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

Колебания упругих тел

*(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 «Колебания упругих тел» относится к факультативным дисциплинам.

| № варианта | Место дисциплины в учебном плане образовательной программы | Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД |
|---|---|---|
| 3 | ФТД. Факультативы | Дисциплина ФТД.01, «Колебания упругих тел» является факультативом в ООП направления подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование. |

## 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-2* | *ПК-2.1.* | **Знает** теоретические основы и методологию построения решений задач колебаний упругих тел. | *Собеседование* |
| | *ПК-2.2.* | **Умеет** осуществлять анализ и выбор методов решения задач колебаний упругих тел. | *Собеседование* |
| | *ПК-2.3.* | **Владеет навыками** решения задач колебаний упругих тел в соответствии с выбранным методом и построенным алгоритмом с использованием современных программных комплексов. | *Сообщение* |

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Трудоемкость дисциплины

| | **очная форма обучения** |
|---|---|
| **Общая трудоемкость** | **2 з.е.** |
| **Часов по учебному плану** | **72** |
| **в том числе** | |
| **аудиторные занятия (контактная работа):** | |
| **- занятия лекционного типа** | **16** |
| **- занятия семинарского типа** | **16** |
| **- занятия лабораторного типа** | |
| **- текущий контроль (КСР)** | **1** |
| **самостоятельная работа** | **39** |
| **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. | Введение | 3 | 1 | | | 1 | 1 |
| 2. | Динамические задачи линейной теории упругости | 19 | 4 | 6 | | 10 | 9 |
| 3. | Волновые процессы и колебания линейно упругих тел | 19 | 4 | 5 | | 9 | 10 |
| 4. | Колебания струн, стержней, балок | 18 | 4 | 4 | | 8 | 10 |
| 5. | Колебания мембран, пластин, оболочек | 6 | 1 | 1 | | 2 | 4 |
| 6. | Численные методы определения частот и форм колебаний упругих тел | 4 | 1 | | | 1 | 3 |
| 7. | Обзор курса | 2 | 1 | | | 1 | 1 |
| | Текущий контроль (КСР) | 1 | | | | 1 | |
| | ИТОГО | 72 | 16 | 16 | 0 | 33 | 38 |

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

***Краткое содержание разделов и тем дисциплины***

1. Введение. Математическое и компьютерное моделирование.
2. **Динамические задачи линейной теории упругости**: классификация динамических процессов: стационарные и нестационарные процессы; постановка задач в перемещениях.
3. **Волновые процессы и колебания линейно упругих тел**: волновое уравнение; продольные и поперечные волны, объемные волны и волны сдвига; волны в безграничной упругой среде; плоская, цилиндрическая, сферическая волна; поверхностные волны Рэлея; отражение волн; волны в плоском слое; волны в бесконечном стержне прямоугольного поперечного сечения. Практика: волновое уравнение, формула Даламбера, формула Пуассона, формула Кирхгофа, метод Фурье; волны в безграничной упругой среде; поверхностные волны Рэлея; отражение волн; волны в плоском слое; волны в бесконечном стержне прямоугольного поперечного сечения.
4. **Колебания струн, стержней, балок**: определение частот и форм собственных колебаний; свободные и вынужденные колебания; продольные, поперечные, крутильные, изгибные колебания.
5. **Колебания мембран, пластин, оболочек**: определение частот и форм собственных колебаний; свободные и вынужденные колебания.
6. **Численные методы определения частот и форм колебаний упругих тел**: численные методы модального анализа, численные решение задач определение частот и форм собственных колебаний стержней, пластин, трехменых тел.
7. Обзор курса. Подготовка к промежуточной аттестации.

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 *сообщений* 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 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 | Продемонстрирован творческий подход к решению |

| Шкала оценивания сформированности компетенций | Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | | |
|---|---|---|---|
| | Знания | Умения | Навыки |
| | | задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов | 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» |

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

### 5.2.1. Контрольные вопросы

| *№* | *Вопрос* | *Код формируемой компетенции* |
|---|---|---|
| 1. | Постановка задачи динамики линейно упругого тела в перемещениях. | *ПК-2* |
| 2. | Волновое уравнение. | *ПК-2* |
| 3. | Продольная волна. | *ПК-2* |
| 4. | Поперечная волна. | *ПК-2* |
| 5. | Гармоническая волна. Характеристики гармонической волны. | *ПК-2* |
| 6. | Плоская волна. | *ПК-2* |
| 7. | Сферическая волна. | *ПК-2* |
| 8. | Цилиндрическая волна. | *ПК-2* |
| 9. | Влияние границы раздела сред на волновые процессы. | *ПК-2* |
| 10. | Поверхностные волны. | *ПК-2* |
| 11. | Колебания стержней. | *ПК-2* |
| 12. | Колебания пластин и оболочек. | *ПК-2* |

### 5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции **ПК-2**

1. Свободные продольные колебания призматического стержня.
2. Свободные поперечные колебания призматического стержня.

3. Крутильные колебания стержня.
4. Продольный удар по призматическому стержню.
5. Ппоперечный удар по призматическому стержню.
6. Колебания круглых мембран.
7. Колебания прямоугольных мембран.
8. Колебания круглых пластин.
9. Колебания прямоугольных пластин.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

| № | а) основная литература: | К-во[1] |
|---|---|---|
| 1. | Применение системы ANSYS к решению задач механики сплошной среды. Практическое руководство / Под ред. Проф. А.К.Любимова. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2006. – 227 с. (55 экз.) | 55 |
| 2. | Пфейффер П. Колебания упругих тел / Пер. с нем. под ред. А.И.Лурье. Изд. 2-е, стереотипное. – М.: КомКнига, 2006. – 152 с. (1934 http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=86118&DB=1) | Э+1 |
| 3. | Тимошенко С.П. Янг Д.Х. Уивер У. Колебания в инженерном деле. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=300814&DB=1 – 1 экз, 1967 http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=300815&DB=1 – 11 экз. | Э+12 |
| 4. | Горшков А.Г. Медведский А.Л. Рабинский Л.Н. Тарлаковский Д.В. Волны в сплошных средах: Учеб. пособ.: Для вузов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 472 с. (https://e.lanbook.com/book/47545?category_pk=930#book_name) | Э |
| 5. | Ерофеев В.И. Кажаев В.В. Семерикова Н.П. Волны в стержнях. Дисперсия. Диссипация. Нелинейность. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 208 с. (http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/ErofeevKazhaevSemerikova2002ru.djvu). | Э |

| № | б) дополнительная литература: | К-во[1] |
|---|---|---|
| 1. | Стретт Дж.В. (лорд Рэлей) Теория звука, Т.1 / Пер. с англ. Изд. 2-е. – М.: ГИТТЛ, 1955. – 503 с. (http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Relej_t1_1955ru.djvu) (4 экз.). | Э+4 |
| 2. | Губанова И.И. Пановко Я.Г. Устойчивость и колебания упругих систем: Современные концепции, парадоксы и ошибки Изд. 5-е / 6-е, стереотип. – М.: КомКнига, 2007. – 352 с. (1967-1, 1979-2, 1987-3) | Э+6 |

| № | в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины) | «Л» или «С»[2] |
|---|---|---|
| 1. | ANSYS | Л |
| 2. | http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.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 ФГОС ОС 01.03.03 Механика и математическое моделирование

[1] Указывается количество экземпляров в библиотеке ННГУ. Если издание доступно в электронном виде (указана ссылка), указывается буква «Э».
[2] Указывается буква «Л», если программное обеспечение – лицензионное, или «С» – в свободном доступе.

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<br>Жидков А.В. |
| Рецензент(ы) | _____ | |
| Заведующий кафедрой теоретической, компьютерной и экспериментальной механики | _____ | д.ф.-м.н., профессор<br>Игумнов Л.А. |