

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им.
Н.И. Лобачевского»

Институт аспирантуры и докторантуры

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
« 31 » августа 2021 г. № 11

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ НЕЛИНЕЙНОГО РЕЗОНАНСА

Уровень высшего образования
Подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки
01.06.01 Математика и механика

Направленность подготовки
**01.01.02. Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное
управление**

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре основной профессиональной образовательной программы ОПОП

Дисциплина «Теория нелинейного резонанса» относится к дисциплинам вариативной части Блока 1, является дисциплиной по выбору для освоения в аспирантуре по специализации «01.01.02 Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление» в 3 семестре обучения.

Индекс дисциплины - **Б1.В.01.02.**

Форма отчетности - зачет (3-ий семестр).

Целью освоения дисциплины «Теория нелинейного резонанса» является формирование у обучающихся предусмотренных учебным планом компетенций ОПК-1; УК-1; УК-5; ОПК-2; ПК-3; ПК-2; ПК-1.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Таблица 1

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения
УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Знать: <i>31(УК-1)</i> основные результаты и теоремы теории гамильтоновых систем дифференциальных уравнений, их приложений к механике и физике. <i>32(УК-1)</i> основные направления и результаты исследований в теории ОДУ, понимать их взаимосвязи и логику развития Уметь: <i>У1(УК-1)</i> строить геометрические модели при изучении решений дифференциальных уравнений. Владеть: <i>В1(УК-1)</i> навыками качественного и численного исследования моделей динамических систем для решения сложных задач с резонансами..
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	Знать: <i>31(УК-5)</i> место теории нелинейного резонанса в общей теории динамических систем, в теории колебаний и механике. Уметь: <i>У1(УК-5)</i> планировать последовательность изучения источников по современной теории нелинейного резонанса в общей теории динамических систем, в теории колебаний и механике. <i>У2(УК-5)</i> применять полученные знания в теории возмущений

	<p>интегрируемых систем при исследовании основных решений систем дифференциальных уравнений и их изменений при вариации параметров</p> <p>Владеть:</p> <p><i>В1(УК-5)</i> навыками планирования при проведении самостоятельных научных исследований, навыками подбора источников для поиска подходов к решению научной проблемы в области современной теории динамических систем.</p>
<p>ОПК-1</p> <p>Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>Знать:</p> <p><i>З1(ОПК-1)</i> основные понятия теории динамических систем с вращением, базовые методы исследования нелинейных систем, близких к интегрируемым.</p> <p>Уметь:</p> <p><i>У1(ОПК-1)</i> использовать базовые знания для анализа нелинейных систем с вращением.</p> <p>Владеть:</p> <p><i>В1(ОПК-1)</i> опытом и личностной готовностью к профессиональному совершенствованию; опытом использования базовых знаний методов анализа квазигамильтоновых систем.</p>
<p>ОПК-2</p> <p><i>Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования</i></p>	<p>Уметь:</p> <p><i>У1(ОПК-2)</i> подбирать наглядные примеры моделей физических объектов, иллюстрирующие особенности динамических систем с вращением, для обеспечения эффективного восприятия соответствующей математической теории, понимания ее прикладного значения и связи с физической реальностью.</p> <p><i>У2(ОПК-2)</i> Подбирать учебные примеры и задания по теории систем, близких к интегрируемым.</p> <p><i>У3(ОПК-2)</i> Подбирать учебную литературу для обеспечения дисциплины, посвященной теории квазигамильтоновых систем.</p> <p><i>У4(ОПК-2)</i> Объяснять приемы преобразования исследуемой системы к более простому виду в окрестности резонанса.</p> <p>Владеть:</p> <p><i>В1(ОПК-2)</i> навыками объяснения учебного материала по теории квазигамильтоновых систем.</p>
<p>ПК-1</p> <p>Способность получать новые научные и прикладные результаты в области дифференциальных уравнений, динамических систем и</p>	<p>Знать:</p> <p><i>З1(ПК-1)</i> методы исследования базовых нелинейных уравнений с монотонным и немонотонным вращением необходимые при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p> <p>Уметь:</p> <p><i>У1(ПК-1)</i> применять и анализировать известные результаты по теме исследования, формулировать гипотезы, доказывать утверждения, оформлять полученные</p>

оптимального управления	<p>результаты</p> <p>Владеть:</p> <p><i>В1(ПК-1)</i>) специализированными методами и результатами, профессиональными пакетами программ, применяемыми при исследовании динамических систем, методами визуализации основных геометрических структур в рассматриваемых динамических системах</p>
<p>ПК-2</p> <p>Способность формулировать новые конкурентные идеи в области дифференциальных уравнений, динамических систем и оптимального управления</p>	<p>Знать</p> <p><i>З1(ПК-2)</i> взаимосвязь между различными подходами исследования дифференциальных уравнений и динамических систем</p> <p>Уметь:</p> <p><i>У1(ПК-2)</i> формулировать новые идеи в области дифференциальных уравнений, динамических систем и оптимального управления.</p> <p><i>У2(ПК-2)</i> устанавливать параллели между различными приемами решения дифференциальных уравнений и методами исследования динамических систем, между методами исследования разных классов систем.</p> <p><i>У3 (ПК-2)</i> использовать приобретенные навыки исследования одного класса систем при исследовании систем других классов; использовать методы решения одного класса уравнений для решения уравнений других классов.</p> <p><i>У4(ПК-2)</i> формулировать гипотезы при исследовании дифференциальных уравнений и динамических систем.</p> <p>Владеть:</p> <p><i>В1(ПК-2)</i> навыками генерирования идей при решении дифференциальных уравнений и исследовании динамических систем.</p>
<p>ПК-3</p> <p>Способность самостоятельно разрабатывать курсы по выбору для студентов вузов по профилю научной направленности</p>	<p>Знать:</p> <p><i>З1(ПК-3)</i> принципы разработки учебных курсов по выбору для студентов вузов по профилю научной направленности.</p> <p>Уметь:</p> <p><i>У1(ПК-3)</i> разрабатывать методическое обеспечение в рамках специальных курсов по теории резонанса в динамических системах; осуществлять тематическое планирование дисциплины, формулировать учебные цели дисциплины и подбирать соответствующие средства для их достижения, готовить лекционный материал и материал для практических занятий, создавать адекватные оценочные средства;</p> <p><i>У2(ПК-3)</i> работать с учебной литературой, включая иностранную, по теории нелинейного резонанса в динамических систем, проводить отбор нужного материала для обеспечения соответствующей учебной дисциплины.</p> <p>Владеть:</p> <p><i>В1(ПК-3)</i> методикой проведения лекций и практических занятий по теории нелинейного резонанса в динамических системах.</p>

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет **2** зачетные единицы, всего 72 часа, из которых

36 часов составляет **контактная работа** обучающегося с преподавателем:

36 часов практические занятия

35 часов составляет **самостоятельная работа** обучающегося.

1 час - КСР

Структура дисциплины

(указываются разделы (модули) с отведенным на них количеством академических часов с разбивкой по формам занятий)

Таблица 2

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					
		Контактная работа, часов					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
1. Введение.	11		6			6	5
2. Системы с немонотонным вращением.	18		10			10	8
3. Резонансы в линейных и квазилинейных системах.	18		10			10	8
4. Резонансы в нелинейных системах	24		10			10	14
В т.ч. текущий контроль	1					1	
Промежуточная аттестация – зачет							
Итого	72		36			37	35

Содержание дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1	Введение	Введение. Резонансы в небесной механике. 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.	Лекции, семинары, групповые и индивидуальные консультации	Проверка выполнения самостоятельной работы в форме реферата проектной работы на заданную тему.
2	Системы с немонотонным вращением.	Примеры систем с немонотонным вращением. 1) Маятниковые уравнения. 2) Уравнения типа Дюффинга 3) Двумерные	Семинары, групповые и индивидуальные консультации	Проверка выполнения самостоятельной работы в форме проектной работы на заданную тему.

		отображения цилиндра.		Выступление студентов на семинаре с представлением перевода и объяснением результатов научных статей.
3.	Резонансы в линейных и квазилинейных системах.	Резонансы в линейных системах. Резонансы в квазилинейных системах. Пример, проясняющий роль нелинейности и предельных циклов.	Семинары, групповые и индивидуальные консультации	Проверка выполнения самостоятельной работы в форме проектной работы на заданную тему.
4.	Резонансы в нелинейных системах	Резонансы в системах с $3/2$ степенями свободы, близких к нелинейным гамильтоновым. Невырожденные и вырожденные резонансы Резонансы в многочастотных системах	Семинары, групповые и индивидуальные консультации	Проверка выполнения самостоятельной работы в форме проектной работы на заданную тему.

4. Образовательные технологии.

Используются образовательные технологии в форме лекций и семинарских занятий. Также используются презентации лекций и программа WInSet для визуализации резонансных структур.

Лекция-информация. Ориентирована на изложение и объяснение студентам научной информации, подлежащей осмыслению и запоминанию.

Занятия семинарского типа. Одна из форм учебного занятия, направленная на развитие самостоятельности обучающихся и приобретение умений и навыков. Данные учебные занятия углубляют, расширяют, детализируют полученные на лекции знания.

Особенностью занятий по данному курсу является выполнение проектной работы в составе группы из двух студентов. Каждой группе дается статья из высокорейтингового журнала по одной из тем данного курса. Студенты готовят реферат, презентацию доклада и выступают на семинаре.

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа заключается в ознакомлении с теоретическим материалом по учебникам, монографиям и учебным пособиям, указанным в списке литературы, самостоятельном выполнении при контроле со стороны преподавателя заданий по проектным работам, в ответах на вопросы для контроля самостоятельной работы.

Важной составляющей изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся при подготовке к проектным работам по дисциплине с целью их наиболее

эффективного проведения. При этой подготовке обучающиеся дополнительно самостоятельно изучают те разделы теоретического материала, которые являются базовыми при проведении очередной проектной работы. Это дополнительное самостоятельное изучение, прежде всего, основано на углубленном самостоятельном изучении соответствующих разделов книг, учебно-методических пособий приведенных в списках основной и дополнительной литературы. Кроме того, при указанном дополнительном самостоятельном изучении можно использовать и доступные ресурсы сети Интернет, так как они являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым материалам. Одними из возможных ресурсов для этой цели являются те, которые указаны в списке программного обеспечения и Интернет-ресурсов ниже.

Примеры вопросов для контроля самостоятельной работы:

1. Докажите, что математический маятник – это система с монотонным вращением.
2. Почему уравнение Дюффинга – это система с монотонным вращением?
3. Является ли отображение Чирикова системой с монотонным вращением?
4. Приведите пример маятниковое уравнения с немонотонным вращением.
5. Приведите пример отображения цилиндра с немонотонным вращением.
6. Дайте определение резонансов в сохраняющих площадь отображениях цилиндра.
7. Приведите качественный вид амплитудно-частотной характеристики в линейной системе.
8. Дайте определение невырожденного резонанса в системах с $3/2$ степенями свободы, близких к нелинейным гамильтоновым.
9. Определение вырожденных резонансов.
10. Примеры резонансов в небесной механике.

Темы проектных работ:

1. Перевести и объяснить результаты статьи: Apte, Rafael de la Llave and Nikola P. Petrov "Regularity of critical invariant circles of the standard nontwist map"// Nonlinearity 18, (2005), 1173–1187. https://home.icts.res.in/~apte/homepage_files/04-ApteLl05.pdf . Подготовить презентацию с защитой результатов (проект 1).
2. Перевести и объяснить результаты статьи: 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). https://home.icts.res.in/~apte/homepage_files/FuchssW06.pdf. Подготовить презентацию с защитой результатов (проект 2).
3. Перевести и объяснить результаты статьи: Apte, A. Wurm, and P. J. Morrison Renormalization and destruction of $1/2$ tori in the standard nontwist map//CHAOS, VOL. 13, No 2, JUNE

2003. https://home.icts.res.in/~apte/homepage_files/04-ApteWM.pdf.

Подготовить презентацию с защитой результатов (проект 3).

4. Перевести и объяснить результаты статьи: James E. Howard and Albert D. Morozov "A Simple Reconnecting Map"// Regular and Chaotic Dynamics, 2012, Vol. 17, No. 5, pp. 417–430. Подготовить презентацию с защитой результатов (проект 4).

Текущий контроль успеваемости осуществляется преподавателем в ходе проведения семинарских занятий.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

- Проработка теоретического материала.
- Подготовка к зачету.
- Выполнение практических заданий (проектов).

5.2 Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов

1. Морозов А.Д. Введение в математические методы нелинейной динамики. Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 98 с. – Фонд электронных образовательных ресурсов ННГУ. Рег. № 480.12.06 <http://www.unn.ru/books/resources.html>.
2. Драгунов Т.Н., Морозов А.Д. Использование программы WInSet для визуализации и исследования динамических систем. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2007. – 89 с. Публикация в рамках Национального проекта «Образование». <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/41.pdf>

Для индивидуальной работы литература в библиотеке ННГУ: 1) Гребенников Е.А., Рябов Ю.А. Резонансы в небесной механике: [сб. работ]. - М. ; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006. - 316 с. 2) Морозов А.Д. Математические методы теории колебаний.- Учебное пособие. Теория размерности и динамические системы: современный взгляд и приложения. - М.- Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2017. - 144 с. и др.

5.3 Вопросы к зачету:

1. Интегрируемые и неинтегрируемые нелинейные гамильтоновы системы.
2. Системы с монотонным вращением:
 - 2.1. Математический маятник;
 - 2.2. Уравнение Дюффинга;
 - 2.3. Отображение Чирикова.
3. Маятниковые уравнения с немонотонным вращением.
4. Дюффинговые уравнения с немонотонным вращением.
5. Отображения цилиндра с немонотонным вращением.
 - 5.1. Основные определения и понятия.
 - 5.2. Резонансы в сохраняющих площадь отображениях цилиндра
 - 5.3. Отображение Ховарда
6. Резонансы в линейных системах
7. Резонансы в квазилинейных системах.
8. Пример, проясняющий роль нелинейности.
9. Пример, проясняющий роль предельных циклов.

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

10.1. Определения.

10.2. Преобразования исходной системы в окрестностях резонансных уровней в случае невырожденных резонансов

10.3. Исследование системы первого приближения.

10.4. Исследование системы второго приближения.

10.5. Пример 1. $\ddot{x} + x - x^3 = \varepsilon(\dot{x} + c \sin(2t))$.

10.6. Преобразования исходной системы в окрестностях резонансных уровней в случае вырожденных резонансов

10.7. Исследование системы первого приближения. Связь с отображениями цилиндра.

11. Резонансы в небесной механике.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине.

6.1. Перечень проверяемых компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы формирования компетенций

Описание показателей и критериев оценивания компетенций приведено в Приложении 1.

6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения аспирантами содержания дисциплины проводится в виде зачета, на котором определяется:

- уровень усвоения основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания изученного материала
- способности использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Результаты обучения оцениваются на зачёте с учётом самостоятельно выполненной проектной работы. Задание зачета состоит из одного теоретического вопроса и выполнения одного практического задания. Отводимое на ответы время – в пределах 1 академического часа.

Оценка	Уровень подготовки
Зачтено	Усвоен лекционный материал; выполнено достаточно правильно и полно практическое задание; успешно выполнена проектная работа. Минимально допустимый уровень сформированности всех проверяемых компетенций – «Удовлетворительно»
Не зачтено	Не выполнено хотя бы одно условие получение оценки «зачтено». Хотя бы по одной из проверяемых компетенций продемонстрирован уровень сформированности «Плохо» или «Неудовлетворительно»

6.3 Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- ответы на вопросы к зачету,
- выполнение проектных работ.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- решение зачетных практических задач
- выполнение проектных работ.

6.4. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

Вопросы к зачету

1. Интегрируемые и неинтегрируемые нелинейные гамильтоновы системы.
2. Системы с монотонным вращением:
 - 2.1. Математический маятник;
 - 2.2. Уравнение Дюффинга;
 - 2.3. Отображение Чирикова.
3. Маятниковые уравнения с немонотонным вращением.
4. Дюффинговые уравнения с немонотонным вращением.
5. Отображения цилиндра с немонотонным вращением.
 - 5.1. Основные определения и понятия.
 - 5.2. Резонансы в сохраняющих площадь отображениях цилиндра
 - 5.3. Отображение Ховарда
6. Резонансы в линейных системах
7. Резонансы в квазилинейных системах.
8. Пример, проясняющий роль нелинейности.
9. Пример, проясняющий роль предельных циклов.
10. Резонансы в системах с $3/2$ степенями свободы, близких к нелинейным гамильтоновым.
 - 10.1. Определения.
 - 10.2. Преобразования исходной системы в окрестностях резонансных уровней в случае невырожденных резонансов
 - 10.3. Исследование системы первого приближения.
 - 10.4. Исследование системы второго приближения.
 - 10.5. Пример: $\ddot{x} + x - x^3 = \varepsilon(\gamma\dot{x} + c \sin(2t))$.
 - 10.6. Преобразования исходной системы в окрестностях резонансных уровней в случае вырожденных резонансов.
 - 10.7. Исследование вырожденных резонансов.
 - 10.8. Исследование системы первого приближения. Связь с отображениями цилиндра.
11. Резонансы в небесной механике.

Практические задания к зачету

Примеры вопросов для проверки сформированности компетенций в плане знаний и владений:

ОПК-1

Задание 1. Уравнения Дюффинга – это система с монотонным вращением?

Задание 2. Уравнение маятника – это система с монотонным вращением?

Задание 3. Привести пример системы с немонотонным вращением. Доказать немонотонность.

ПК-1.

Задание 4. Привести пример системы с немонотонным вращением. Доказать немонотонность.

Задание 5. Определение резонанса. Привести пример.

Задание 6. Резонансы в небесной механике.

Пример заданий для проверки компетенции УК-1 в плане умений и владений

Задание 7. Построить фазовый портрет системы с немонотонным вращением типа Дюффинга, используя теорию и программу WInSet.

Задание 8. Построить фазовый портрет системы с немонотонным вращением маятникового типа, используя теорию и программу WInSet.

Пример заданий для проверки компетенции ОПК-2 в плане умений и владений:
Проекты 1-4.

Пример задания для проверки компетенция ПК-3 в плане умений и владений

Задание 9. Описать структуру лекции по теме «Резонансы в линейных системах». Подготовить практические примеры.

Задание 10. Описать структуру лекции по теме «Резонансы в квазилинейных системах». Подготовить практические примеры.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Теория нелинейного резонанса»

а) основная литература:

1. Морозов А.Д. Введение в математические методы нелинейной динамики. Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 98 с. – Фонд электронных образовательных ресурсов ННГУ. Рег. № 480.12.06 <http://www.unn.ru/books/resources.html>.

2. Морозов А.Д. Математические методы теории колебаний: Учебное пособие. - Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований; НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 2017. - 144 с. (10 экз. в библиотеке ННГУ).

б) дополнительная литература:

3. Морозов А. Д. Резонансы, циклы и хаос в квазиконсервативных системах. – М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Ин-т компьютерных исследований, 2005. – 424 с. (3 экз. в библиотеке ННГУ).

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Драгунов Т.Н., Морозов А.Д. Использование программы WInSet для визуализации и исследования динамических систем. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2007. – 89 с. Публикация в рамках Национального проекта «Образование». <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/41.pdf>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Теория нелинейного резонанса»:

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;
- Учебная и научная литература, учебно-методические материалы, представленные в библиотечном фонде, в электронных библиотеках и на кафедре дифференциальных уравнений, математического и численного анализа Института информационных технологий, математики и механики.
- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование
- лицензионное программное обеспечение (*не менее 2 - Windows, Microsoft Office*); Программное обеспечение: программа WInSet для визуализации и исследования динамических систем (разработчики Морозов А.Д., Драгунов Т.Н.)
- обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ПрООП ВО по направлению подготовки

01.06.01 Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Автор: профессор А.Д. Морозов

Рецензент (ы) _____

Директор Института аспирантуры

Б.И.Бедный

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 02.06.2021 года, протокол № 8.

Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина*Оценка уровня формирования компетенции УК-1*

УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
Знать: З1(УК-1) основные результаты и теоремы теории гамильтоновых систем дифференциальных уравнений, их приложений к механике и физике. Уметь: У1(УК-1) строить геометрические модели при изучении решений дифференциальных уравнений. Владеть: В1(УК-1) навыками численного исследования моделей динамических систем.	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией Отсутствие предусмотренных умений. Полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией	Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач, отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией	Знать З1 основные результаты и теоремы теории гамильтоновых систем дифференциальных уравнений, их приложений к механике и физике с рядом негрубых ошибок. Уметь У1 с рядом негрубых ошибок. Владеть В1 с рядом негрубых ошибок	Знать З1 основные результаты и теоремы теории гамильтоновых систем дифференциальных уравнений, их приложений к механике и физике Уметь У1 с незначительным и погрешностями. Владеть В1 с незначительным и погрешностями	Знать З1 основные результаты и теоремы теории гамильтоновых систем дифференциальных уравнений, их приложений к механике и физике без ошибок и погрешностей. Уметь У1. Владеть всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях.

Оценка уровня формирования компетенции УК-5

Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
Знать: З1(УК-5)) место теории нелинейного резонанса в общей теории динамических систем, в теории	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения	Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при	Знать З1 общие результаты теории линейного резонанса и их место в механике	Знать З1 общие результаты теории нелинейного резонанса и их место в механике	Знать З1 основные результаты и теоремы теории нелинейного резонанса, их

колебаний и механике. Уметь: <i>У1(УК-5)</i> применять полученные знания в теории возмущений интегрируемых систем при исследовании основных решений систем дифференциальных уравнений и их изменений при вариации параметров.	стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией	решении стандартных задач, отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией.	Уметь У1 с незначительным и погрешностями. Владеть В1 с незначительным и погрешностями.	и физике. Уметь У1 с незначительным и погрешностями. Владеть В1 с незначительным и погрешностями..	приложения к механике и физике, их место в механике и физике. Уметь У1 без ошибок и погрешностей. Владеть В1 всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях.
---	--	---	--	---	---

Оценка уровня формирования компетенции **ОПК-1**

Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
Знать: <i>З1(ОПК-1)</i> 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 нелинейных систем, близких к интегрируемым. Уметь: <i>У1(ОПК-1)</i> использовать базовые знания для анализа нелинейных систем с	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией Отсутствие предусмотренных умений. Полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. Наличие грубых ошибок при демонстрации умений. Отсутствие ряда важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией	Знать З1 основные понятия теории динамических систем с вращением. Уметь У1 с незначительным и погрешностями. Владеть В1 с незначительным и погрешностями.	Знать З1 основные методы исследования нелинейных систем, близких к интегрируемым с резонансами. Уметь У1 с незначительным и погрешностями. Владеть В1 с незначительным и погрешностями.	Знать З1 результаты и теоремы теории динамических систем с вращением. Уметь У1 без ошибок и погрешностей. Владеть всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях.

<p>вращением.</p> <p>Владеть:</p> <p><i>В1(ОПК-1)</i> опытом и личностной готовностью к профессиональному совершенствованию: Опыт использования базовых знаний методов анализа квазигамильтоновых систем.</p>					
--	--	--	--	--	--

Оценка уровня формирования компетенции **ОПК-2**

Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<p>Знать:</p> <p><i>З1(ОПК-2)</i> требования, предъявляемые к обеспечению учебной дисциплины и преподавателю, ее реализующему в системе ВО с учетом специфики преподаваемой дисциплины.</p> <p>Уметь:</p> <p><i>У1(ОПК-2)</i> использовать методы преподавания с учетом специфики преподаваемой дисциплины.</p> <p>Владеть:</p> <p><i>В1(ОПК-2)</i> опытом и личностной готовностью к ведению преподавательской деятельности.</p>	<p>Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа.</p> <p>Отсутствие предусмотренных умений. Полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. Наличие грубых ошибок при демонстрации умений.</p> <p>Отсутствие ряда важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией</p>	<p>Знать З1 требования к обеспечению учебной дисциплины основной литературой.</p> <p>Уметь У1 с незначительным и погрешностями.</p> <p>Владеть В1 с незначительным и погрешностями.</p>	<p>Знать З1 основные требования к преподавателю.</p> <p>Уметь У1 с незначительным и погрешностями.</p> <p>Владеть В1 с незначительным и погрешностями.</p>	<p>Знать З1 требования к обеспечению учебной дисциплины литературой и требования к преподавателю.</p> <p>Уметь У1 без ошибок и погрешностей.</p> <p>Владеть В1 всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях.</p>

Оценка уровня формирования компетенции **ПК-1**

Способность получать новые научные и прикладные результаты в области

дифференциальных уравнений, динамических систем и оптимального управления

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<p>Знать:</p> <p>31 (ПК-1) методы исследования базовых нелинейных уравнений с монотонным и немонотонным вращением.</p> <p>Уметь:</p> <p>У1 (ПК-1) применять современные методы анализа нелинейных уравнений.</p> <p>Владеть:</p> <p>В1 (ПК-1) опытом применения математически корректной постановки естественнонаучных задач, постановки классических задач математики.</p>	<p>Отсутствие знаний теоретического материала.</p> <p>Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа.</p> <p>Отсутствует умение анализировать известные результаты.</p> <p>Полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки при анализе известных результатов.</p> <p>Отсутствие ряда важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией</p>	<p>Знать 31 методы исследования и их применение для основных нелинейных уравнений с монотонным вращением.</p> <p>Уметь У1 с незначительным и погрешностями.</p> <p>Владеть В1 с незначительным и погрешностями.</p>	<p>Знать 31 методы исследования и их применение для уравнений с немонотонным вращением.</p> <p>Уметь У1 без ошибок и погрешностей.</p> <p>Владеть В1, демонстрируя их в стандартных ситуациях.</p>	<p>Знать 31 методы исследования и их применение для уравнений с монотонным немонотонным вращением.</p> <p>Уметь У1 без ошибок и погрешностей.</p> <p>Владеть В1 всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях.</p>

Оценивание уровня сформированности компетенции **ПК-2**

Способность формулировать новые конкурентные идеи в области дифференциальных уравнений, динамических систем и оптимального управления

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<p>Знать</p> <p>31(ПК-2) взаимосвязь между различными подходами исследования дифференциальных уравнений и динамических систем</p> <p>Уметь:</p> <p>У1(ПК-2) формулировать новые</p>	<p>Отсутствие знаний теоретического материала.</p> <p>Невозможность оценить полноту знаний вследствие</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.</p> <p>Наличие грубых ошибок при демонстрации</p>	<p>Уметь У1 формулировать простейшие (стандартные) задачи теории колебаний. Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых</p>	<p>Уметь У1 формулировать стандартные задачи теории линейного резонанса. Уровень знаний в объеме, соответствующе</p>	<p>Уметь У1 формулировать задачи теории нелинейного резонанса. с предельными циклами. Уровень знаний в</p>

идеи в области дифференциальных уравнений, динамических систем и оптимального управления. У2(ПК-2) устанавливать параллели между различными приемами решения дифференциальных уравнений и методами исследования динамических систем, между методами исследования разных классов систем. У3 (ПК-2) использовать приобретенные навыки исследования одного класса систем при исследовании систем других классов; использовать методы решения одного класса уравнений для решения уравнений других классов. У4(ПК-2) формулировать гипотезы при исследовании дифференциальных уравнений и динамических систем. Владеть: В1(ПК-2) навыками генерирования идей при решении дифференциальных уравнений и исследовании динамических систем.	отказа обучающегося от ответа. Отсутствие умений. Полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией	умений. Отсутствие ряда важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией	ошибки в знании взаимосвязи между различными подходами исследования дифференциальных уравнений и динамических систем. Демонстрация умений с негрубыми ошибками. Наличие минимально необходимого множества навыков	м программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Демонстрация умений с незначительным и погрешностями. Наличие большинства основных навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях.	объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Демонстрация умений без ошибок и погрешностей в стандартных ситуациях. Наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях
---	---	---	---	--	---

Оценивание уровня сформированности компетенции ПК-3

Способность самостоятельно разрабатывать курсы по выбору для студентов вузов по профилю научной направленности

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
Знать: З1(ПК-3) принципы разработки учебных курсов по выбору для	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможнос	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место	Знать 31 содержание курса. Уметь У1, У2 с незначительным	Знать 31 содержание курса и примеры задач. Уметь У1, У2 с	Знать 31 содержание курса и примеры задач. Уметь У1, У2

<p>студентов вузов по профилю научной направленности.</p> <p>Уметь: <i>У1(ПК-3)</i> разрабатывать методическое обеспечение в рамках специальных курсов по теории резонанса в динамических системах; осуществлять тематическое планирование дисциплины, формулировать учебные цели дисциплины и подбирать соответствующие средства для их достижения, готовить лекционный материал и материал для практических занятий, создавать адекватные оценочные средства; <i>У2(ПК-3)</i> работать с учебной литературой, включая иностранную, по теории нелинейного резонанса в динамических систем, проводить отбор нужного материала для обеспечения соответствующей учебной дисциплины.</p> <p>Владеть: <i>В1(ПК-3)</i> методикой проведения лекций и практических занятий по теории нелинейного резонанса в динамических системах.</p>	<p>ть оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа.</p> <p>Отсутствие предусмотренных умений.</p> <p>Полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией</p>	<p>грубые ошибки. Наличие грубых ошибок при демонстрации умений.</p> <p>Отсутствие ряда важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией</p>	<p>и погрешностями. Владеть В1 с незначительным и погрешностями. Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки в знании взаимосвязи между различными подходами исследования дифференциальных уравнений и динамических систем.</p> <p>Демонстрация умений с негрубыми ошибками.</p> <p>Наличие минимально необходимого множества навыков</p>	<p>незначительным и погрешностями. Владеть В1 с незначительным и погрешностями. Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.</p> <p>Допущено несколько негрубых ошибок.</p> <p>Демонстрация умений с незначительным и погрешностями.</p> <p>Наличие большинства основных навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях.</p>	<p>разработать подробный план курса и набор задач с решением.</p> <p>Владеть В1 всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях.</p> <p>Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.</p> <p>Демонстрация умений без ошибок и погрешностей в стандартных ситуациях.</p> <p>Наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях</p>
--	---	--	---	--	---