

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор _____ Гергель В.П.

« _____ » _____ 2017 г.

Рабочая программа дисциплины

Колебания упругих тел

Уровень высшего образования
бакалавриат

Направление подготовки
02.03.01 «Математика и компьютерные науки»

Направленность образовательной программы
профиль «Общий профиль»

Квалификация (степень)
бакалавр

Форма обучения
очная

Нижегород

2017

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Относится к факультативной части ОПОП (ФТД.В.01). Освоение возможно начиная с 6 семестра (3 курс, весенний семестр). Дисциплина дополняет общее представление о математическом моделировании. Знания, полученные в этом курсе, могут использоваться при выполнении курсовых и выпускных работ и в профессиональной деятельности. Слушатели должны владеть знаниями курсов «Теоретическая механика», «Численные методы» а также математических дисциплин, изучаемых на первых курсах.

Целями освоения дисциплины являются:

- освоение методологии математического моделирования динамического поведения деформируемых твёрдых тел;
- получение основных навыков решения задач, связанных с распространением волн и колебаниями деформируемых тел и конструкций;
- закрепление полученных теоретических знаний по профессиональным дисциплинам на практических примерах.

При освоении дисциплины вырабатываются навыки математического и механического подходов к проблеме моделирования разнообразных физических явлений: умение логически мыслить, чётко формулировать физические и математические постановки задач, проводить анализ отдельных уравнений и модели в целом, получать решения и анализировать полученные результаты, применять полученные знания для решения актуальных практических задач. Получаемые знания лежат в основе общего механического образования и необходимы для понимания и освоения задач специального практикума и материалов специальных курсов по механике.

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

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-2 способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики базовый этап	У1 (ПК-2) Уметь <u>решать стандартные задачи профессиональной деятельности.</u> З1 (ПК-2) Знать <u>подходы и методы решения стандартных задач профессиональной деятельности.</u> В1 (ПК-2) Владеть <u>средствами решения стандартных задач профессиональной деятельности.</u>

В результате освоения данной дисциплины обучающийся должен:

- 1) Знать: основные понятия и математические модели теории распространения волн и механических колебаний упругих тел; подходы (аналитические и численные) к решению задач линейно упругих колебаний различных элементов конструкций; методы определения частот и форм собственных колебаний.
- 2) Уметь: адекватно подойти к проблеме моделирования рассматриваемого физического явления, сформулировать математическую модель и постановку задачи в рамках механики сплошной среды, провести анализ уравнений и построение решения, применить полученные знания для решения актуальных практических задач.
- 3) Владеть основными методами решения стандартных задач.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, всего 72 часа, из которых 32 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (16 часов занятия лекционного типа, 16 часов практические занятия), 40 часов составляет

самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)		В том числе													Самостоятельная работа обучающегося, часы			
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы, из них											Всего					
	Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Консультации		Всего		Очная	Очно-заочная		Заочная		
	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная					Очно-заочная	Заочная
Динамические задачи линейной теории упругости	8		2		2										4		4		
Волновые процессы и колебания линейно упругих тел	18		4		4										8		10		
Колебания струн, стержней, балок	18		4		4										8		10		
Колебания мембран, пластин, оболочек	12		3		3										6		6		
Численные методы определения частот и форм колебаний упругих тел	16		3		3										6		10		
Промежуточная аттестация зачет																			
В т.ч. текущий контроль	2																		

Содержание разделов дисциплины

1. **Динамические задачи линейной теории упругости:** классификация динамических процессов: стационарные и нестационарные процессы; постановка задач в перемещениях.

2. **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.

3. **Колебания струн, стержней, балок:** определение частот и форм собственных колебаний; свободные и вынужденные колебания; продольные, поперечные, крутильные, изгибные колебания.

4. **Колебания мембран, пластин, оболочек:** определение частот и форм собственных колебаний; свободные и вынужденные колебания.

5. Численные методы определения частот и форм колебаний упругих тел: численные методы модального анализа.

Содержание практических занятий

1. Динамические задачи линейной теории упругости: классификация динамических процессов: стационарные и нестационарные процессы; постановка задач в перемещениях.

2. Волновые процессы и колебания линейно упругих тел: 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.

3. Колебания струн, стержней, балок: определение частот и форм собственных колебаний; свободные и вынужденные колебания; продольные, поперечные, крутильные, изгибные колебания.

4. Колебания мембран, пластин, оболочек: определение частот и форм собственных колебаний; свободные и вынужденные колебания.

5. Численные методы определения частот и форм колебаний упругих тел: численные решение задач определение частот и форм собственных колебаний стержней, пластин, трехмерных тел.

4. Образовательные технологии

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, лабораторные работы, зачет. Из традиционных методов преподавания используется: лекция по теме. Из активных и интерактивных методов преподавания на занятиях семинарского типа используются: обсуждения различных точек зрения по некоторым темам и проблемам, дискуссии по спорным вопросам. В течение семестра студенты самостоятельно и на занятиях семинарского типа решают задачи по списку, предоставленному преподавателем.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов.

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, доклад на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточному контролю успеваемости (зачет).

Примеры индивидуальных заданий для докладов на практических занятиях

1. Свободные продольные колебания призматического стержня.
2. Свободные поперечные колебания призматического стержня.
3. Крутильные колебания стержня.
4. Продольный удар по призматическому стержню.
5. Поперечный удар по призматическому стержню.
6. Колебания круглых мембран.
7. Колебания прямоугольных мембран.

8. Колебания круглых пластин.
9. Колебания прямоугольных пластин.

Примеры контрольных вопросов

1. Уравнения движения линейно упругого тела.
2. Закон Гука.
3. Уравнения Ламе.
4. Определение продольных и поперечных волн.
5. Фазовая и групповая скорости волн.
6. Поверхностные волны.
7. Собственные частоты и моды колебаний, их свойства.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Дисциплина направлена на развитие компетенции:

ПК-2 Способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	1	2	3	4
ЗНАТЬ: основные методы решения стандартных задач	Отсутствие знаний или фрагментарное знание основных методов решения стандартных задач	В целом успешное, но не систематическое знание основных методов решения стандартных задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных методов решения стандартных задач	Успешное и систематическое знание основных методов решения стандартных задач
УМЕТЬ: находить, анализировать и использовать методы решения стандартных задач	Отсутствие умений или частично освоенное умение находить и использовать методы решения стандартных задач	В целом успешное, но не систематически освоенное умение находить и использовать методы решения стандартных задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение находить, анализировать и использовать методы решения стандартных задач	Сформированное умение находить, анализировать и использовать методы решения стандартных задач
ВЛАДЕТЬ: навыками решения стандартных задач	Отсутствие знаний или фрагментарные навыки решения стандартных задач	Общие, но не структурированные навыки решения стандартных задач	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки решения стандартных задач	Сформированные систематические навыки решения стандартных задач

6.2. Описание шкал

В соответствии с учебным планом контроль усвоения студентами содержания дисциплины проводится в форме зачета.

На зачете определяется способность студента использовать полученные знания для решения практических задач.

Шкала оценок в соответствии со стандартом	Описание оценки
зачтено	Студент может объяснить алгоритм решения практической задачи, демонстрирует навыки использования современных математических методов
не зачтено	Студент показывает неудовлетворительное знание схемы решения практической задачи, отсутствие навыков использования математических методов

Зачет проводится в виде собеседования в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. На зачете учитывается работа студента в течение семестра на занятиях семинарского типа и подготовка доклада на выбранную тему.

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:

- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

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

- практические контрольные задания.

Типы практических контрольных заданий:

- задания на установление правильной последовательности, взаимосвязанности действий,
- установление последовательности действий (описание алгоритма выполнения действия).

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции

- Сформулировать гипотезы классической механики сплошных сред.
- Сформулировать законы классической механики сплошных сред.
- Записать математическую формулировку конкретной физической задачи.
- Описать последовательность выполнения действий при решении практической задачи.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

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

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

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. 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> – 1 экз.)
2. 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.
3. 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)
 4. Ерофеев В.И. Кажаяев 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>).
- б) дополнительная литература:
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).
 2. Применение системы ANSYS к решению задач механики сплошной среды: практ.рук. / Любимов А.К. и др. – Н.Новгород: Изд-во Нижегород.гос.ун-та, 2006. – 227 с. (55 экз.)
- в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:
1. ANSYS
 2. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории, оборудованные мультимедийной техникой (компьютер, проектор, экран), для проведения занятий лекционного и семинарского типа.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки» (профиль «Общий профиль»).

Автор(ы)

к.т.н., доцент
Жидков А.В.

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 _____ года, протокол № ____.