

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 10 от 27.08.2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Математические модели современного естествознания

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы
Математическое моделирование и искусственный интеллект

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.15 Математические модели современного естествознания относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен решать актуальные задачи прикладной математики и информатики	<p>ПК-1.1: Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и естественных наук и информационных технологий для решения актуальных задач прикладной математики и информатики</p> <p>ПК-1.2: Умеет применять базовые знания математических и естественных наук и информационных технологий для решения актуальных задач прикладной математики и информатики</p> <p>ПК-1.3: Имеет практический опыт решения актуальных задач прикладной математики и информатики</p>	<p>ПК-1.1: Знать значение и роль математического моделирования в познании окружающего мира, процессов и явлений, происходящих в нем Знать понятия динамической системы, ее состояния и оператора, фазового пространства, фазовой траектории, фазового портрета, состояния равновесия, предельного цикла, бифуркации.</p> <p>ПК-1.2: Знать основные математические модели механики, электродинамики, биологии, экологии, химии, изучаемые в дисциплине. Владеть навыками интерпретации результатов исследования математических моде</p> <p>ПК-1.3: Уметь применять базовые знания естественных наук, математики и информатики для выбора и построения адекватных математических моделей для решения задач из предметной области.</p>	<p>Задачи</p> <p>Собеседование</p> <p>Контрольная работа</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Задания</p>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	64
- КСР	2
самостоятельная работа	10
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	
Введение. Простейшие математические модели. Линейные математические модели осцилляторов систем.	20	0	18	18	2
Раздел 1. Нелинейный осциллятор. Автоколебания. Метод точечных отображений.	26	8	16	24	2
Раздел 2. Модели целесообразного поведения, игр и обучения. Марковские процессы с доходами.	14	6	6	12	2
Раздел 3. Диффузные и волновые процессы.	16	6	8	14	2
Раздел 4. Управляемые динамические системы.	19	8	10	18	1
Раздел 5. Модели оптимизации.	11	4	6	10	1
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	32	64	98	10

Содержание разделов и тем дисциплины

Цели и задачи дисциплины: освоение методов построения, анализа и интерпретации моделей для изучения реальных систем.

Введение. Простейшие математические модели. Линейные математические модели осцилляторных систем.

Раздел 1. Нелинейный осциллятор. Автоколебания. Метод точечных отображений.

Раздел 2. Модели целесообразного поведения, игр и обучения. Марковские процессы с доходами.

Раздел 3. Диффузные и волновые процессы.

Раздел 4. Управляемые динамические системы.

Раздел 5. Модели оптимизации.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

Концепции современного естествознания, <https://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=787>.

Иные учебно-методические материалы:

1. Болотов М.И., Губина Е.В. ЗАДАЧИ ДЛЯ КУРСА «КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»: Практикум. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2022. – 38 с.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. За какое время вытечет вода из цилиндрического бака диаметром 2 м и высотой 3 м через отверстие внизу диаметром 4 см? Ось бака вертикальна.

2. Две массы m , скрепленные пружиной жесткости k , движутся вдоль горизонтальной прямой без трения. Написать уравнения движения, найти решение и дать его интерпретацию.

3. Исследовать взаимодействие двух популяций и нарисовать фазовый портрет $dx/dt=3x-2x^2-xy$, $dy/dt=2y-y^2-2xy$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Решение задачи верное или содержит несущественные ошибки.
не зачтено	При решении задачи допущены грубые ошибки. Задача не решена.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Понятия «состояние», «оператор», «динамическая система».
2. Фазовое пространство и фазовый портрет.
3. Марковский процесс как новый тип динамической системы.
4. Дифференциальное уравнение как способ задания оператора динамической системы.
5. Модель Торричелли вытекания жидкости из худого сосуда.
6. Уточнение модели Торричелли.
7. Модель «приток-отток». Сифон.
8. Маятник, его фазовое пространство и фазовый портрет.
9. Модель загрязнения водоема с заливом.
10. Энергетическая модель работы сердца.
11. Энергетическая модель ГЭС.
12. Принцип наименьшего действия, уравнение Лагранжа.
13. Динамический демпфер.
14. Модель «хищник-жертва»

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Вариант 1

1. Лодка замедляет свое движение под действием сопротивления воды, которое пропорционально скорости движения. Начальная скорость лодки 1.5 м/сек, скорость ее через 4 сек равна 1 м/сек. Когда скорость лодки уменьшится до 1 см/сек? Какой путь может пройти лодка до полной остановки?
2. За какое время вытечет вся вода из бака размерами $S \times H$, если у него есть два отверстия с эффективным сечением σ , одно в дне, а другое в боковой стенке на высоте $H_1 < H$.

Вариант 2

1. Два парашютиста прыгают с высоты 1.5 км один за другим с интервалом времени 3 минуты. Первый сразу раскрывает парашют, а второй – лишь на высоте 0.5 км от земли. Который из них приземлится первым, если предельная скорость падения без парашюта равна 50 м/сек, а с парашютом 5 м/сек?
2. Воронка имеет форму конуса радиуса $R=0.5$ м и высоты $H=1$ м, обращенного вершиной вниз. За какое время вытечет вся вода из воронки через круглое отверстие радиуса 2 см, сделанное в вершине конуса?

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Решение задач верное или содержит несущественные ошибки.
не зачтено	При решении задач допущены грубые ошибки. Задачи не решена.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

					ошибок		
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Задание 1.

1. Динамическая система. Пространство состояний и оператор. Фазовый портрет. Игра "Жизнь" Конуэя.
2. За какое время вытечет вода из цилиндрического бака диаметром 2 м и высотой 3 м через отверстие внизу диаметром 4 см? Ось бака вертикальна.

Задание 2.

1. Дифференциальные уравнения как один из способов задания оператора динамической системы. Геометрический смысл дифференциального уравнения. Примеры.
2. За какое время вытечет вода из цилиндрического бака диаметром 2 м и высотой 3 м через отверстие внизу диаметром 4 см? Ось бака горизонтальна.

Задание 3

1. Модель «Втекание – вытекание». Понятие равновесия и его устойчивости.
2. За какое время вытечет вода из цилиндрического бака диаметром 2 м и высотой 3 м через два отверстия диаметром 4 см, одно внизу, а второе в боковой стенке на высоте 1м? Ось бака вертикальна.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорош
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

Оценка	Критерии оценивания

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Неймарк Юрий Исаакович. Математические модели в естествознании и технике : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика" и специальности 010200 "Прикладная математика и информатика" / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 2004. - 401 с. - ISBN 5-85746-496-X : 80.00., 156 экз.
2. Неймарк Юрий Исаакович. Динамические модели теории управления. - М. : Наука, 1985. - 400 с. : ил. - 3.80., 57 экз.

Дополнительная литература:

1. Неймарк Юрий Исаакович. Динамические системы и управляемые процессы. - М. : Наука, 1978. - 336 с. : ил. - 1.50., 40 экз.
2. Кузнецов Юрий Алексеевич. Математические модели современного естествознания : Избранные математические модели динамики биологических систем : учеб.-метод. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 080100 "Экономика" и специальности 080116 "Мат. методы в экономике" / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : ННГУ, 2010-. Математические модели современного естествознания . Ч. 1. - Н. Новгород, 2010. - 101 с. - 28.47., 39 экз.
3. Андронов Александр Александрович. Теория колебаний / с предисл. Л. И. Мандельштама. - 2-е изд. - М. : Наука, 1981. - 568 с. : ил. - 2.60., 274 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Дмитриев А.В. «Моделирование процессов и систем. Нелинейные динамические системы». — НИУ ВШЭ. [Электронный ресурс] // Современная цифровая образовательная среда РФ. [сайт]. URL: <https://online.edu.ru/public/course?cid=123460>
2. Бабаева М. А. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] // Современная цифровая образовательная среда РФ. [сайт]. URL: <https://online.edu.ru/public/course?faces-redirect=true&cid=3806>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Губина Елена Васильевна, кандидат физико-математических наук
Кадина Елена Юрьевна
Болотов Максим Ильич, кандидат физико-математических наук.

Рецензент(ы): Ломакина Любовь Сергеевна.

Заведующий кафедрой: Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25.06.2025, протокол № Протокол №11.