МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«16» июня 2021 г. № 8

Рабочая программа дисциплины

Теория колебаний

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
01.03.02 Прикладная математика и информатика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Математическое моделирование и вычислительная математика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород
2021 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.08.01 «Теория колебаний» относится части, формируемой участниками образовательных отношений .

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.08.01 «Теория колебаний» относится к части ООП направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, формируемой участниками образовательных отношений.

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

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции**		**Наименование оценочного средства**
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	**Результаты обучения по дисциплине****	
ПК-6. Способен изучать и применять программное обеспечение, проводить расчётные работы и выполнять обработку результатов исследований	ПК-6.1. Знает методы применения современных программных комплексов, пакетов прикладных программ и автоматизированных систем для решения прикладных задач при проведении исследований	**Знает** 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	*Собеседование*
	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	**Умеет** осуществлять анализ и выбор методов теории колебаний к решению современных прикладных задач, обрабатывать и анализировать полученные результаты	*Контрольная работа*
	ПК-6.3. Имеет практический опыт	**Имеет практический опыт** применения базовых знаний и	*Контрольная работа*

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****	
	применения современного программного обеспечения для решения прикладных задач	современного математического аппарата теории колебаний при решении прикладных задач, опыт применения современного программного обеспечения	

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	**2 ЗЕТ**
Часов по учебному плану	**72**
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): **- занятия лекционного типа** **- занятия семинарского типа** **- занятия лабораторного типа**	 **16** **16**
самостоятельная работа	**39**
Контроль самостоятельной работы (КСР)	**1**
Промежуточная аттестация –	**зачет**

3.2. Содержание дисциплины

Очная форма обучения							
№	**Наименование разделов и тем дисциплины**	**Всего (часы)**	в том числе				
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				**СР[1], часы**
			ЗЛеТ[2]	**ЗСеТ[3]**	**ЗЛаТ[4]**	**Всего**	
1.	Предмет теории колебаний. История развития теории колебаний.	5	1	1		2	3
2.	Динамические системы и их классификация. Классификация колебательных процессов.	6	1	1		2	4
3.	Фазовое пространство и фазовые траектории	10	2	2		4	6
4.	Качественные методы исследования нелинейных автономных систем ДС первого. Построение фазовых портретов	8	2	2		4	4
5.	Качественные методы исследования нелинейных автономных систем ДС второго порядков.	16	4	4		8	8
6.	Качественные методы исследования конкретных ДС второго порядков.	8	2	2		4	4

Очная форма обучения							
№	Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				СР[1], часы
			ЗЛеТ[2]	ЗСеТ[3]	ЗЛаТ[4]	Всего	
	Построение фазовых портретов						
7.	Бифуркации ДС второго порядка. Бифуркационные значения параметров. Типы бифуркаций	8	2	2		4	4
8.	Методы исследования периодических режимов в автономных системах	10	2	2		4	6
9.	Контроль самостоятельной работы (КСР)	1					
10.	Промежуточная аттестация – зачет						
11.	Итого	72	16	16	0	32	39

[1] Самостоятельная работа обучающегося.
[2] Занятия лекционного типа.
[3] Занятия семинарского типа.
[4] Занятия лабораторного типа.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.
Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

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

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- 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).

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

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

Фонд оценочных средств включает: контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме *задач (практических заданий)*, *контрольных работ* и контрольные материалы для проведения промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к *зачёту*.

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		Знания	Умения	Навыки
плохо	**не зачтено**	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		Знания	Умения	Навыки
		обучающегося от ответа		
неудовлетворительно		Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
удовлетворительно	**зачтено**	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
хорошо		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
очень хорошо		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
отлично		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
превосходно		Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

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

Оценка		Уровень подготовки
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
незачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

5.2.1. Контрольные вопросы

№	*Вопрос*	*Код формируемой компетенции*
1.	Классификация колебательных систем и колебательных процессов.	*ПК-6*
2.	Метод линеаризации. Грубые состояния равновесия на плоскости.	*ПК-6*
3.	Метод усреднения.	*ПК-6*
4.	Метод фазовой плоскости.	*ПК-6*
5.	Метод медленно меняющихся амплитуд.	*ПК-6*
6.	Метод гармонического баланса.	*ПК-6*
7.	Собственные колебания в системах с одной степенью свободы.	*ПК-6*
8.	Консервативные системы.	*ПК-6*
9.	Колебания системы с "отталкивающей" силой.	*ПК-6*
10.	Диссипативные системы.	*ПК-6*
11.	Характеристики затухающего колебательного процесса.	*ПК-6*
12.	Вынужденные колебания в системах с одной степенью свободы.	*ПК-6*
13.	Колебания под действием гармонической силы.	*ПК-6*
14.	Явления резонанса в разных областях физики и техники. Биения.	*ПК-6*
15.	Колебания в системе со слабой нелинейностью.	*ПК-6*
16.	Собственные колебания в нелинейной системе.	*ПК-6*
17.	Параметрические колебания в системах с одной степенью свободы.	*ПК-6*
18.	Системы с периодически меняющимися параметрами.	*ПК-6*

№	Вопрос	Код формируемой компетенции
19.	Общие свойства автоколебательных систем.	ПК-6
20.	Предельные циклы.	ПК-6
21.	Автоколебания.	ПК-6
22.	Воздействие внешней гармонической силы на автоколебательную систему.	ПК-6
23.	Условия периодичности и антипериодичности решений системы уравнений с периодическими коэффициентами.	ПК-6

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-6

Контрольная работа №1

1. Какие типы СР возможны в автономных ДС первого порядка?
2. Какие бифуркации возможны в системах с полустепенью свободы?
3. Какие фазовые траектории называются сепаратрисами седла?

Задачи

1. Динамика ротора описывается уравнением $I\ddot{\varphi} = M(\dot{\varphi})$, где φ - угол, а $M(\dot{\varphi})$ - момент сил, действующих на вал, I – момент инерции. $\dot{\varphi} = \omega$. Построить фазовый портрет и определить бифуркационные соотношения параметров, если $M(\omega) = \beta\omega - \gamma\omega^3$, $\beta > 0, \gamma > 0$.
2. Исследовать типы СР ДС в зависимости от параметра a и определить бифуркационное значение параметра $\{a\dot{x} = x^2 + y - 1; \quad \dot{y} = xy\}$

Контрольная работа №2

1. Какие типы замкнутых фазовых траекторий Вам известны? Какая фазовая траектория отвечает автоколебаниям?
2. Назовите особые траектории, необходимые для построения фазовых портретов ДС с одной степенью свободы?
3. К каким ДС применяется метод Ван-дер-Поля?

Задачи

1. Построить фазовый портрет ДС $\dot{x} = x(2 - 3x - y); \quad \dot{y} = y(1 - u - v)$. Является ли ДС грубой?
2. Построить (для $0 < \mu << 1$) фазовые портреты ДС и исследовать возможность разрывных автоколебаний $\mu\dot{x} = x(1 - x^2) - y; \quad \dot{y} = x$. Является ли ДС автоколебательной?

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

№	а) основная литература:	К-во
1.	Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М.: Наука, 1981	343
2.	Горяченко В.Д. Элементы теории колебаний. 2-е изд. М.: Высшая школа, 2001 (2 экз.); Красноярск: Изд-во Красноярск. ун-та, 1995. (393 экз.)	2 (2001 г.) 393 (1995)
3.	Андронов А.А., Леонтович Е.А., Гордон И.И. и др. Теория бифуркаций динамических систем на плоскости. М.: Наука, 1967	64

№	а) основная литература:	К-во
4.	Бутенин Н.В., Неймарк Ю.И., Фуфаев Н.А. Введение в теорию колебаний. М.: Наука, 1976	80
5.	Неймарк Ю.И. Математические модели в естествознании и технике. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2004.	165

№	б) дополнительная литература:	К-во
1.	Горяченко В.Д., Королев В.И. Сборник задач по теории колебаний: Уч. пособие. Горьков. ун-т, Горький, 1982	4
2.	Горяченко В.Д., Королев В.И., Постников Л.В. Сборник задач по теории колебаний. Ч.6. Горьков. ун-т, Горький, 1978.	3
3.	Горяченко В.Д., Пригоровский А.Л., Сандалов В.М. "Задачи по теории колебаний, устойчивости движения и качественной теории дифференциальных уравнений (Часть 1. Второй (прямой) метод А.М.Ляпунова)" Нижний Новгород. Изд-во ННГУ 2007 г. http://www.unn.ru/books/resources.html Vadim.doc	Э
4.	В.Д.Горяченко, А.Л.Пригоровский, В.М.Сандалов "Задачи по теории колебаний, устойчивости движения и качественной теории дифференциальных уравнений", Нижний Новгород. Изд-во ННГУ 2009 г. http://www.unn.ru/books/resources.html Vadim2.doc	Э
1.	В.Д.Горяченко , А.Л. Пригоровский, В.М. Сандалов Построение фазовых портретов динамических систем первого порядка. Бифуркации. Бифуркационные кривые. Учебное пособие. Часть 3.//Нижний Новгород. Изд-во ННГУ, 2014, 25 с. http://www.unn.ru/books/met_files/Vadim3.pdf	Э

№	в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)	«Л» или «С»
1.	http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/difgeometry.htm	С

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: 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 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Автор(ы) _____ к.т.н., доцент Сандалов В.М.

Рецензент(ы) _____

Заведующий кафедрой теоретической, компьютерной и экспериментальной механики _____ д.ф.-м.н., профессор Игумнов Л.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 2 июня 2021 года, протокол № 8.