

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория нелинейного резонанса

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

01.04.01 - Математика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная математика и приложения

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.14 Теория нелинейного резонанса относится к обязательной части 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 критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1: Знать методы критического анализа проблемных ситуаций УК-1.2: Уметь вырабатывать стратегию действий при возникновении критических ситуаций УК-1.3: Владеть основами системного подхода к анализу проблемных ситуаций	УК-1.1: Знать основные научные подходы к исследованию базовых нелинейных уравнений с монотонным и немонотонным вращением. УК-1.2: Уметь выделять и систематизировать основные идеи в научных работах УК-1.3: Владеть навыками анализа и систематизации информации по нелинейным резонансам, навыками выбора методов исследования нелинейных колебательных систем.	Реферат	Зачёт: Задания Контрольные вопросы
ОПК-2: Способен строить и анализировать математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении	ОПК-2.1: Знает математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении ОПК-2.2: Умеет модифицировать, анализировать и реализовывать математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении ОПК-2.3: Владеет навыками модификации, анализа и	ОПК-2.1: Знать_ основные понятия теории динамических систем с вращением, определения и свойства математических объектов в этой области, формулировки утверждений, методы их доказательства, возможные сферы их приложений, базовые знания методов исследования резонансов в нелинейных систем, близких к интегрируемым.	Реферат	Зачёт: Задания Контрольные вопросы

	реализации новых математических моделей в современном естествознании, технике, экономике и управлении	<p>ОПК-2.2: Уметь анализировать современные задачи и использовать на практике математические методы теории нелинейного резонанса.</p> <p>ОПК-2.3: Владеть опытом нахождения, анализа и использования на практике математических методов теории возмущений, теории нелинейного резонанса.</p>		
--	---	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	75
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			
		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	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о

Тема 1. Введение. Примеры систем с монотонным вращением	23	4	4	8	15
Тема 2. Примеры систем с немонотонным вращением	28	4	4	8	20
Тема 3. Резонансы в линейных системах.	28	4	4	8	20
Тема 4. Резонансы в системах с $3/2$ степенями свободы	28	4	4	8	20
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	16	16	33	75

Содержание разделов и тем дисциплины

Введение. Примеры систем с монотонным вращением.

1) Дифференциальные уравнения:

математический маятник, уравнения Дюффинга. Исследование зависимости периода вращения от значения интеграла энергии.

2) Отображение Чирикова. Число вращения.

Примеры систем с немонотонным вращением.

1) Маятниковые уравнения.

2) Уравнения типа Дюффинга 3) Двумерные отображения. Выступление студентов на семинаре с представлением перевода и объяснением результатов научных статей.

Резонансы в линейных системах.

Резонансы в квазилинейных системах. Пример, проясняющий роль нелинейности.

Пример, проясняющий роль предельных циклов.

Резонансы в системах с $3/2$ степенями свободы, близких к нелинейным гамильтоновым.

Невырожденные и вырожденные резонансы

.

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:

- электронный курс "Теория нелинейного резонанса (МАТЕМАТИКА 1 мар)" (<https://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=6849>).

Иные учебно-методические материалы: 1) Морозов А.Д. Введение в математические методы нелинейной динамики. Электронное учебно-методическое пособие. — Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012.

— 98 с. Пер. №480.12.06. http://www.unn.ru/books/met_files/MMND-Book.pdf

2) Программа WInSet (Драгунов Т.Н., Морозов А.Д. Использование программы WInSet для визуализации динамических систем: Учебное пособие. — Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2007.

— 102 с., <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/41.pdf>.

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 - Реферат) для оценки сформированности компетенции УК-1:

Перевести и объяснить результаты статей.

Например,

A. Apte, Rafael de la Llave and Nikola P. Petrov "Regularity of critical invariant circles of the standard nontwist map"// Nonlinearity 18, (2005), 1173–1187.

K. Fuchss, A. Wurm, A. Apte, P. J. Morrison "Breakup of shearless meanders and "outer" tori in the standard nontwist map"//CHAOS 16, 033120 (2006).

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Реферат) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:

По переведенным научным статьям подготовить реферат и презентацию, выступить на семинаре.

Критерии оценивания (оценочное средство - Реферат)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Этапы выполнения реферата выполнены: 1. Перевод с английского научной статьи по одной из тем курса 2. Написание реферата, отражающего основные результаты статьи 3. Представление результатов в виде презентации (pdf-файл) 4. Выступление на семинаре (защита проекта)
не зачтено	Этап(ы) выполнения реферата не выполнены.

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				
Знания	Отсутствие	Уровень	Минимальн	Уровень	Уровень	Уровень	Уровень

	знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	о допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	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	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 отдельным и несущественными 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 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	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 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 УК-1

Задание 3.

1. Отображение Чирикова.
2. Невырожденные резонансы в системах с 3/2 степенями свободы. Исследование системы второго приближения.

Задание 4.

- Уравнение маятника типа с немонотонным вращением.
Преобразования исходной системы в окрестностях невырожденных резонансных уровней.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

Задание 7.

1. Отображение Ховарда.
2. Вырожденные резонансы в системах с 3/2 степенями свободы.

Задание 8.

1. Резонансы в уравнении $\ddot{x} + x - x^3 = \varepsilon(\dot{x} + c \sin(2t))$.
2. Резонансы в квазилинейных системах.

Задание 9.

1. Резонансы в уравнении $\ddot{x} + x + x^3 = \varepsilon[(p_1 + p_2 x^2 + p_3 x \sin \varphi)\dot{x} + p_4 \sin(\vartheta t)]$.
2. Резонансы в небесной механике.

Задание 10.

1. Пример, проясняющий роль нелинейности: $\ddot{x} + x = \varepsilon(ax^3 + b\dot{x} + dx + c \sin(t))$.
2. Вырожденные резонансы в системах с 3/2 степенями свободы. Исследование системы первого приближения. Связь с отображениями цилиндра.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задание выполнено верно или допущены незначительные ошибки.
не зачтено	Задания не выполнено или допущены грубые ошибки.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции УК-1

1. Интегрируемые и неинтегрируемые нелинейные гамильтоновы системы.	УК-1
2. Резонансы в небесной механике	УК-1

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

- | | |
|---|-------|
| 9. Пример, проясняющий роль нелинейности:
$\ddot{x} + x = \varepsilon(ax^3 + b(\dot{x} + dx + c\sin(t)))$. | ОПК-2 |
| 10. Пример, проясняющий роль предельных циклов:
$\ddot{x} + x = \varepsilon(dx + (1 - x^2)\dot{x} + c\sin(t))$. | ОПК-2 |
| 11. Невырожденные резонансы в системах с 3/2 степенями свободы, близких к нелинейным гамильтоновым. | ОПК-2 |
| 12. Вырожденные резонансы в системах с 3/2 степенями свободы, близких к нелинейным гамильтоновым. | ОПК-2 |

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответы верны или содержат незначительные ошибки.
не зачтено	Ответов нет или допущены грубые ошибки.

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

Основная литература:

- Морозов А. Д. Введение в математические методы нелинейной динамики : электронное учебно-методическое пособие / Морозов А. Д. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2012. - 98 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730084&idb=0>.
- Морозов Альберт Дмитриевич. Математические методы теории колебаний. - М. ; Ижевск : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Ин-т компьютер. исслед., 2017. - 144 с. - ISBN 978-5-4344-0439-6 : 160.00., 11 экз.

Дополнительная литература:

- Морозов Альберт Дмитриевич. Резонансы, циклы и хаос в квазиконсервативных системах. - М. ; Ижевск : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Ин-т компьютерных исследований , 2005. - 424 с. - (Современная математика / ред. совет: А. В. Болсинов [и др.]). - ISBN 5-93972-462-0 : 52.00., 3 экз.

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

Программа WInSet (Драгунов Т.Н., Морозов А.Д. Использование программы WInSet для визуализации динамических систем: Учебное пособие. — Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2007. — 102 с., <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/41.pdf>.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

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 01.04.01 - Математика.

Автор(ы): Морозов Альберт Дмитриевич, доктор физико-математических наук, профессор.

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.