

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
от 30.11.2022 г. протокол № 13

**Рабочая программа дисциплины
Нелинейные задачи механики деформируемых твердых тел**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
01.04.03 Механика и математическое моделирование

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
магистерская программа «Информационное и программное обеспечение. Инженерия»

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород
2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина 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 <i>Б1.О.14, Нелинейные задачи механики деформируемых твердых тел</i> относится к обязательной части ООП направления подготовки 01.04.03 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**	
УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	УК-3.1. Знать основные принципы управления командой проекта..	Знать основные принципы управления группой при подготовке задания.	собеседование
	УК-3.2. Уметь вырабатывать командную стратегию при выполнении проекта.	Уметь вырабатывать командную стратегию при подготовке задания в группе	Собеседование, выполнение лабораторных работ
	УК-3.3. Владеть методами мотивации команды на достижение поставленной цели.	Владеть методами мотивации членов группы при подготовке задания.	Собеседование, выполнение лабораторных работ
ОПК-1. Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы механики и математики	ОПК-1.1. Знает основы фундаментальных физико-математических дисциплин и других естественных наук.	Знает специализированные разделы механики деформируемого твердого тела и смежных дисциплин, необходимые при создании моделей реальных тел и конструкций.	Собеседование
	ОПК-1.2. Умеет формулировать, анализировать и решать профессиональные задачи с применением фундаментальных знаний математики, физики и других естественных наук.	Умеет применять и модифицировать известные модели модели реальных тел и конструкций.	собеседование, выполнение лабораторных работ

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**	
	ОПК-1.3. Имеет практический опыт постановки и решения актуальных задач математики и механики.	Имеет опыт разработки и применения методов численного решения нелинейных краевых задач МДТТ.	<i>собеседование</i>
ОПК-4. Способен использовать и создавать эффективные программные средства для решения задач механики	ОПК-4.1. Знает базовые понятия информатики, информации, ее измерения, кодирования и представления в вычислительных системах, принципы сбора, хранения и обработки информации, а также современные алгоритмы, средства разработки и программные средства.	Знает основной набор современных методов и алгоритмов математического моделирования нелинейного деформирования твердых тел и конструкций.	<i>собеседование</i>
	ОПК-4.2. Умеет использовать знания, полученные в области компьютерных наук.	Умеет осознанно выбрать оптимальные методы при анализе исследовательских и практических задач нелинейного деформирования твердых тел	<i>собеседование, выполнение лабораторных работ</i>
	ОПК-4.3. Имеет практический опыт использования информационных технологий, а также создания программных средств для решения задач профессиональной деятельности.	Имеет опыт использования методов и алгоритмов математического моделирования нелинейного деформирования твердых тел, в частности, средствами программного комплекса ANSYS.	<i>собеседование, выполнение лабораторных работ</i>

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 типа лабораторных работ	32
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация –	зачет

3.2. Содержание дисциплины

Очная форма обучения						
Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				СР ¹ , часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
		ЗЛеТ ²	ЗСеТ ³	ЗЛаТ ⁴	Всего	
Введение. Классификация нелинейных задач МДТТ. Основные средства и инструменты решения нелинейных задач в ANSYS.	6			2	2	4
Геометрически нелинейные задачи МДТТ.	10			6	6	4
Физически нелинейные задачи МДТТ.	10			6	6	4
Контактные нелинейные задачи МДТТ.	10			6	6	4
Высокопроизводительные вычисления и особенности распараллеливания решения задач в системе ANSYS.	10			6	6	4
Решение комплексных нелинейных задач в ANSYS	10			6	6	4
Выполнение итоговой лабораторной работы	15					15
Текущий контроль	1					
Итого	72			32	32	39
¹ Самостоятельная работа обучающегося. ² Занятия лекционного типа. ³ Занятия семинарского типа. ⁴ Занятия лабораторного типа.						

Практические занятия (лабораторные занятия) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий (лабораторных занятий) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: разработки, анализа и внедрения эффективных алгоритмов и специализированных программных комплексов (разработки и применения методов численного решения нелинейных краевых задач МДТТ); использования методов и алгоритмов математического моделирования нелинейного деформирования твердых тел, в частности, средствами программного комплекса ANSYS.
- компетенций - УК-3; ОПК-1; ОПК-4.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет).

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий лабораторного типа. Промежуточная аттестация (зачет) проходит в форме собеседования по отчету об итоговой лабораторной работе.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде лабораторной (в специализированной аудитории - терминал-классе) и самостоятельной работы студентов.

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

- самостоятельная теоретическая подготовка к занятиям лабораторного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях),
- подготовка и отчет по выполненным в специализированной аудитории лабораторным работам.

Формами контроля самостоятельной работы студентов, соответственно, являются:

- сдача теоретического допуска к лабораторной работе (может проходить как в письменной форме, так и в форме устного собеседования)
- защита отчета о выполненной лабораторной работе – в виде собеседования.
- Самостоятельное выполнение итоговой лабораторной работы с индивидуальным заданием.

Зачет выставляется по итогам успешной сдачи итоговой лабораторной работы при условии успешной сдачи всех запланированных на семестр работ.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и тематика итоговых работ для 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 тестовых заданий, вопросов для собеседования, заданий для итоговой лабораторной работы, по итогам которой выставляется зачет.

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
		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
		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,	Продемонстрированы все	Продемонстрированы

Шкала оценивания сформированности компетенций	Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
	Знания	Умения	Навыки
	соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	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»

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

5.2.1. Вопросы для собеседования

Вопрос	Код компетенции (согласно

	РПД)
1. Записать соотношения деформации – перемещения для случая малых деформаций, но конечных перемещений	УК-3, ОПК-1
2. Установить, какие варианты соотношений деформации – перемещения подходят для моделирования задачи потери устойчивости упругих систем.	УК-3, ОПК-1
3. Какие варианты соотношений деформации – напряжения подходят для моделирования задачи закритического поведения деформируемых систем.	УК-3, ОПК-1
4. Гиперупругие материалы. Примеры соотношений. Задание свойств.	УК-3, ОПК-1
5. Модели пластического деформирования	УК-3, ОПК-1
6. Изотропное и кинематическое упрочнение	УК-3, ОПК-1
7. Пластического шарнира при изгибе балки. Условие образования.	УК-3, ОПК-1
8. В чем заключается нелинейность контактных задач	УК-3, ОПК-1
9. Особенности контактного алгоритма в ANSYS	ОПК-4
10. Метод Ньютона-Рафсона в ANSYS	ОПК-4
11. Метод длины дуги «arc length». В каких задачах применим	ОПК-4

5.2.2. Задания для лабораторных работ.

Задания для лабораторных работ приведены в [1].

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Леонтьев Н.В. Нелинейные задачи механики деформируемого твердого тела. Практикум. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. - 71 с. Электронное издание http://www.unn.ru/books/met_files/lab_Leon.doc
2. Оден Дж. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред. М.: Мир, 1976 464 с. (3 экз.)
3. Васидзу К. «Вариационные методы в теории упругости и пластичности» изд. «Мир» 1987г; (4 экз)
4. Ansys Help System 14.0, 14.5, 17.2. Ansys Inc.

б) дополнительная литература:

1. Александров В.М., Мхитарян С.М. Контактные задачи для тел с тонкими покрытиями и прослойками. М.: Наука, 1983 . 458 с. (6 экз.)
2. Лурье А. И. Нелинейная теория упругости. М.: Наука. 1980. (4 экз.)
3. Биргер И.А. «Сопrotивление материалов» изд. Москва «Наука» 1986г. (1 экз.)
4. Босов С.И., Леонтьев Н.В., Двошерстов М.Ю. МКЭ-моделирование FBAR-резонаторов // Вестник ННГУ. № 1(1) Радиофизика. 2014. С. 63-68.
[http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik/19931778_2014_-_1-1\(1\)_unicode/9.pdf](http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik/19931778_2014_-_1-1(1)_unicode/9.pdf)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

(в соответствии с содержанием дисциплины)

1. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/solid.htm>
2. <http://www.cadferm-cis.ru/>
3. <https://www.facebook.com/cadfermcis>
4. <http://www.youtube.com/user/CADFEM>
5. <http://www.cae-club.ru/forum>
6. Научно-образовательный центр при МИАН – <http://www.mi.ras.ru/>
7. Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ –
8. <http://lib.mexmat.ru/>
9. электронная библиотека - <http://www.hi-edu.ru>
10. электронные поисковые системы Yandex, Google и т.д.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс с установленным ПО **ANSYS Academic Research Mechanical and CFD**.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 01.04.03 Механика и математическое моделирование.

Автор(ы)

к.т.н., доцент Леонтьев Н.В.

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 30.11.2022 года, протокол № 3.