

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
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
Президиумом Ученого совет ННГУ
протокол от
«14» декабря 2021 г. № 4

Рабочая программа дисциплины

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

01.03.02 Прикладная математика и информатика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Системный анализ, исследование операций и управление

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

Очно-заочная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.01, “Концепции современного естествознания” относится к части ООП направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, формируемой участниками образовательных отношений.

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**	
<i>УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</i>	<i>УК-1.1. Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации</i>	Знать: - основные факты из математического анализа, геометрии и алгебры и других дисциплин, на которые опирается изучение курса «Концепции современного естествознания», – концепцию динамической системы как универсального метода моделирования реальных процессов самой разнообразной (как детерминированной, так и вероятностной) природы; – понятия состояния и оператора динамической системы, фазового пространства, фазовой траектории, фазового портрета, состояния равновесия, предельного цикла, бифуркации; – основные математические модели механики, электродинамики, биологии, экологии, химии, изучаемые в дисциплине.	<i>Собеседование</i>
	<i>УК-1.2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности</i>	Уметь: – применять базовые знания естественных наук, математики и информатики для выбора и построения адекватных математических моделей для решения задач современного естествознания; – проводить классификацию типов моделей динамических систем.	<i>Собеседование</i> <i>Контрольная работа</i>

	УК-1.3. <i>Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов</i>	Владеть: – естественнонаучным мировоззрением на окружающий мир; – навыками использования различных информационных источников для поиска научной информации об изучаемом объекте или явлении.	<i>Собеседование</i>
ПК-1.: <i>Способен участвовать в исследовании математических моделей в естественных науках и технике</i>	ПК-1.1.: <i>Знает методы создания, анализа и исследования математических моделей в естественных науках и технике</i>	Знать: – значение и роль математического моделирования в познании окружающего мира, процессов и явлений, происходящих в нем; – методы разработки и изучения математических моделей	<i>Задачи</i>
	ПК-1.3.: <i>Умеет корректно использовать методы создания, анализа и исследования математических моделей, умеет применять численные и аналитические методы решения базовых математических задач и классических задач естествознания в практической деятельности</i>	Уметь: – строить модели разного типа для явлений и объектов различной природы, аналогичной ранее рассмотренным; – применять методы аналитического исследования моделей; – выбирать и использовать численные методы исследования построенных моделей;	<i>Контрольная работа</i>
	ПК-1.4.: <i>Владеет навыками использования математических методов обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований</i>	Владеть: – общими математическими методами обработки экспериментальных данных; – использованием математических пакетов для выполнения обработки первичных экспериментальных данных; – навыками интерпретации результатов обработки данных экспериментов и идентификации математических моделей.	<i>Собеседование</i>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
--	-----------------------------

Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	51
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	16
- занятия лабораторного типа	0
- текущий контроль (КСР)	3
самостоятельная работа	57
Промежуточная аттестация – экзамен, зачет	36

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Раздел 1. Введение. Математическая модель и динамические системы. Экспоненциальные процессы.	25	8	4	0	12	13
Раздел 2. Балансовые динамические модели.	25	8	4	0	12	13
Раздел 3. Линейный осциллятор. Электромеханические аналогии и уравнение Лагранжа.	28	10	5	0	15	13
Раздел 4. Математические модели сосуществования.	27	6	3	0	9	18
Текущий контроль (КСР)	3				3	
Промежуточная аттестация – экзамен и зачет	36					
Итого	144	32	16	0	51	57

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание темы	Форма текущего контроля
1	Раздел 1	Введение. Математическая модель и динамические системы. Экспоненциальны	Проверка выполнения самостоятельной работы в форме реферата проектной работы на заданную тему

		е процессы.	
	Раздел 2.	Балансовые динамические модели.	Проверка выполнения самостоятельной работы в форме проектной работы на заданную тему. Выступление Студентов на семинаре
	Раздел 3.	Линейный осциллятор. Электромеханические аналогии и уравнение Лагранжа.	Выступление студентов на семинаре с
	Раздел 4.	Математические модели сосуществования.	Выступление студентов на семинаре

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет, экзамен).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Ниже приводятся виды самостоятельной работы студентов, порядок их выполнения и контроля, приводится учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы по ее отдельным видам и разделам дисциплины.

Виды самостоятельной работы студентов:

- проработка теоретического материала лекционных занятий;
- подготовка домашних заданий к научно-практическим занятиям;
- подготовка к выполнению письменных контрольных работ;
- подготовка к промежуточной аттестации в форме зачета.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс, созданный в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru/>.
<https://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=787>

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно

(индикатора достижения компетенций)	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 ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без 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.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. 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 недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»

	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1 Контрольные вопросы к экзамену

№	Вопрос	Код компетенции
1.	Понятие состояния динамической системы.	УК-1, ПК-1
2.	Определение фазового пространства.	УК-1, ПК-1
3.	Свойства оператора динамической системы.	УК-1, ПК-1
4.	Что составляет модель динамической системы.	УК-1, ПК-1
5.	Фазовая траектория. Понятие фазового портрета.	УК-1, ПК-1
6.	Бифуркационные значения параметров.	УК-1, ПК-1
7.	Параметрический портрет.	УК-1, ПК-1
8.	Что такое состояние равновесия динамической системы. Способ отыскания.	УК-1, ПК-1
9.	Что такое линеаризация правых частей дифференциальных уравнений $dx/dt=P(x,y)$, $dy/dt=Q(x,y)$	УК-1, ПК-1
10.	Типы состояний равновесия системы дифференциальных уравнений $dx/dt=P(x,y)$, $dy/dt=Q(x,y)$ с аналитическими правыми частями.	УК-1, ПК-1
11.	Что такое предельный цикл (устойчивый/неустойчивый). Метод отыскания, роль в фазовом пространстве.	УК-1, ПК-1
12.	Метод отыскания предельного цикла. Какие изменения динамической системы отвечают устойчивому предельному циклу.	УК-1, ПК-1
13.	Могут ли быть реализованы изменения состояния динамической системы, отвечающие неустойчивому предельному циклу? Его роль в фазовом пространстве.	УК-1, ПК-1
14.	Метод точечных отображений. Секущая Пуанкаре.	УК-1, ПК-1
15.	Секущая Пуанкаре. Функция проследования.	УК-1, ПК-1
16.	Функция проследования. Диаграмма Кёнигса-Ламерея.	УК-1, ПК-1
17.	Неподвижная точка точечного отображения. Устойчивость (неустойчивость) неподвижной точки.	УК-1, ПК-1
18.	Устойчивость (неустойчивость) неподвижной точки точечного отображения прямой в прямую.	УК-1, ПК-1
19.	Фазовая траектория, отвечающая устойчивой (неустойчивой) неподвижной точке отображения секущей Пуанкаре в себя.	УК-1, ПК-1

20.	Диаграмма Кёнигса-Ламерея в случае параметрического задания функции последования.	УК-1, ПК-1
21.	Множество состояний и фазовое пространство динамической системы, описывающей плоские колебания физического маятника.	УК-1, ПК-1
22.	Математическая модель сосуществования видов.	УК-1, ПК-1
23.	Математическая модель лампового генератора с неоновой лампочкой.	УК-1, ПК-1
24.	Математическая модель автомата (детерминированного, стохастического).	УК-1, ПК-1
25.	Автомат с линейной тактикой (детерминированный, стохастический)	УК-1, ПК-1
26.	Математическая модель автомата в среде	УК-1, ПК-1
27.	Математическая модель игры автоматов	УК-1, ПК-1
28.	Автономный стохастический автомат как марковская система. Эргодичность марковских систем	УК-1, ПК-1
29.	Математическая модель двухпозиционного авторулевого.	УК-1, ПК-1
30.	Математическая модель эволюции генотипа.	УК-1, ПК-1
31.	Математическая модель перекрестка	УК-1, ПК-1
32.	Условия возникновения стохастических колебаний в RLC контуре.	УК-1, ПК-1
33.	Математическая модель часов с одним ударом за период.	УК-1, ПК-1

5.2.2. Вопросы к зачёту по дисциплине «Концепции современного естествознания»

№	Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1.	Понятие состояния динамической системы.	УК-1, ПК-1
2.	Определение фазового пространства.	УК-1, ПК-1
3.	Оператора динамической системы.	УК-1, ПК-1
4.	Модель динамической системы.	УК-1, ПК-1
5.	Понятие фазового портрета и	УК-1, ПК-1
6.	Параметрический портрет.	УК-1, ПК-1
7.	Состояние равновесия динамической системы.	УК-1, ПК-1
8.	Понятие предельного цикла и методы отыскания	УК-1, ПК-1
9.	Метод точечных отображений.	УК-1, ПК-1
10.	Неподвижная точка точечного отображения. Устойчивость (неустойчивость) неподвижной точки.	УК-1, ПК-1
11.	Фазовая траектория, отвечающая устойчивой (неустойчивой) неподвижной точке отображения.	УК-1, ПК-1
12.	Множество состояний и фазовое пространство динамической системы для плоских колебаний физического маятника.	УК-1, ПК-1
13.	Математическая модель сосуществования видов.	УК-1, ПК-1
14.	Математическая модель лампового генератора с неоновой лампочкой.	УК-1, ПК-1
15.	Математическая модель автомата (детерминированного, стохастического).	УК-1, ПК-1
16.	Автомат с линейной тактикой (детерминированный, стохастический)	УК-1, ПК-1
17.	Математическая модель автомата в среде и игры автоматов.	УК-1, ПК-1
18.	Математическая модель двухпозиционного авторулевого.	УК-1, ПК-1
19.	Математическая модель эволюции генотипа.	УК-1, ПК-1
20.	Математическая модель перекрестка	УК-1, ПК-1
21.	Математическая модель часов с одним ударом за период.	УК-1, ПК-1

5.2.3. Типовые вопросы собеседования для оценки компетенции «УК-1, ПК-1»

1. Понятие математической модели
2. Основные принципы построения математических моделей
3. Понятия динамической системы, ее состояния и оператора, фазового пространства, фазовой траектории, фазового портрета, состояния равновесия, предельного цикла, бифуркаций
4. Аналитические и качественные методы построения фазового портрета
5. Понятие о дискретных и распределенных динамических системах
6. Основные дискретные математические модели механики, электродинамики, биологии, экологии, химии
7. Понятие об электромеханических аналогиях
8. Понятие об уравнениях Лагранжа – Максвелла и о моделях в форме вариационных принципов (на примере принципа наименьшего действия по Гамильтону)

5.2.4. Типовые задачи контрольной работы для оценки компетенции «УК-1, ПК-1»

Вариант №1

1. В прямоугольный бак размером $1m \times 1,5m \times 1m$ поступает 4 литра воды в секунду. В дне имеется отверстие площадью $3cm^2$. За какое время наполнится бак?
2. На вращающейся с постоянной угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси Oy кривой $x^2 + \frac{1}{4}y^2 = 1$ в поле силы тяжести находится материальная точка. Написать математическую модель движения точки, построить фазовый портрет и дать ему динамическую интерпретацию.

Вариант №2

1. В бак сечением S поступает вода интенсивностью P . Через отверстие в дне эффективным сечением $\sigma \ll S$ она поступает во второй бак емкостью V . Когда наполнится второй бак, если вначале первый бак был полным, а второй пустым.
2. На вращающейся с постоянной угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси Oy кривой $y = \frac{1}{1-x^2}$ в поле силы тяжести находится материальная точка. Написать математическую модель движения точки, построить фазовый портрет и дать ему динамическую интерпретацию.

Вариант №3

1. Вода из первого бака размерами $S \times H$ через отверстие в дне эффективным сечением $\sigma \ll S$ поступает во второй бак тех же размеров и с дыркой в дне с эффективным сечением σ . Когда количество воды во втором баке будет максимальным?
2. На вращающейся с постоянной угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси Oy кривой $y = x^4$ в поле силы тяжести находится материальная точка. Написать математическую модель движения точки, построить фазовый портрет и дать ему динамическую интерпретацию.

Вариант №4

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 $R = 0,5 m$ и высоты $H = 1m$, обращенного вершиной вниз. За какое время вытечет вся вода из воронки через круглое отверстие радиуса 2 см, сделанное в вершине конуса?

Вариант №5

1. В баке находится 100 литров раствора, содержащего 10 кг соли. В бак вливается 5 литров чистой воды в минуту и смесь с той же скоростью вытекает во второй бак вместимостью 100 литров, заполненный чистой водой. Избыток жидкости из него вытекает с той же скоростью 5 литров в минуту в третий бак вместимостью 100 литров, заполненный чистой водой. В баках имеет место полное перемешивание. Когда количество соли в третьем баке будет максимальным и чему оно равно?
2. В прямоугольный бак размером $1\text{ м} \times 1,5\text{ м} \times 1\text{ м}$ поступает 4 литра воды в секунду. В дне имеется отверстие площадью 3 см^2 . За какое время наполнится бак?

Вариант №6

1. В сосуд, содержащий 10 литров воды, поступает со скоростью 2 литра в минуту раствор, в каждом литре которого содержится 0,3 кг соли. Поступающий раствор перемешивается с водой и смесь вытекает из сосуда с той же скоростью. Сколько соли будет в сосуде через 5 минут?
2. В бак сечением S поступает вода интенсивностью P . Через отверстие в дне эффективным сечением $\sigma \ll S$ она поступает во второй бак емкостью V . Когда наполнится второй бак, если вначале оба бака были пустыми.

5.2.6. Примеры заданий (оценочных средств), выносимых на экзамен и зачет

Задача 1. Два парашютиста прыгают с высоты 2,5 км один за другим с интервалом времени 3 минуты. Первый сразу раскрывает парашют, а второй – лишь на высоте 1,5 км от земли. Который из них приземлится первым, если предельная скорость падения без парашюта равна 50 м/сек, а с парашютом 5 м/сек?

Задача 2. Воронка имеет форму конуса радиуса $R = 0,5\text{ м}$ и высоты $H = 1\text{ м}$, обращенного вершиной вниз. За какое время вытечет вся вода из воронки через круглое отверстие радиуса 4 см, сделанное в вершине конуса?

Задача 3. В баке находится 200 литров раствора, содержащего 20 кг соли. В бак вливается 10 литров чистой воды в минуту и смесь с той же скоростью вытекает во второй бак вместимостью 200 литров, заполненный чистой водой. Избыток жидкости из него вытекает с той же скоростью 10 литров в минуту в третий бак вместимостью 200 литров, заполненный чистой водой. В баках имеет место полное перемешивание. Когда количество соли в третьем баке будет максимальным и чему оно равно?

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Неймарк Ю.И. Математические модели в естествознании и технике. Учебник. – Н. Новгород, Издательство Нижегородского госуниверситета им. Н.И.Лобачевского, 2004. – 401 с. (161 экз.)
2. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М. 1981.-568 с. (37 экз)
3. Кузнецов Ю.А. Математические модели современного естествознания. Часть 1. Н. Новгород, Издательство Нижегородского госуниверситета им. Н.И.Лобачевского, 2010.. – 101 с. (40 экз.)

б) дополнительная литература:

1. Неймарк Ю.И. Динамические системы и управляемые процессы. М.: Наука, 1976.- 336 с.(37 экз.)

2. Неймарк Ю.И., Коган Н.Я., Савельев В.П. «Динамические модели теории управления». М.: Наука, 1985.- 400 с. (144 экз.)

в) Интернет ресурсы

1. Научная электронная библиотека режим доступа <http://elibrary.ru/>
EqWorld. Мир математических уравнений. Электронный ресурс, содержащий электронные версии книг в свободном доступе: режим доступа <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: имеются в наличии учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Наличие рекомендованной литературы.

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 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Автор (ы): к.ф.-м.н., доц. каф. ТУиДС _____ В.П.Савельев, Т.А.Леванова

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой ТУиДС, д.ф.-м.н. _____ Осипов Г.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 01.12.2021 года, протокол № 2.