывают глубину полученных знаний.	
Умения У1 У2, У3, У4,	Не умеет выполнять поставленные практические задания, выбрать типовой алгоритм решения	Умеет выполнять практические задания, но не всех типов. Способен решать задачи только по заданному алгоритму	Умеет выполнять типовые практические задания, предусмотренные программой	Умеет выполнять практические задания повышенной сложности
	Не может увязывать теорию с практикой, не может ответить на простые вопросы по выполнению заданий, не может обосновать выбор метода решения задач	Испытывает затруднения в применении теории при решении задач, при обосновании решения	Правильно применяет полученные знания при выполнении заданий и обосновании решения. Грамотно обосновывает ход решения задач	Умеет применять теоретическую базу дисциплины при выполнении практических заданий, предлагать собственный метод решения. Грамотно обосновывает ход решения задач.

	Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения	Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения. Испытывает затруднения с выводами	Допускает некоторые ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения. Делает выводы по результатам решения	Не допускает ошибок при выполнении заданий, правильно обосновывает принятое решение. Самостоятельно анализирует задания и решение
	Не способен проиллюстрировать решение поясняющими схемами, рисунками	Поясняющие рисунки и схемы содержат ошибки, оформлены небрежно	Поясняющие рисунки и схемы корректны и понятны.	Поясняющие рисунки и схемы верны и аккуратно оформлены
Навыки Н1 Н2, Н3, Н4,	Не обладает навыками выполнения поставленных задач	Испытывает трудности при выполнении отдельных поставленных задач	Не испытывает затруднений при выполнении стандартных задач. Решение нестандартных задач представляет для него сложности.	Не испытывает затруднений при выполнении стандартных задач. Использует полученные навыки при решении сложных, нестандартных задач
	Не выполняет трудовые действия или выполняет очень медленно, не достигая поставленных задач	Выполняет трудовые действия медленно, с отставанием от установленного графика.	Выполняет трудовые действия, выполняет все поставленные задания.	Выполняет трудовые действия быстро, выполняя все поставленные задания.
	Выполняет трудовые действия некачественно	Выполняет трудовые действия с недостаточным качеством	Выполняет трудовые действия качественно	Выполняет трудовые действия качественно даже при выполнении сложных заданий
	Не может самостоятельно планировать и выполнять собственные трудовые действия	Выполняет трудовые действия только с помощью наставника	Самостоятельно выполняет трудовые действия с консультацией у наставника	Выполняет трудовые действия самостоятельно, без посторонней помощи

*4.2. Процедура оценивания при проведении промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Зачета*

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) в форме зачёта не проводится.

*4.3. Процедура оценивания при проведении промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме защиты курсовой работы/проекта*

Процедура защиты курсовой работы (проекта) определена Положением о курсовом проекте (работе) обучающихся НИУ МГСУ.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) проводится в форме защиты курсовой работы в 5 семестре.

Используется четырёх балльная шкала оценивания освоения, указанная в п.2.2.

Используются критерии оценивания, указанные п.2.2.

Код показателя оценивания	Оценка			
	«2» (неудовлетв.)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
		«3» (удовлетвор.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)

Знания 31, 32, 33, 34,	не знает терминов и определений	знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	знает термины и определения	знает термины и определения, может сформулировать их самостоятельно
	не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, способен их интерпретировать и использовать	знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, способен самостоятельно их получить и использовать
	не знает значительной части материала дисциплины	знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	знает материал дисциплины в запланированном объёме	обладает твёрдым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
	Ответ не дан	дана только часть ответа на вопрос	ответ не полон, некоторые моменты в ответе не отражены	дан полный, развёрнутый ответ
	допускает грубые ошибки при изложении ответа на вопрос	В ответе имеются существенные ошибки	В ответе имеются несущественные неточности	Ответ верен
	Неверно излагает и интерпретирует знания. Изложение материала логически не выстроено. Не способен проиллюстрировать изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний. Имеются нарушения логической последовательности в изложении. Поясняющие рисунки, схемы выполнены не полно, не отражают материал.	Грамотно и по существу излагает материал. Логическая последовательность изложения не нарушена. Поясняющие рисунки, схемы и примеры корректны и понятны.	Логически, грамотно и точно излагает материал дисциплины, интерпретируя его самостоятельно, способен самостоятельно его анализировать и делать выводы. Поясняющие схемы, рисунки и примеры точны и раскрывают глубину полученных знаний.
Умения У1 У2, У3, У4,	Не умеет выполнять поставленные практические задания, выбрать типовой алгоритм решения	Умеет выполнять практические задания, но не всех типов. Способен решать задачи только по заданному алгоритму	Умеет выполнять типовые практические задания, предусмотренные программой	Умеет выполнять практические задания повышенной сложности
	Не может увязывать теорию с практикой, не может ответить на простые вопросы по выполнению заданий, не может обосновать выбор метода решения задач	Испытывает затруднения в применении теории при решении задач, при обосновании решения	Правильно применяет полученные знания при выполнении заданий и обосновании решения. Грамотно обосновывает ход решения задач	Умеет применять теоретическую базу дисциплины при выполнении практических заданий, предлагать собственный метод решения. Грамотно обосновывает ход решения задач.

	Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения	Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения. Испытывает затруднения с выводами	Допускает некоторые ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения. Делает выводы по результатам решения	Не допускает ошибок при выполнении заданий, правильно обосновывает принятое решение. Самостоятельно анализирует задания и решение
	Не способен проиллюстрировать решение поясняющими схемами, рисунками	Поясняющие рисунки и схемы содержат ошибки, оформлены небрежно	Поясняющие рисунки и схемы корректны и понятны.	Поясняющие рисунки и схемы верны и аккуратно оформлены
Навыки Н1 Н2, Н3, Н4,	Не обладает навыками выполнения поставленных задач	Испытывает трудности при выполнении отдельных поставленных задач	Не испытывает затруднений при выполнении стандартных задач. Решение нестандартных задач представляет для него сложности.	Не испытывает затруднений при выполнении стандартных задач. Использует полученные навыки при решении сложных, нестандартных задач
	Не выполняет трудовые действия или выполняет очень медленно, не достигая поставленных задач	Выполняет трудовые действия медленно, с отставанием от установленного графика.	Выполняет трудовые действия, выполняет все поставленные задания.	Выполняет трудовые действия быстро, выполняя все поставленные задания.
	Выполняет трудовые действия некачественно	Выполняет трудовые действия с недостаточным качеством	Выполняет трудовые действия качественно	Выполняет трудовые действия качественно даже при выполнении сложных заданий
	Не может самостоятельно планировать и выполнять собственные трудовые действия	Выполняет трудовые действия только с помощью наставника	Самостоятельно выполняет трудовые действия с консультацией у наставника	Выполняет трудовые действия самостоятельно, без посторонней помощи

## Приложение 2 к рабочей программе

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.Б.20	Математическое моделирование

Код направления подготовки / специальности	01.03.04
Направление подготовки / специальность	Прикладная математика
Наименование ОПОП (направленность / профиль)	Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач (академический бакалавриат)
Год начала подготовки ОПОП	2015
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная
Год разработки/обновления	2017

**Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы, количество страниц	Количество экземпляров печатных изданий	Число обучающихся, одновременно изучающих дисциплину (модуль)
1	2	3	4	5
<i>Основная литература:</i>				
		<b>НТБ НИУ МГСУ</b>		
1	Математическое моделирование	Строительная информатика [Текст] : учебное пособие для подготовки бакалавров по направлению - 270800.62 (08.03.01) и для подготовки специалистов по специальности 271101 (08.05.01) - "Строительство уникальных зданий и сооружений" / П. А. Акимов [ и др.]. - Москва : АСВ, 2014. - 432 с.	88	25
2.	Математическое моделирование	Информатика [Текст] : учебник для вузов / А. Б. Золотов [и др.] ; [рец.: Г. Г. Кашеварова, П. П. Гайджуров]. - Москва : Изд-во АСВ, 2013. - 336 с.	165	25
ЭБС				

3.	Математическое моделирование	Карпов В.В. Математическое моделирование и расчет элементов строительных конструкций [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Карпов В.В., Панин А.Н.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 176 с.	<a href="http://www.iprbookshop.ru/19335">http://www.iprbookshop.ru/19335</a>	25
<i>Дополнительная литература:</i>				
		НТБ НИУ МГСУ		
4.	Математическое моделирование	Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера: практическое руководство. – М: ЛИБРОКОМ, 2009. – 269 с.	25	25
5.	Математическое моделирование	Золотов А.Б., Акимов П.А., Сидоров В.Н., Мозгалева М.Л. Численные и аналитические методы расчета строительных конструкций. – М.: МГСУ: Изд-во АСВ, 2009. 336 с.	305	25
6.	Математическое моделирование	Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. – М.: Издательство АСВ, 2009. – 357 с.	25	25
7.	Математическое моделирование	Карпиловский В.С. и др. SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 590 с.	25	25
8.	Математическое моделирование.	Сидоров В.Н., Ахметов В.К. Математическое моделирование в строительстве. Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2007. –336 с.	200	25

Согласовано:

НТБ

\_\_\_\_\_  
дата\_\_\_\_\_  
Подпись, ФИО

## Приложение 3 к рабочей программе

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.Б.20	Математическое моделирование

Код направления подготовки / специальности	01.03.04
Направление подготовки / специальность	Прикладная математика
Наименование ОПОП (направленность / профиль)	Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач (академический бакалавриат)
Год начала подготовки ОПОП	2015
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная
Год разработки/обновления	2017

**Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Наименование программного обеспечения	Тип лицензии
1	Общие принципы математического моделирования	Microsoft Windows	DreamSpark subscription
		Mathworks Matlab	Платное ПО
2	Математические модели в строительстве	Microsoft Windows	DreamSpark subscription
		Scad Office	Учебная бесплатная версия
		Лира	Платное ПО
3	Применение современных программных комплексов в строительстве	Microsoft Windows	DreamSpark subscription
		Ansys	Платное ПО



## Приложение 4 к рабочей программе

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.Б.20	Математическое моделирование

Код направления подготовки / специальности	01.03.04
Направление подготовки / специальность	Прикладная математика
Наименование ОПОП (направленность / профиль)	Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач (академический бакалавриат)
Год начала подготовки ОПОП	2015
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная
Год разработки/обновления	2017

**Перечень материально-технического обеспечения по дисциплине (модулю):**

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование оборудования	№ и наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий
1	2	3	4
1	Лекции	Стационарные / мобильные (переносные) наборы демонстрационного оборудования	Аудитории для проведения занятий лекционного типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда.
2	Практические занятия	Мобильные (переносные) наборы демонстрационного оборудования	Аудитории/аудитория проведения занятий семинарского типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда
3	Групповые занятия – компьютерные практикумы	28 персональных компьютеров с конфигурацией: 1,8 ГГц, HDD 240 Гб, RAM 1 Гб, Video RAM 256 Мб, DVD-R/RW, монитор 19".	Помещения для компьютерного практикума: 129337, г. Москва, Ярославское ш, д. 26, 310,312, 417, 418,420, 421,623 КМК
4	Самостоятельная работа	32 персональных компьютера с конфигурацией: 2,6 ГГц, HDD 160 Гб, RAM 2 Гб, Video RAM 256 Мб, DVD-R/RW, монитор 19", 48 персональных компьютеров с конфигурацией: 3 ГГц, HDD 160 Гб, RAM 2 Гб, Video RAM 256 Мб, DVD-R/RW, монитор 19", 40 персональных компьютеров с конфигурацией: 2,9 ГГц, HDD 250 Гб, RAM 4 Гб, Video RAM 512 Мб, DVD-R/RW, монитор 19".	Помещение для самостоятельной работы (129337, г. Москва, Ярославское ш, д. 26, корп. 2, Учебный корпус (Библиотека), комн. 10, комн. 41)
		29 персональных компьютеров с конфигурацией: 1,6 ГГц, HDD 80 Гб, RAM 1 Гб, Video RAM 128 Мб, DVD-R/RW, монитор 17".	Помещение для самостоятельной работы (129337, г. Москва, Ярославское ш, д. 26, корп. 2, Учебный корпус (Библиотека), комн. 10)