

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИУЦТ



С.П. Вакуленко

06 октября 2020 г.

Кафедра            «Цифровые технологии управления транспортными процессами»

Автор             Филимонов Андрей Матвеевич, д.ф.-м.н., профессор

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Математические модели в естествознании**

Направление подготовки:	01.03.02 – Прикладная математика и информатика
Профиль:	Математические модели в экономике и технике
Квалификация выпускника:	Бакалавр
Форма обучения:	очная
Год начала подготовки	2017

<p style="text-align: center;">Одобрено на заседании Учебно-методической комиссии Протокол № 3 05 октября 2020 г. Председатель учебно-методической комиссии</p>  <p style="text-align: right;">Н.А. Клычева</p>	<p style="text-align: center;">Одобрено на заседании кафедры</p> <p style="text-align: center;">Протокол № 2 02 октября 2020 г. Заведующий кафедрой</p>  <p style="text-align: right;">В.Е. Нутович</p>
--	--

Москва 2020 г.

## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью преподавания дисциплины «Математические модели в естествознании» является ознакомление студентов с основными, наиболее типичными математическими моделями и идеями, встречающимися в современном естествознании. В курсе основное внимание сосредоточено на тех концепциях, которые встречаются достаточно часто. К таким концепциям можно отнести, во-первых, идею инвариантности законов естествознания относительно выбора систем координат, а во-вторых, дискретные и непрерывные модели (поля и частицы).

## **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО**

Учебная дисциплина "Математические модели в естествознании" относится к блоку 1 "Дисциплины (модули)" и входит в его вариативную часть.

### **2.1. Наименования предшествующих дисциплин**

Для изучения данной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

#### **2.1.1. Дифференциальные уравнения:**

Знания: постановки задач для обыкновенных дифференциальных уравнений

Умения: решать основные обыкновенные дифференциальные уравнения

Навыки: навыки работы с учебной, научной, нормативно-справочной литературой и другими источниками.

#### **2.1.2. Уравнения математической физики:**

Знания: постановки задач для уравнений математической физики.

Умения: уметь решать основные уравнения математической физики.

Навыки: навыки работы с учебной, научной, нормативно-справочной литературой и другими источниками.

### **2.2. Наименование последующих дисциплин**

Результаты освоения дисциплины используются при изучении последующих учебных дисциплин:

#### **2.2.1. Анализ данных и временные ряды**

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:

№ п/п	Код и название компетенции	Ожидаемые результаты
1	ОПК-1 способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	<p>Знать и понимать: современный математический аппарат, позволяющий развиваться в различных областях науки.</p> <p>Уметь: применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат</p> <p>Владеть: способностью использовать компьютерные технологии в научной и познавательной деятельности</p>
2	ОПК-3 способностью к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям	<p>Знать и понимать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные теоремы и положения методов математического моделирования</li> <li>- основные языки программирования и операционные системы</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- строить математические модели, применить на практике результаты математического моделирования</li> <li>- программировать на основных языках</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками аналитического и численного анализа математических моделей</li> <li>- способностью применять в профессиональной деятельности электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии</li> </ul>
3	ПК-1 способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	<p>Знать и понимать: современный уровень развития прикладной математики и информационных технологий; источники данных о современных научных исследованиях.</p> <p>Уметь: проводить научные исследования с использованием новейших математических и информационных достижений, собирать, обрабатывать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по научным, профессиональным проблемам</p> <p>Владеть: владения информацией о перспективах развития современных математических теорий и информационных технологий</p>

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ И АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСАХ

##### 4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет:

3 зачетные единицы (108 ак. ч.).

##### 4.2. Распределение объема учебной дисциплины на контактную работу с преподавателем и самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Количество часов	
	Всего по учебному плану	Семестр 7
Контактная работа	44	44,15
Аудиторные занятия (всего):	44	44
В том числе:		
лекции (Л)	30	30
практические (ПЗ) и семинарские (С)	14	14
Самостоятельная работа (всего)	64	64
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, часы:	108	108
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, зач.ед.:	3.0	3.0
Текущий контроль успеваемости (количество и вид текущего контроля)	КР (1), ПК1, ПК2	КР (1), ПК1, ПК2
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	ЗЧ	ЗЧ

### 4.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7	Раздел 1 Ньютонова механика	6		3/3		10	19/3	
2	7	Тема 1.1 Уравнения Ньютона	2		1/1			3/1	
3	7	Тема 1.2 Одномерные консервативные системы	2		1/1		10	13/1	
4	7	Тема 1.3 Одномерные системы с трением	2		1/1			3/1	
5	7	Раздел 2 Лагранжева механика	5		3/3		12	20/3	
6	7	Тема 2.1 Принцип наименьшего действия в оптике	2		1/1			3/1	
7	7	Тема 2.2 Принцип наименьшего действия в механике	2		1/1		12	15/1	
8	7	Тема 2.3 Инвариантность уравнения Эйлера	1		1/1			2/1	ПК1, Устный опрос
9	7	Раздел 3 Гамильтонова механика	5		3/3		10	18/3	
10	7	Тема 3.1 Преобразование Лежандра	2		1/1			3/1	
11	7	Тема 3.2 Физический смысл гамильтониана в механике	1		1/1		10	12/1	
12	7	Тема 3.3 Гамильтонова система уравнений	2		1/1			3/1	
13	7	Раздел 4 Дополнительные сведения по дифференциальным уравнениям	4		3/3		12	19/3	
14	7	Тема 4.1 Непрерывная зависимость от параметров	1		1/1			2/1	
15	7	Тема 4.2 Дифференцируемость по параметрам	2		1/1			3/1	

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежу- точной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	7	Тема 4.3 Первые интегралы	1		1/1		12	14/1	ПК2, Устный опрос
17	7	Раздел 5 Механика «большого» количества частиц	5		2/2		10	17/2	
18	7	Тема 5.1 Интегральный инвариант	1		1/1			2/1	
19	7	Тема 5.2 Уравнение Лиувилля	2		1/1		10	13/1	
20	7	Тема 5.3 Бездивергентные системы	2					2	
21	7	Раздел 6 Математические модели в экономике	5				10	15	КР
22	7	Тема 6.1 Математическое моделирование динамики стоимости ценных бумаг	1				10	11	
23	7	Тема 6.2 Модель Блэка- Шоулса	2					2	
24	7	Тема 6.3 Система Слуцкого	2					2	
25	7	Зачет						0	ЗЧ
26		Всего:	30		14/14		64	108/14	

#### 4.4. Лабораторные работы / практические занятия

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

Практические занятия предусмотрены в объеме 14 ак. ч.

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
1	7	РАЗДЕЛ 1 Ньютонова механика Тема: Уравнения Ньютона	ПЗ №1. Уравнения второго порядка	1 / 1
2	7	РАЗДЕЛ 1 Ньютонова механика Тема: Одномерные консервативные системы	ПЗ №2. Системы уравнений.	1 / 1
3	7	РАЗДЕЛ 1 Ньютонова механика Тема: Одномерные системы с трением	ПЗ №3. Физическая интерпретация.	1 / 1
4	7	РАЗДЕЛ 2 Лагранжева механика Тема: Принцип наименьшего действия в оптике	ПЗ №4. Уравнение Эйлера.	1 / 1
5	7	РАЗДЕЛ 2 Лагранжева механика Тема: Принцип наименьшего действия в механике	ПЗ №5. Уравнение Эйлера для нескольких переменных.	1 / 1
6	7	РАЗДЕЛ 2 Лагранжева механика Тема: Инвариантность уравнения Эйлера	ПЗ №6. Уравнение Эйлера для нескольких функций	1 / 1
7	7	РАЗДЕЛ 3 Гамильтонова механика Тема: Преобразование Лежандра	ПЗ №7. Построение гамильтонианов.	1 / 1
8	7	РАЗДЕЛ 3 Гамильтонова механика Тема: Физический смысл гамильтониана в механике	ПЗ №8. Гамильтонова система уравнений	1 / 1
9	7	РАЗДЕЛ 3 Гамильтонова механика Тема: Гамильтонова система уравнений	ПЗ №9. Оптико-механическая аналогия	1 / 1

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
10	7	РАЗДЕЛ 4 Дополнительные сведения по дифференциальным уравнениям Тема: Непрерывная зависимость от параметров	ПЗ №10,11. Системы в нормальной и симметрической форме.	1 / 1
11	7	РАЗДЕЛ 4 Дополнительные сведения по дифференциальным уравнениям Тема: Дифференцируемость по параметрам	ПЗ №12,13. Производная по параметру и начальным условиям.	1 / 1
12	7	РАЗДЕЛ 4 Дополнительные сведения по дифференциальным уравнениям Тема: Первые интегралы	ПЗ №14,15. Первые интегралы.	1 / 1
13	7	РАЗДЕЛ 5 Механика «большого» количества частиц Тема: Интегральный инвариант	ПЗ №16,17. Уравнение Лиувилля.	1 / 1
14	7	РАЗДЕЛ 5 Механика «большого» количества частиц Тема: Уравнение Лиувилля	ПЗ №18,19. Преобразование функции фазовым потоком.	1 / 1
ВСЕГО:				14/14

#### 4.5. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Курсовые проекты (работы) :

1. Анализ характера изменения фазового объема заданной динамической системы
2. Показатели Ляпунова и ляпуновская размерность аттрактора
3. Характер асимптотического поведения заданной нелинейной динамической системы
4. Эргодические свойства динамических систем
5. Ляпуновская размерность и формула Каплана – Йорке
6. Алгоритм Бенеттина вычисления ляпуновских показателей
7. Информационная размерность динамических систем
8. Устойчивость по Пуассону и теорема Пуанкаре
9. Динамические системы с инвариантной мерой.
10. Корреляционная размерность и алгоритм Грассберга – Прокаччия.
11. Исследование странного аттрактора.
12. Определение ляпуновской размерности странного аттрактора
13. Построение отображения Пуанкаре.
14. Анализ характера изменения фазового объема



## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Преподавание дисциплины «Методы математического моделирования» осуществляется в форме лекций и практических занятий.

Лекции проводятся в традиционной организационной форме, по типу управления познавательной деятельностью и на 70 % являются традиционными классически-лекционными (объяснительно-иллюстративные), и на 30 % с использованием интерактивных (диалоговых) технологий.

Практические занятия организованы с использованием технологий развивающего обучения. Часть практического курса выполняется в виде традиционных практических занятий (объяснительно-иллюстративное решение задач) в объёме 30 часов. Остальная часть практического курса (24 часа) проводится с использованием интерактивных (диалоговых) технологий, в том числе разбор и анализ конкретных ситуаций, электронный практикум (решение проблемных поставленных задач с помощью современной вычислительной техники и исследование моделей).

Самостоятельная работа студента организована с использованием традиционных видов работы и интерактивных технологий. К традиционным видам работы относятся отработка лекционного материала и отработка отдельных тем по учебным пособиям. К интерактивным (диалоговым) технологиям относится отработка отдельных тем и подготовка к промежуточным контролям в интерактивном режиме, интерактивные консультации в режиме реального времени по специальным разделам и технологиям, основанным на коллективных способах самостоятельной работы студентов.

Оценка полученных знаний, умений и навыков основана на модульно-рейтинговой технологии. Весь курс разбит на 5 разделов, представляющих собой логически завершённый объём учебной информации. Фонды оценочных средств освоенных компетенций включают как вопросы теоретического характера для оценки знаний, так и задания практического содержания (решение ситуационных задач, анализ конкретных ситуаций, работа с данными) для оценки умений и навыков. Теоретические знания проверяются путём применения таких организационных форм, как индивидуальные и групповые опросы, контрольные работы.

Проведение занятий по дисциплине возможно с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, реализуемые с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников.

В процессе проведения занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий применяются современные образовательные технологии, такие как (при необходимости):

- использование современных средств коммуникации;
- электронная форма обмена материалами;
- дистанционная форма групповых и индивидуальных консультаций;
- использование компьютерных технологий и программных продуктов, необходимых для сбора и систематизации информации, проведения требуемых программой расчетов и т.д.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Вид самостоятельной работы студента. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы	Всего часов
1	2	3	4	5
1	7	РАЗДЕЛ 1 Ньютонова механика Тема 2: Одномерные консервативные системы	Изучение учебной литературы из приведенных источников: [1],[2].	10
2	7	РАЗДЕЛ 2 Лагранжева механика Тема 2: Принцип наименьшего действия в механике	Изучение учебной литературы из приведенных источников: [1],[2].	12
3	7	РАЗДЕЛ 3 Гамильтонова механика Тема 2: Физический смысл гамильтониана в механике	Изучение учебной литературы из приведенных источников: [1],[2].	10
4	7	РАЗДЕЛ 4 Дополнительные сведения по дифференциальным уравнениям Тема 3: Первые интегралы	Изучение учебной литературы из приведенных источников: [1],[2].	12
5	7	РАЗДЕЛ 5 Механика «большого» количества частиц Тема 2: Уравнение Лиувилля	Изучение учебной литературы из приведенных источников: [1],[2].	10
6	7	РАЗДЕЛ 6 Математические модели в экономике Тема 1: Математическое моделирование динамики стоимости ценных бумаг	Изучение учебной литературы из приведенных источников: [1],[2].	10
ВСЕГО:				64

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 7.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
1	Элементы теории математических моделей.	Мышкис А.Д.	М.: Наука, 2009 НТБ МИИТ	Раздел 1, Раздел 2, Раздел 3
2	Прикладная математика для инженеров. Специальные курсы	Мышкис А.Д.	М.: Оникс 21 век, 2007 НТБ МИИТ	Раздел 1, Раздел 2, Раздел 3, Раздел 4
3	Конец неопределенности. Время, Хаос, и Новые законы Природы.	Пригожин И.	Ижевск: R&C, 2009 НТБ МИИТ	Раздел 1, Раздел 4

### 7.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
4	Тепловое равновесие по Гиббсу и Пуанкаре.	Козлов В.В.	М.: Изд-во «Факториал-пресс», 2005 НТБ МИИТ	Раздел 2, Раздел 4, Раздел 5
5	Функциональный анализ и его приложения. Учебное пособие	Деркач М.М., Филимонов А.М., Филимонов Д.А.	М.: МИИТ, 2013 НТБ МИИТ	Раздел 1, Раздел 2, Раздел 3, Раздел 4, Раздел 5

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. <http://library.miit.ru/> - электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки МИИТ.
2. <http://www.library.ru/> - информационно-справочный портал Проект Российской государственной библиотеки для молодежи.
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/> Википедия – свободная энциклопедия
4. <http://miit.ru> МИИТ| Об университете| Структура| Кафедры| ИУИТ кафедра «Прикладная математика-1»

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

При организации обучения по дисциплине с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий необходим доступ каждого студента к информационным ресурсам – библиотечному фонду Университета, сетевым ресурсам и информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

В случае проведения занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий может понадобиться наличие следующего программного обеспечения (или их аналогов): ОС Windows, Microsoft Office, Интернет-браузер, Microsoft Teams и т.д.

В образовательном процессе, при проведении занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, могут применяться следующие средства коммуникаций: ЭИОС РУТ(МИИТ), Microsoft Teams, электронная почта, скайп, Zoom, WhatsApp и т.п.

## **10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

В случае проведения занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий необходимо наличие компьютерной техники, для организации коллективных и индивидуальных форм общения педагогических работников со студентами, посредством используемых средств коммуникации. Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Обучение дисциплине предполагает максимальное усвоение материала лекций и практических занятий и предполагает активную роль обучающегося в учебном процессе. Лекционные занятия составляют основу теоретического обучения и должны давать систематизированные основы знаний по дисциплине, раскрывать состояние и перспективы развития соответствующей области науки, концентрировать внимание обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросах, стимулировать их активную познавательную деятельность и способствовать формированию творческого мышления. Главная задача лекционного курса – сформировать системное представление об изучаемом предмете, помочь освоить студенту закономерности развития изучаемой науки, применять полученные знания в конкретных задачах.

Практические занятия связывают теоретический курс с применением его на практике. Задачи практических занятий: закрепление и углубление знаний, полученных на лекциях и приобретенных в процессе самостоятельной работы с учебной литературой, формирование у обучающихся умений и навыков работы с исходными данными, научной литературой и специальными документами. Практическому занятию должно предшествовать ознакомление с лекцией на соответствующую тему и литературой, указанной в плане этих занятий.

Самостоятельная работа может быть успешной при определенных условиях, которые необходимо организовать. Ее правильная организация, включающая технологии отбора целей, содержания, конструирования заданий и организацию контроля, систематичность самостоятельных учебных занятий, целесообразное планирование рабочего времени позволяет привить студентам умения и навыки в овладении, изучении, усвоении и систематизации приобретаемых знаний в процессе обучения, привить навыки повышения профессионального уровня в течение всей трудовой деятельности. Каждому студенту следует составить семестровый и еженедельный планы работы.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения учебной дисциплины, рассмотрены через соответствующие знания, умения и владения. Для проверки уровня освоения дисциплины предлагаются вопросы к экзамену и контрольные опросы, где каждый вариант содержит задания, разработанные в рамках основных тем учебной дисциплины и включающие терминологические задания.

Фонд оценочных средств являются составной частью учебно-методического обеспечения процедуры оценки качества освоения образовательной программы и обеспечивает повышение качества образовательного процесса и входит, как приложение, в состав рабочей программы дисциплины.

Основные методические указания для обучающихся по дисциплине указаны в разделе основная и дополнительная литература.