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 президиума Ученого совета ННГУ протокол от «11» мая 2021 г. № 2\_\_\_ |

**Рабочая программа дисциплины**

|  |
| --- |
| Теория колебаний |

*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования

|  |
| --- |
| бакалавриат |

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

|  |
| --- |
| 01.03.03 Механика и математическое моделирование |

*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы

|  |
| --- |
| Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг |

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения

|  |
| --- |
| очная |

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижний Новгород

 2021 год

1. **Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Теория колебаний» относится к обязательной части.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ варианта** | **Место дисциплины в учебном плане образовательной программы** | **Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД** |
| 1 | Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть | Дисциплина Б1.О.30*,* «Теория колебаний» относится к части ООП направления 01.03.03 Механика и математическое моделирование. |

1. **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-1*  *Владеет методами математического и экспериментального исследования при анализе проблем механики на основе знаний фундаментальных физико-математических и компьютерных наук и навыками проблемно-задачной формы представления научных знаний* | *ПК-1.1.*  **Знает** *теоретические основы фундаментальных методов исследования проблем механики* | **Знает** основные понятия теории колебаний, современные методы исследования в области решения задач теории колебаний. | *Собеседование* |
|  | *ПК-1.2.*  **Умеет** *применять полученные знания для анализа объекта исследования, определения целей и задач исследования, а также выбора корректного метода исследования научной проблемы* | **Умеет** осуществлять анализ и выбор методов теории колебаний к решению современных прикладных задач | *Контрольная работа* |
|  | *ПК-1.3*  **Владеет навыками** *научно-исследовательской деятельности в области механики, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой.* | **Владеет навыками** применения базовых знаний и современного математического аппарата теории колебаний при решении прикладных задач. | *Контрольная работа* |

1. **Структура и содержание дисциплины**
   1. **Трудоемкость дисциплины**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **очная форма обучения** |
| **Общая трудоемкость** | **3 ЗЕТ** |
| **Часов по учебному плану** | **108** |
| **в том числе** |  |
| **аудиторные занятия (контактная работа):** |  |
| **- занятия лекционного типа** | **32** |
| **- занятия семинарского типа** | **32** |
| **- занятия лабораторного типа** |  |
| **самостоятельная работа** | **43** |
| **Контроль самостоятельной работы (КСР)** | **1** |
| **Промежуточная аттестация –** | **зачет** |

* 1. **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** |
|  | Предмет теории колебаний. История развития теории колебаний. | 7 | 2 | 2 |  | 4 | 3 |
|  | Динамические системы и их классификация. Классификация колебательных процессов. | 10 | 2 | 2 |  | 4 | 6 |
|  | Фазовое пространство и фазовые траектории | 14 | 4 | 4 |  | 8 | 6 |
|  | Качественные методы исследования нелинейных автономных систем ДС первого. Построение фазовых портретов | 12 | 4 | 4 |  | 8 | 4 |
|  | Качественные методы исследования нелинейных автономных систем ДС второго порядков. | 24 | 8 | 8 |  | 16 | 8 |
|  | Качественные методы исследования конкретных ДС второго порядков. Построение фазовых портретов | 14 | 4 | 4 |  | 8 | 6 |
|  | Бифуркации ДС второго порядка. Бифуркационные значения параметров. Типы бифуркаций | 12 | 4 | 4 |  | 8 | 4 |
|  | Методы исследования периодических режимов в автономных системах | 14 | 4 | 4 |  | 8 | 6 |
|  | Контроль самостоятельной работы (КСР) | 1 |  |  |  |  |  |
|  | Промежуточная аттестация – зачет |  |  |  |  |  |  |
|  | Итого | 108 | 32 | 32 | 0 | 64 | 43 |
|  | 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).

1. **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.

1. **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*.

* 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 обучающегося от ответа | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа 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» |
| 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» |

* 1. **Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения**
     1. **Контрольные вопросы**

| *№* | *Вопрос* | *Код формируемой компетенции* |
| --- | --- | --- |
|  | Классификация колебательных систем и колебательных процессов. | *ПК-1* |
|  | Метод линеаризации. Грубые состояния равновесия на плоскости. | *ПК-1* |
|  | Метод усреднения. | *ПК-1* |
|  | Метод фазовой плоскости. | *ПК-1* |
|  | Метод медленно меняющихся амплитуд. | *ПК-1* |
|  | Метод гармонического баланса. | *ПК-1* |
|  | Собственные колебания в системах с одной степенью свободы. | *ПК-1* |
|  | Консервативные системы. | *ПК-1* |
|  | Колебания системы с "отталкивающей" силой. | *ПК-1* |
|  | Диссипативные системы. | *ПК-1* |
|  | Характеристики затухающего колебательного процесса. | *ПК-1* |
|  | Вынужденные колебания в системах с одной степенью свободы. | *ПК-1* |
|  | Колебания под действием гармонической силы. | *ПК-1* |
|  | Явления резонанса в разных областях физики и техники. Биения. | *ПК-1* |
|  | Колебания в системе со слабой нелинейностью. | *ПК-1* |
|  | Собственные колебания в нелинейной системе. | *ПК-1* |
|  | Параметрические колебания в системах с одной степенью свободы. | *ПК-1* |
|  | Системы с периодически меняющимися параметрами. | *ПК-1* |
|  | Общие свойства автоколебательных систем. | *ПК-1* |
|  | Предельные циклы. | *ПК-1* |
|  | Автоколебания. | *ПК-1* |
|  | Воздействие внешней гармонической силы на автоколебательную систему. | *ПК-1* |
|  | Условия периодичности и антипериодичности решений системы уравнений с периодическими коэффициентами. | *ПК-1* |

* + 1. **Типовые задания/задачи для оценки   
       сформированности компетенции   ПК-1**

*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 , где  - угол, а  - момент сил, действующих на вал, *I* – момент инерции. .Ппостроить фазовый портрет и определить бифуркационные соотношения параметров, если , .
2. Исследовать типы СР ДС в зависимости от параметра *a* и определить бифуркационное значение параметра 

*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 . Является ли ДС грубой?
2. Построить (для ) фазовые портреты ДС и исследовать возможность разрывных автоколебаний . Является ли ДС автоколебательной?
3. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

| **№** | **а) основная литература:** | **К-во** |
| --- | --- | --- |
|  | Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М.: Наука, 1981 | 343 |
|  | 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) |
|  | Андронов А.А., Леонтович Е.А., Гордон И.И. и др. Теория бифуркаций динамических систем на плоскости. М.: Наука, 1967 | 64 |
|  | Бутенин Н.В., Неймарк Ю.И., Фуфаев Н.А. Введение в теорию колебаний. М.: Наука, 1976 | 80 |
|  | Неймарк Ю.И. Математические модели в естествознании и технике. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2004. | 165 |

| **№** | **б) дополнительная литература:** | **К-во** |
| --- | --- | --- |
|  | Горяченко В.Д., Королев В.И. Сборник задач по теории колебаний: Уч. пособие. Горьков. ун-т, Горький, 1982 | 4 |
|  | Горяченко В.Д., Королев В.И., Постников Л.В. Сборник задач по теории колебаний. Ч.6. Горьков. ун-т, Горький, 1978. | 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](http://www.unn.ru/books/resources.html%20%20Vadim.doc) | Э |
|  | 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](http://www.unn.ru/books/resources.html%20%20Vadim2.doc) | Э |
|  | 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]](#footnote-1) |
| --- | --- | --- |
|  | <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/difgeometry.htm> | С |

1. **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 ФГОС ОС 01.03.03 Механика и математическое моделирование

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

от 2 июня 2021 года, протокол № 8.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 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. |

1. Указывается буква «Л», если программное обеспечение – лицензионное, или «С» – в свободном доступе. [↑](#footnote-ref-1)