

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория колебаний

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и вычислительная математика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.08.01 Теория колебаний относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-6: Способен изучать и применять программное обеспечение, проводить расчётные работы и выполнять обработку результатов исследований	<p>ПК-6.1: Знает методы применения современных программных комплексов, пакетов прикладных программ и автоматизированных систем для решения прикладных задач при проведении исследований</p> <p>ПК-6.2: Умеет самостоятельно проводить расчётные работы, выбирать и применять современные программные комплексы, пакеты прикладных программ и автоматизированные системы, обрабатывать и анализировать полученные результаты</p> <p>ПК-6.3: Имеет практический опыт применения современного программного обеспечения для решения прикладных задач</p>	<p>ПК-6.1: Знать основные понятия теории колебаний, современные методы исследования в области решения задач теории колебаний, а также знает методы применения современных программных комплексов, пакетов прикладных программ и автоматизированных систем для решения прикладных задач при проведении исследований</p> <p>ПК-6.2: Уметь осуществлять анализ и выбор методов теории колебаний к решению современных прикладных задач, обрабатывать и анализировать полученные результаты</p> <p>ПК-6.3: Владеть опытом применения базовых знаний и современного математического аппарата теории колебаний при решении прикладных задач, опыт применения современного программного обеспечения</p>	Расчетно-графическая работа	Зачёт: Контрольные вопросы Задачи

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	39
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	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Динамические системы. Типы колебаний. Фазовое пространство и фазовые траектории.	8	2	2	4	4
Тема 2. Динамические системы 1-го порядка.	9	2	2	4	5
Тема 3. Динамические системы 2-го порядка. Замкнутые фазовые траектории динамических систем. Автоколебательные системы.	9	2	2	4	5
Тема 4. Динамические системы 2-го порядка. Бифуркации на плоскости, не связанные с рождением предельных циклов.	9	2	2	4	5
Тема 5. Динамические системы 2-го порядка. Бифуркации, связанные с рождением или исчезновением предельных циклов. Бифуркация Андронова-Хопфа.	9	2	2	4	5
Тема 6. Метод Ван-дер-Поля.	9	2	2	4	5
Тема 7. Метод Пуанкаре.	9	2	2	4	5
Тема 8. Метод гармонической линеаризации.	9	2	2	4	5
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	72	16	16	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Динамические системы и их классификация. Типы колебаний. Фазовая плоскость. Фазовая траектория. Простейшие примеры: свободные колебания линейной системы с одной степенью свободы. Фазовый цилиндр. Циклические координаты. Понижение размерности фазового пространства.

Тема 2. Динамические системы 1-го порядка (с полустепенью свободы). Виды бифуркаций на прямой. Фазовый портрет динамической системы 1-го порядка с периодической функцией правой части.

Тема 3. Индексы Пуанкаре особых точек и замкнутые фазовые траектории: графический и аналитический способ нахождения индексов Пуанкаре. Критерий Дюлака и Бендиксона отсутствия замкнутых фазовых траекторий: для односвязной области, для двусвязной (кольцевой) области. Автоколебательные системы.

Тема 4. Динамические системы 2-го порядка. Бифуркации на плоскости, не связанные с рождением предельных циклов. Седло-узловая бифуркация. Смена устойчивости фокуса без рождения предельного цикла. Качественное изменение расположения сепаратрис седел. Примеры.

Тема 5. Динамические системы 2-го порядка. Бифуркации, связанные с рождением или исчезновением предельных циклов. Рождение предельного цикла из сложного фокуса (бифуркация Андронова-Хопфа). Рождение предельного цикла из петли сепаратрисы. Рождение предельного цикла из сепаратрисы седло-узловой точки при ее исчезновении. Рождение предельного цикла из бесконечности. Рождение предельного цикла из замкнутой неизолированной траектории консервативной системы.

Тема 6. Метод Ван-дер-Поля. Основные положения. Пример.

Тема 7. Метод Пуанкаре. Основные положения. Пример.

Тема 8. Метод гармонической линеаризации. Основные положения. Пример.

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.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- выполнение расчетно-графической работы по вариантам, предоставленным преподавателем,
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточному контролю успеваемости (зачет).

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 - Расчетно-графическая работа) для оценки сформированности компетенции ПК-6:

Вариант 1.

Динамика системы описывается уравнением:

$$\ddot{x} + x = \mu \dot{x}(1 - 6(x - \alpha)^2), \quad 0 < \mu \ll 1.$$

Найти состояния равновесия динамической системы, исследовать их на устойчивость.

Используя качественные методы, построить фазовый портрет системы при различных значениях параметра α . Найти бифуркационные значения параметра α . Доказать наличие или отсутствие замкнутых фазовых траекторий системы. Ответить на вопрос, является ли система автоколебательной, предельно ограниченной?

Построить фазовый портрет системы, используя современные программные средства. Указать начальные значения, выбранные для построения фазовых траекторий. Обозначить направления движения. Продемонстрировать качественное изменение фазового портрета при изменении параметра α . При построении фазового портрета принять $\mu = 0,1$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Расчетно-графическая работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Работа выполнена в полном объеме без ошибок.
не зачтено	Работа выполнена не полностью или при ее выполнении были допущены ошибки.

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор 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	При решении	Продемонс	Продемонс	Продемонс	Продемонс	Продемонстр

	минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	трированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	трированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	трированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	трированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	трированы 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

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

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

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-6

Задача 1. Вычислите индексы особых точек, представленных на рисунках.

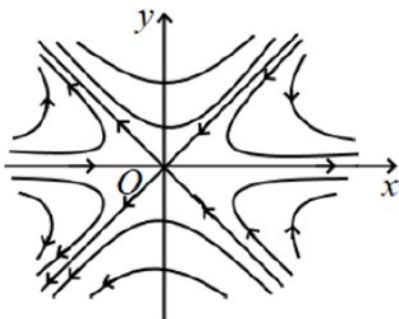


Рис. а

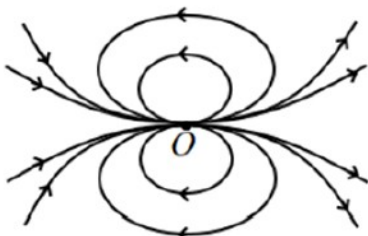


Рис. б

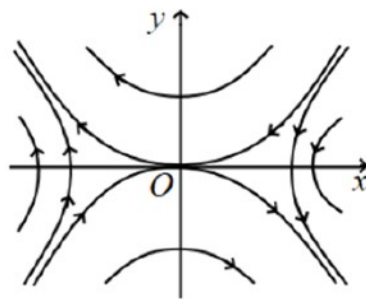


Рис. в

Задача 2. Выясните, являются ли следующие системы автоколебательными?

а. $\dot{x} = -2xy, \quad \dot{y} = 1 + y - x^2 + y^2$

Задача 3. Исследовать поведение фазовых траекторий систем, используя качественные методы. Построить фазовый портрет.

а. $\ddot{x} + (2\dot{x}^2 + x^4 - 1)\dot{x} + x^3 = 0.$

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

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

Основная литература:

1. Андронов Александр Александрович. Теория колебаний / с предисл. Л. И. Мандельштама. - 2-е

изд. - М. : Наука, 1981. - 568 с. : ил. - 2.60., 274 экз.

2. Горяченко Вадим Демьянович. Элементы теории колебаний : учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 2001. - 395 с. - ISBN 5-06-004166-2 : 80.85., 2 экз.

3. Бутенин Н. В. Введение в теорию нелинейных колебаний : [учеб. пособие для втузов]. - М. : Наука, 1976. - 384 с. - 0.67., 1 экз.

4. Теория бифуркаций динамических систем на плоскости. - М. : Наука, 1967. - 487 с. : черт. - 2.58., 53 экз.

5. Теория бифуркаций динамических систем на плоскости. - М. : Наука, 1967. - 487 с. : черт. - 2.58., 53 экз.

Дополнительная литература:

1. Горяченко Вадим Демьянович. Сборник задач по теории колебаний : учеб. пособие / ГГУ им. Н. И. Лобачевского. - Горький : ГГУ, 1982. - 79 с. : ил. - 0.10., 4 экз.

2. Горяченко Вадим Демьянович. Сборник задач по теории колебаний / Горьк. ун-т им. Н. И. Лобачевского. - Горький : [б. и.], 1982. - 76 с. : ил. - 0.19., 3 экз.

3. Горяченко Вадим Демьянович. Задачи по теории колебаний, устойчивости движения и качественной теории дифференциальных уравнений : учебное пособие. Ч. 1. Второй (прямой) метод А. М. Ляпунова / В. Д. Горяченко, А. Л. Пригоровский, В. М. Сандалов ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - 2-е изд., перераб. и доп. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2007. - 48 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=824708&idb=0>.

4. Горяченко В. Д. Построение фазовых портретов динамических систем первого порядка. Бифуркации. Бифуркационные кривые : Учебно-методическое пособие. Ч. 3. Построение фазовых портретов динамических систем первого порядка. Бифуркации. Бифуркационные кривые / Горяченко В. Д., Пригоровский А. Л., Сандалов В. М. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2014. - 25 с. - Рекомендовано методической комиссией механико-математического факультета для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 010400 «Прикладная математика и информатика» 010800 «Механика и математическое моделирование». - 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=730360&idb=0>.

5. Неймарк Юрий Исаакович. Математические модели в естествознании и технике : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика" и специальности 010200 "Прикладная математика и информатика" / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 2004. - 401 с. - ISBN 5-85746-496-X : 80.00., 156 экз.

6. Неймарк Юрий Исаакович. Математические модели в естествознании и технике : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика" и специальности 010200 "Прикладная математика и информатика" / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 2004. - 401 с. - ISBN 5-85746-496-X : 80.00., 156 экз.

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

1. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/difgeometry.htm>

2. <http://www.unn.ru/books/resources.html> Vadim2.doc

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

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

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

Автор(ы): Февральских Любовь Николаевна, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

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