

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Колебания распределенных систем

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

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.11.01 Колебания распределенных систем 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-4: Способен применять методы математического и компьютерного исследования при анализе задач на основе знаний фундаментальных математических и компьютерных наук	ПК-4.1: Знает фундаментальные и теоретические основы, необходимые для исследования научных проблем ПК-4.2: Умеет самостоятельно применять полученные знания для анализа объекта исследования, определять цели и задачи исследования, а также выбирать корректный метод исследования научной проблемы ПК-4.3: Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой	ПК-4.1: Знать методы математического и компьютерного исследования при анализе задач КРС на основе знаний фундаментальных математических и компьютерных наук и навыки проблемно-задачной формы представления научных знаний ПК-4.2: Уметь применять методы математического и компьютерного исследования КРС при анализе задач на основе знаний фундаментальных математических и компьютерных наук ПК-4.3: Владеть опытом применения методов математического и компьютерного исследования КРС.	Контрольная работа Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы Задания

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	20
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	20
- КСР	1
самостоятельная работа	31
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 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Элементы теории упругости	3	1		1	2
Постановка самосогласованных задач динамики упругих систем. Принцип Гамильтона-Остроградского	18	5	5	10	8
Метод разделения переменных. Колебания струны. Продольные колебания стержня. Крутильные колебания вала с диском на конце. Колебания балки. Метод Бубнова-Галёркина. Колебание струны с переменными параметрами.	11	3	3	6	5
Волновой подход к анализу колебаний распределённых систем.	18	5	6	11	7
Колебания струны с подвижными закреплениями. Параметрическая неустойчивость 2-го рода.	10	3	3	6	4
Колебания балки Бернулли, Тимошенко. Колебания мембраны. Колебание пластины	11	3	3	6	5
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	72	20	20	41	31

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Элементы теории упругости (элементы сопромата). Деформации, напряжения. Обобщённый закон Гука. Коэффициент Пуассона. Потенциальная энергия деформации
2. Постановка самосогласованных задач динамики упругих систем. Принцип Гамильтона-Остроградского. Вывод уравнений колебаний распределённых систем. Поперечные колебания струны.

Продольные колебания стержня. Крутильные колебания. Изгибные колебания балки Постановка самосогласованной нелинейной задачи описывающей связанные изгибные и продольные колебания стержня. Вывод уравнений параметрических колебаний струны. Уравнения колебаний цепи. Самосогласованное движение границ и колебаний цепи.

3. Метод разделения переменных. (Метод Фурье). Колебания струны с неподвижными границами. Вынужденные колебания струны. Колебания струны с подвижными концами. Колебания струны с периодическим источником. Резонанс. Колебания неоднородной струны. Продольные колебания стержня. Крутильные колебания вала с диском на конце и нагруженный электромотором. Колебания подвешенной нити. Колебания вращающейся нити. Метод Бубнова-Галёркина. Колебание струны с переменными параметрами. Параметрический резонанс.

4. Волновой подход к анализу колебаний распределённых систем. Волна. Основные понятия. Эффект Доплера. Двойной эффект Доплера. Нормальный и аномальный эффект Доплера. Энергетические соотношения в волновых процессах. Теорема Умова-Пойтинга. Энергетические соотношения на движущихся границах.

5. Колебания струны с подвижными закреплениями. Параметрическая неустойчивость 2-го рода. Область применимости метода Бубнова-Галёркина.

6. Колебания балки Бернулли, Тимошенко. Колебания мембраны. Колебание пластины. Аналитические функции тензора 2-го ранга. Изотропные функции. Дифференцирование по тензорному аргументу. Производные от инвариантов тензора 2-го ранга.

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):

- 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).

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 - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

Используя принцип Гамильтона-Остроградского получить уравнения колебаний распределённой системы:

1. поперечные колебания струны;
2. продольные колебания стержня;

3. крутильные колебания стержня;
4. изгибные колебания балки;
5. уравнений параметрических колебаний струны.

Используя методы разделения переменных (метод Фурье) решить задачу:

1. Колебания струны с неподвижными границами.
2. Вынужденные колебания струны.
3. Колебания струны с подвижными концами.
4. Колебания струны с периодическим источником. Резонанс.
5. Колебания неоднородной струны.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

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 не существенные 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

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

1. С помощью принципа Гамильтона-Остроградского вывести уравнения поперечных колебаний струны.
2. С помощью принципа Гамильтона-Остроградского вывести уравнения продольных колебаний стержня.
3. С помощью принципа Гамильтона-Остроградского вывести уравнения крутильных колебаний стержня.
4. С помощью принципа Гамильтона-Остроградского вывести уравнения изгибных колебаний балки Бернулли.
5. С помощью принципа Гамильтона –Остроградского получить постановку самосогласованной нелинейной задачи описывающей связанные изгибные и продольные колебания стержня.
6. С помощью принципа Гамильтона-Остроградского вывести уравнения колебаний механической цепи.
7. Методом разделения переменных найти решение задачи о колебаниях струны с неподвижными границам.
8. Методом разделения переменных найти решение задачи о вынужденных колебаниях струны с неподвижными границам.
9. Методом разделения переменных найти решение задачи о крутильных колебания вала с диском на конце и нагруженным электромотором.
10. Методом разделения переменных найти решение задачи о колебаниях подвешенной нити.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

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

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора 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 минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых	При решении стандартных	Имеется минимальн	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрированы

	навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	задач не продемонстриро ваны базовые навыки. Имели место грубые ошибки	ый набор навыков для решения стандартны х задач с некоторым и недочетами	базовые навыки при решении стандартны х задач с некоторым и недочетами	базовые навыки при решении стандартны х задач без ошибок и недочетов	навыки при решении нестандарт ных задач без ошибок и недочетов	творческий подход к решению нестандартны х 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».
	удовлетворитель но	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	неудовлетворите льно	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 - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Обобщённый закон Гука. Коэффициент Пуассона. Деформации и закон Гука при чистом сдвиге.
2. Потенциальная энергия деформации. Кручение. Деформации. Напряжения. Потенциальная энергия.
3. Принцип Гамильтона-Остроградского. Вывод уравнений колебаний распределённых систем.
4. Постановка самосогласованной нелинейной задачи описывающей связанные изгибные и продольные колебания стержня.
5. Вывод уравнений параметрических колебаний струны. Уравнения колебаний цепи. Самосогласованное движение границ и колебаний цепи.
6. Эффект Доплера. Двойной эффект Доплера. Нормальный и аномальный эффект Доплера.

7. Энергетические соотношения волновых процессах. Теорема Умова-Пойтинга. Энергетические соотношения на движущихся границах.
8. Метод Даламбера. Решение задачи о колебании струны с различными закреплениями. Колебания неоднородной струны. Продольный удар по стержню.
9. Колебания струны с подвижными закреплениями. Параметрическая неустойчивость 2-го рода. Область применимости метода Бубнова- Галёркина
10. Колебания балки Бернулли.
11. Колебание мембраны.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Деформации: абсолютная, относительная, продольная, поперечная. Тензор деформации.
2. Напряжения: нормальные, касательные. Тензор напряжений.
3. Гипотезы плоских сечений. Принцип Сен-Венана.
4. Обобщённый закон Гука. Коэффициент Пуассона. Деформации и закон Гука при чистом сдвиге.
5. Потенциальная энергия деформации. Кручение. Деформации. Напряжения. Потенциальная энергия.
6. Теория флоры. Уравнение Матвея.
7. Вывод уравнений колебаний распределённых систем.

Вывод поперечных колебаний струны

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

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 незначительные 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. Тимошенко Степан Прокофьевич. Колебания в инженерном деле / пер. с англ. Я. Г. Панова с 3-го амер. изд., перераб. совместно с Д. Х. Янгом. - Изд. 2-е. - М. : Наука, 1967. - 444 с. : черт. - 2.20., 11 экз.
2. Кошляков Николай Сергеевич. Уравнения в частных производных математической физики : [учеб. пособие для мех.-мат. и физ. фак. ун-тов]. - [2-е изд.]. - М. : Высшая школа, 1970. - 710 с. : с черт. - 1-е изд. вышло под загл.: Дифференциальные уравнения математической физики. - 1.07., 132 экз.

Дополнительная литература:

1. Ерофеев Владимир Иванович. Волны в стержнях. Дисперсия. Диссипация. Нелинейность. - М. : Физматлит, 2002. - 208 с. - ISBN 5-9221-0294-X : 21.00., 3 экз.
2. Весницкий Александр Иванович. Волны в системах с движущимися границами и нагрузками. - М. : Физматлит, 2001. - 320 с. - ISBN 5-9221-0172-2 : 32.00., 3 экз.

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

Не предусмотрено

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): Ляхов Александр Федорович, кандидат физико-математических наук, доцент.

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.