

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
МОДЕЛИРОВАНИЕ И РЕШЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ**

(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

Информационное и программное обеспечение. Инженерия

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина <i>Б1.В.ДВ.01. Моделирование и решение специальных задач теории упругости</i> относится к части ООП направления подготовки 01.04.03 Механика и математическое моделирование, формируемой участниками образовательных отношений.

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-10. Владение навыками применения математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах, реализации в них собственных методов, моделей и алгоритмов	ПК-10.1. Знает теоретические основы фундаментальных компьютерных наук.	Знает теоретические основы фундаментальных компьютерных наук основы информационных технологий.	<i>Собеседование,</i>
	ПК-10.2. Умеет ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики.	Умеет ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики и алгоритмов решения задач моделирования и решение специальных задач теории упругости.	<i>Выполнение заданий</i>
	ПК-10.3. Имеет практический опыт использования математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах	Имеет практический опыт использования математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах, решения задач моделирования специальных задач теории упругости, в соответствии с выбранным методом, включая реализацию в них собственных методов и моделей.	<i>Собеседование по отчетам о выполненных работах</i>

*Индикатор достижения компетенции – указывается из таблиц п.4.1. Общей характеристики ООП,

**Результаты обучения по дисциплине- указываются авторами РПД согласно содержания дисциплины

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ

Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	32
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	79
Промежуточная аттестация –зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Очная форма обучения							
№	Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				СР ¹ , часы
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
			из них				
			ЗЛеТ ²	ЗСеТ ³	ЗЛаТ ⁴	Всего	
1.	Обзор нелинейных задач	8	2	2		4	4
2.	Основные понятия и соотношения нелинейного анализа	16	4	4		8	8
3.	Методы построения нелинейных конечных элементов	20	5	5		10	10
4.	Методы решения нелинейных уравнений равновесия	19	4	5		9	10
5.	Реализация на компьютере решателя нелинейных уравнений равновесия	13	5	4		9	4
6.	Анализ устойчивости упругих тел	22	4	4		8	14
7.	Неконсервативные задачи	22	4	4		8	14
8.	Постановки и решения задач оптимального проектирования геометрически нелинейных конструкций с учетом общей потери устойчивости	23	4	4		8	15
	Текущий контроль (КСР)	1				1	
	ИТОГО	144	32	32		65	79
¹ Самостоятельная работа обучающегося. ² Занятия лекционного типа. ³ Занятия семинарского типа. ⁴ Занятия лабораторного типа.							

Практические занятия (семинарские 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 (семинарских занятий) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: использования математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах, решения задач моделирования специальных задач теории упругости, в соответствии с выбранным методом, включая реализацию в них собственных методов и моделей.
- компетенций – ПК-10.

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках занятий практического типа, групповых или индивидуальных консультаций.

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающегося включает в себя расчетно-графические работы, домашние задания.

Примеры общих теоретических вопросов и заданий для собеседований 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 контрольных вопросов теоретического характера, контрольных вопросов к описанию лабораторных работ и контрольных заданий для собеседования.

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.	Продemonстрированы 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	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
очень хорошо		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
отлично		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
превосходно		Уровень знаний в объеме, превышающем	Продemonстрированы все основные умения.	Продemonстрирован творческий подход к

Шкала оценивания сформированности компетенций	Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
	Знания	Умения	Навыки
	программу подготовки.	Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов	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. Контрольные задания для оценки формирования компетенций ПК-10

Варианты заданий РГР. Темы расчетно-графических работ (РГР).

1. Анализ чувствительности некротной критической нагрузки общей потери устойчивости и перемещений фермы. Оптимальное проектирование фермы с ограничением на критическую нагрузку и условием, что симметричная точка бифуркации возникает раньше, чем предельная точка.
2. Анализ чувствительности некротной критической нагрузки общей потери устойчивости и перемещений фермы. Оптимальное проектирование фермы с ограничением на критическую нагрузку и условием, что асимметричная точка бифуркации возникает раньше, чем предельная точка.
3. Анализ чувствительности двукратной критической нагрузки общей потери устойчивости и перемещений фермы. Оптимальное проектирование фермы с ограничением на двукратную критическую нагрузку.
4. Анализ чувствительности некротной критической нагрузки общей потери устойчивости и перемещений фермы с начальными глобальными несовершенствами. Оптимальное проектирование фермы с ограничением на критическую нагрузку и учетом начальных

несовершенств.

5. Оптимизация стержневых конструкций со случайными несовершенствами при ограничениях на вероятность безотказной работы по общей потере устойчивости.

5.2.2. Контрольные вопросы для оценки формирования компетенций ПК-10

1. Геометрическая, физическая нелинейности.
2. Однопараметрические нелинейные уравнения равновесия.
3. Касательная матрица жесткости конструкции.
4. Классификация простых и кратных критических точек.
5. Лагранжево представление геометрически нелинейного ферменного конечного элемента.
6. Лагранжево представление геометрически нелинейного балочного конечного элемента.
7. Метод вращений для представления геометрически нелинейного ферменного конечного элемента.
8. Метод вращений для представления геометрически нелинейного балочного конечного элемента.
9. Инкрементные методы решения нелинейных уравнений равновесия.
10. Ньютоновские методы решения нелинейных уравнений равновесия.
11. Представление приращения вектора нелинейных перемещений в окрестности некротных критических точек.
12. Представление приращения вектора нелинейных перемещений в окрестности кратных критических точек.
13. Определение количества исходящих равновесных кривых из некротных и кратных критических точек.
14. Исследование закритического поведения конструкций в окрестности предельной точки.
15. Исследование закритического поведения конструкций в окрестности симметричной точки бифуркации.
16. Исследование закритического поведения конструкций в окрестности асимметричной точки бифуркации.
17. Эйлеровская теория устойчивости.
18. Геометрически нелинейная теория устойчивости.
19. Несовершенства.
20. Чувствительность критической нагрузки общей потери устойчивости конструкции к несовершенствам.
21. Неконсервативные нагрузки.
22. Динамическая устойчивость.
23. Флаттер.
24. Шимми.
25. Постановки задач оптимального проектирования геометрически нелинейных конструкций с учетом общей потери устойчивости (детерминистические и стохастические).

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Алфутов Н.А., Колесников К.С. Устойчивость движения и равновесия. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003, 256 с. (5 экз.)
2. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем: современные концепции, парадоксы и ошибки. М.: Наука, 1987, 352 с. (7 экз.)
3. Болотин В.В. Неконсервативные задачи теории упругой устойчивости. М.: Изд-во физико-математической литературы, 1961, 340 с. (3 экз.)

**№ в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы
(в соответствии с содержанием дисциплины)**

1. Программный комплекс ANSYS
2. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий, оснащенные мультимедийными средствами.

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 01.04.03 Механика и математическое моделирование.

Автор к.т.н., доцент Сергеев О.А.

Заведующий кафедрой ТКиЭМ 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.