

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

Моделирование и решение специальных задач теории упругости

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Направленность образовательной программы

Информационное и программное обеспечение. Инженерия

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 Моделирование и решение специальных задач теории упругости 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-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. ПК-10.2: Умеет ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики. ПК-10.3: Имеет практический опыт использования математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах.	ПК-10.1: Знает теоретические основы фундаментальных компьютерных наук основы информационных технологий. ПК-10.2: Умеет ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики и алгоритмов решения задач моделирования и решение специальных задач теории упругости. ПК-10.3: 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.	Собеседование	Зачёт: Контрольная работа

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
--	-------

Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	79
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 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Обзор нелинейных задач	8	2	2	4	4
Основные понятия и соотношения нелинейного анализа	16	4	4	8	8
Методы построения нелинейных конечных элементов	20	5	5	10	10
Методы решения нелинейных уравнений равновесия	19	4	5	9	10
Реализация на компьютере решателя нелинейных уравнений равновесия	13	5	4	9	4
Анализ устойчивости упругих тел	22	4	4	8	14
Неконсервативные задачи	22	4	4	8	14
Постановки и решения задач оптимального проектирования геометрически нелинейных конструкций с учетом общей потери устойчивости	23	4	4	8	15
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	144	32	32	65	79

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Обзор нелинейных задач.
2. Основные понятия и соотношения нелинейного анализа.
3. Методы построения нелинейных конечных элементов.
4. Методы решения нелинейных уравнений равновесия.

5. Реализация на компьютере решателя нелинейных уравнений равновесия.
6. Анализ устойчивости упругих тел.
7. Неконсервативные задачи.
8. Постановки и решения задач оптимального проектирования геометрически нелинейных конструкций с учетом общей потери устойчивости.

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.

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

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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции 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. Эйлера-Рунге теория устойчивости.
18. Геометрически нелинейная теория устойчивости.
19. Несовершенство.

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).

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	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены

	обучающегося от ответа	ошибки	ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных 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».
	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»
не зачтено	неудовлетворительно	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 - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-10

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.
1. 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.
2. Анализ чувствительности двукратной критической нагрузки общей потери устойчивости и перемещений фермы. Оптимальное проектирование фермы с ограничением на двукратную критическую нагрузку.
3. 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.
4. Оптимизация стержневых конструкций со случайными несовершенствами при ограничениях на вероятность безотказной работы по общей потере устойчивости.

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 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.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Алфутон Николай Анатольевич. Устойчивость движения и равновесия : учебник для вузов / под ред. К. С. Колесникова. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. - 256 с. : ил. - (Механика в техническом университете : в 8 т. ; Т. 3). - Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки". - ISBN 5-70-38-1472-3 : 25.00., 5 экз.
2. Пановко Яков Гилелевич. Устойчивость и колебания упругих систем : Современные концепции, парадоксы и ошибки. - 4-е изд., перераб. - М. : Наука, 1987. - 352 с. : ил. - (Проблемы науки и технического прогресса : ПНТП). - 1.60., 3 экз.
3. Болотин Владимир Васильевич. Неконсервативные задачи теории упругой устойчивости. - М. : Физматгиз, 1961. - 339 с. : черт. - 1.04., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Алфутов Николай Анатольевич. Устойчивость движения и равновесия : учебник для вузов / под ред. К. С. Колесникова. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. - 256 с. : ил. - (Механика в техническом университете : в 8 т. ; Т. 3). - Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки". - ISBN 5-70-38-1472-3 : 25.00., 5 экз.

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 (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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 01.04.03 - Механика и математическое моделирование.

Автор(ы): Сергеев Олег Анатольевич, кандидат технических наук, доцент.

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

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