

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
«National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Working programme of the discipline**

Mathematical Modeling in Natural Sciences

---

Higher education level

Bachelor degree

---

Area of study / speciality

02.03.02 - Fundamental Informatics and Information Technology

---

Focus /specialization of the study programme

General Profile

---

Mode of study

full-time

---

Nizhny Novgorod

Year of commencement of studies 2025

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.02 Математическое моделирование в естественных науках 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
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1: Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации УК-1.2: Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности УК-1.3: Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов	УК-1.1: Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации  УК-1.2: Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности  УК-1.3: Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов	Собеседование Задания	Зачёт: Задания

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>10</b>

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	10
- КСР	1
самостоятельная работа	87
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

### 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			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		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	
Тема 1. Введение. Научный метод, эволюционные процессы и динамические системы / Introduction. / Scientific method in evolution dynamical system	5	0.5	0.5	1	4
Тема 2. Экспоненциальные процессы / Exponential processes	5	0.5	0.5	1	4
Тема 3. Балансовые и гравитационные модели / Balanced and gravity models	5	0.5	0.5	1	4
Тема 4. Расчет собственных колебаний для модели с начальными напряжениями / Computer researches of eigen vibrations	5	0.5	0.5	1	4
Тема 5. Модели сосуществования в биологии и экологии / Models of coexistence in biology and ecology	6	0.5	0.5	1	5
Тема 6. Линейный и нелинейный осцилляторы / Linear and nonlinear oscillators	7	0.5	0.5	1	6
Тема 7. Математические модели в химии / Mathematical models in chemistry	7	0.5	0.5	1	6
Тема 8. Электромеханические аналогии и уравнения Лагранжа-Максвелла / Electromechanical analogy in equations Lagrange-Maxwel.	7	0.5	0.5	1	6
Тема 9. Построение расчетной модели, визуализация результатов численного моделирования / Getting models, visualizations of results computer modelling	7	0.5	0.5	1	6
Тема 10. Обзор методов расчета задач механики деформируемого твердого тела (МДТТ) / Computer methods in mechanics deformable solid body	7	0.5	0.5	1	6
Тема 11. Расчет статических задач МДТТ / Static tests in mechanics deformable solid body	7	0.5	0.5	1	6
Тема 12. Расчет форм и частот собственных колебаний / Calculation of mode and frequencies of eigen oscillations	7	0.5	0.5	1	6
Тема 13. Расчет вынужденных колебаний / Calculation of constrained vibrations	8	1	1	2	6

Тема 14. Расчет оптимальных параметров динамического гасителя колебаний / Calculation of optimal parameters of dynamical oscillation damper	8	1	1	2	6
Тема 15. Расчет устойчивости в пространстве параметров уравнения Матье-Хилла / Definition stability regions in equation Matie-Hilla parameters	8	1	1	2	6
Тема 16. Расчет устойчивости в одной электромеханической системе / Calculation of stability regions in electromechanical system	8	1	1	2	6
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	10	10	21	87

### Contents of sections and topics of the discipline

- Тема 1. Введение. Научный метод, эволюционные процессы и динамические системы / Introduction. / Scientific method in evolution dynamical system
- Тема 2. Экспоненциальные процессы / Exponential processes
- Тема 3. Балансовые и гравитационные модели / Balanced and gravity models
- Тема 4. Расчет собственных колебаний для модели с начальными напряжениями / Computer researches of eigen vibrations
- Тема 5. Модели сосуществования в биологии и экологии / Models of coexistence in biology and ecology
- Тема 6. Линейный и нелинейный осцилляторы / Linear and nonlinear oscillators
- Тема 7. Математические модели в химии / Mathematical models in chemistry
- Тема 8. Электромеханические аналогии и уравнения Лагранжа-Максвелла / Electromechanical analogy in equations Lagrange-Maxwel.
- Тема 9. Построение расчетной модели, визуализация результатов численного моделирования / Getting models, visualizations of results computer modelling
- Тема 10. Обзор методов расчета задач механики деформируемого твердого тела (МДТТ) / Computer methods in mechanics deformable solid body
- Тема 11. Расчет статических задач МДТТ / Static tests in mechanics deformable solid body
- Тема 12. Расчет форм и частот собственных колебаний / Calculation of mode and frequencies of eigen oscillations
- Тема 13. Расчет вынужденных колебаний / Calculation of constrained vibrations
- Тема 14. Расчет оптимальных параметров динамического гасителя колебаний / Calculation of optimal parameters of dynamical oscillation damper
- Тема 15. Расчет устойчивости в пространстве параметров уравнения Матье-Хилла / Definition stability regions in equation Matie-Hilla parameters
- Тема 16. Расчет устойчивости в одной электромеханической системе / Calculation of stability regions in electromechanical system

### 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.

## **5. Assessment tools for ongoing monitoring of learning progress and interim certification in the discipline (module)**

### **5.1 Model assignments required for assessment of learning outcomes during the ongoing monitoring of learning progress with the criteria for their assessment:**

#### **5.1.1 Model assignments (assessment tool - Interview) to assess the development of the competency УК-1:**

1. Проблема взаимоотношений гуманитарных и естественных наук. Место математики в системе наук. Что такое эволюционный процесс. Что, значит, изучить эволюционный процесс. Математика и научный метод.
2. экспоненциального процесса. Свойства его решений. Время удвоения и уменьшения вдвое. Конкретные примеры экспоненциальных процессов.
3. Истечение жидкости из сосуда. Простейшая модель на основе закона Торричелли. Время вытекания. Ограниченность простейшей модели.
4. Математическая модель засоления водоёма с заливом. Равновесные состояния, их устойчивость и установление.
5. Динамика изолированной популяции. Модели «хищник – жертва», антагонизм, симбиоз.
6. . Модели химических реакций.
7. Грузик на пружине и электрический контур из самоиндукции и ёмкости. Уравнения движения и их аналогии.
8. Линейный осциллятор. Фазовый и бифуркационный портреты.
9. Генератор электрических колебаний и нелинейный осциллятор Ван-дер-Поля. Автоколебания, мягкий и жёсткий режимы их возбуждения. Фазовые портреты и бифуркационные диаграммы.
10. Неустойчивость и автоколебания, вызываемые сухим трением.
11. Стохастический осциллятор и стохастические колебания.
12. Понятие об управлении и обратной связи в природе и технике. Стабилизация перевернутого маятника. Авторул
13. Вынужденные колебания линейного осциллятора. Амплитудно-фазовая частотная характеристика.
14. Параметрическое возбуждение и параметрический резонанс.

15. Два связанных осциллятора. Парциальные и нормальные частоты. Явление биений и перекачки энергии.

### Assessment criteria (assessment tool — Interview)

Grade	Assessment criteria
pass	1) Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. 2) Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. 3) Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. 4) Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Без ошибок. 5) Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
fail	1) Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. 2) Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

### 5.1.2 Model assignments (assessment tool - Assignments) to assess the development of the competency УК-1:

Примеры заданий:

1. Часы Галилея – Гюйгенса как автоколебательная система. / Watch Galilei – Huygens as a self-oscillating system
2. Генератор электрических колебаний. Уравнение Ван-дер-Поля. Амплитуда автоколебаний. / The generator of electric oscillations. The equation of van der Pol. The amplitude of self-oscillations
3. Мягкий и жесткий режимы возбуждения автоколебаний. / Soft and hard modes of excitation of self-oscillations
4. Стохастический осциллятор – «часы наоборот». Фазовый портрет и точечное отображение. Непредсказуемость и случайность его движений / Stochastic oscillator - "clock on the contrary". Phase portrait and point mapping. Unpredictability and randomness of his movements.

Полный перечень заданий приведен в ФОС дисциплины.

### Assessment criteria (assessment tool — Assignments)

Grade	Assessment criteria
pass	1) Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами. 2) Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. 3) Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. 4) Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. 5) Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
fail	1) Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа. 2) При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.

## 5.2. Description of scales for assessing learning outcomes in the discipline during interim certification

### 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 ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<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 недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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

### Scale of assessment for interim certification

Grade	Assessment criteria
pass	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have

	<b>outstanding</b>	been developed at a level no lower than "outstanding", the knowledge and skills for the relevant competencies have been demonstrated at a level higher than the one set out in the programme.
	<b>excellent</b>	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "excellent",
	<b>very good</b>	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "very good",
	<b>good</b>	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "good",
	<b>satisfactory</b>	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "satisfactory", with at least one competency developed at the "satisfactory" level.
<b>fail</b>	<b>unsatisfactory</b>	At least one competency has been developed at the "unsatisfactory" level.
	<b>poor</b>	At least one competency has been developed at the "poor" level.

### 5.3 Model control assignments or other materials required to assess learning outcomes during the interim certification with the criteria for their assessment:

#### 5.3.1 Model assignments (assessment tool - Assignments) to assess the development of the competency УК-1

Примеры заданий:

1. Колебания двух связанных осцилляторов. Нормальные колебания и частоты. Явление биений и перекачки энергии. / Oscillations of two coupled oscillators. Normal oscillations and frequencies. The phenomenon of beats and energy transfer
1. Стабилизация перевёрнутого маятника с помощью управления. Стабилизация вертикального положения и точки опоры. / Stabilization of the inverted pendulum by control. Stabilization of vertical position and supports
2. Стабилизация курса лодки и корабля. / Boat and ship course stabilization
3. Почему не удаётся жонглировать короткой палочкой. / Why can't I juggle with a short stick
4. Автоматные модели игр и обучения. Простейшие детерминированные модели игроков и их парных игр в отгадывание. / Automatic models of games and training. The simplest deterministic models of players and their pair games in guessing
5. Стохастические марковские модели игроков и их игр в отгадывание. / Stochastic Markov models for the players and their games in guessing
6. Марковские процессы с доходами. Выбор стратегии. / Markov processes with revenues. The choice and strategy
7. Конфликты и партнёрство. Пример Гермейера. / Conflict and partnership. Hermeyer's Example.

Полный перечень заданий приведен в ФОС дисциплины.

#### Assessment criteria (assessment tool — Assignments)

Grade	Assessment criteria
pass	1)Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами. 2)Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. 3)Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. 4)Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. 5)Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
fail	1)Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа. 2)При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.

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

Основная литература:

1. Савельев Владимир Петрович. Concepts of natural sciences = Концепции современного естествознания : учебно-методическое пособие / В. П. Савельев, А. В. Островский, Г. В. Кузенкова ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2018. - 82 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=796338&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Стребуляев Сергей Николаевич. Компьютерная алгебра «MAPLE» в инженерии = Computer algebra «MAPLE» in engineering : учебно-методическое пособие / С. Н. Стребуляев, Н. Л. Орлова ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2018. - 152 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=795867&idb=0>.

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

Juri I. Neimark, Translated by Kogan, M.M., Gloumov, V. Mathematical Models in Natural Science and Engineering. Foundations of Engineering Mechanics . 2003. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. eBook ISBN 978-3-540-47878-2. DOI 10.1007/978-3-540-47878-2. Hardcover ISBN 978-3-540- 43680-5. Softcover ISBN 978-3-642-53682-3. Series ISSN 1612-1384.  
<http://www.springer.com/la/book/9783540436805>

## 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 02.03.02 - Fundamental Informatics and Information Technology.

Авторы: Стребуляев Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Калинин Алексей Вячеславович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.