

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

Конечно-элементное моделирование

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.01 Конечно-элементное моделирование 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-6: Владение навыками самостоятельного анализа поставленной задачи, выбора корректного метода ее решения, построения алгоритма и его реализации	ПК-6.1: Умеет самостоятельно анализировать задачу, выбирать методы решения, создавать алгоритм решения и реализовывать его. ПК-6.2: Владеет навыками решения практических задач, анализа результатов решения.	ПК-6.1: Уметь самостоятельно анализировать задачу графического программирования, выбирать методы решения, создавать алгоритм решения. ПК-6.2: Владеть навыками решения практических задач конечно-элементного моделирования, построения алгоритма и его реализации.	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	43
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	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Введение в САПР	8	2	2	4	4
Основные концепции графического программирования	11	4	4	8	3
Системы автоматизированной разработки чертежей	14	4	4	8	6
Системы геометрического моделирования	14	4	4	8	6
Представление кривых и работа с ними	10	2	2	4	6
Представление поверхностей и работа с ними	12	4	4	8	4
Метод конечных элементов	12	4	4	8	4
Интеграция CAD и CAM	14	6	4	10	4
Виртуальная инженерия	12	2	4	6	6
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	32	65	43

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение в САПР: определение CAD, CAM, CAE, сценарий интеграции проектирования и производства посредством общей базы данных, компоненты САПР, аппаратное обеспечение САПР, конфигурация аппаратных средств.
2. Основные концепции графического программирования: графические библиотеки, системы координат, примитивы, ввод графики, дисплейный файл, матрица преобразования, удаление невидимых линий и поверхностей, визуализация, графический интерфейс пользователя.
3. Системы автоматизированной разработки чертежей: настройка параметров чертежа, базовые функции черчения, функции аннотирования, вспомогательные функции, совместимость файлов чертежей.
4. Системы геометрического моделирования: системы каркасного моделирования, системы поверхностного моделирования, системы твердотельного моделирования, немногочисленные системы моделирования, системы моделирования устройств, базовые функции моделирования агрегатов, возможность совместного проектирования.
5. Представление кривых и работа с ними: типы уравнений, конические сечения, Эрмитовы кривые, кривая Безье, сплайн, интерполяционные кривые, пересечение кривых.
6. Представление поверхностей и работа с ними: типы уравнений поверхностей, билинейная поверхность, лоскут Куна, бикубический лоскут, поверхность Безье, сплайновая поверхность, интерполяционная поверхность, пересечение поверхностей.
7. Метод конечных элементов: введение в метод конечных элементов, формулировка метода конечных

элементов, моделирование конечных элементов, автоматическое построение сетки, топологическое разбиение, геометрическое разбиение, решеточные методы, повышение качества сетки

8. Интеграция CAD и CAM: производственный цикл детали, технологическая подготовка производства, автоматизированные системы технологической подготовки производства, групповая технология.

9. Виртуальная инженерия: определение виртуальной инженерии, компоненты виртуальной инженерии, применение виртуальной инженерии, исследовательские проблемы и препятствия виртуальной инженерии.

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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-6:

Для каждого варианта объекта необходимо создать конечно-элементную модель с помощью комплекса ANSYS.

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.

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 отдельным 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 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 - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-6

1. Определение CAD, CAM, CAE.
2. Определение и аппаратное обеспечение САПР.
3. Основные концепции графического программирования.
4. Системы каркасного моделирования.
5. Системы поверхностного моделирования.
6. Системы твердотельного моделирования.
7. Немногообразные системы моделирования.
8. Базовые функции моделирования агрегатов, возможность совместного проектирования.
9. Представление кривых и работа с ними.
10. Представление поверхностей и работа с ними.
11. Формулировка метода конечных элементов.
12. Повышение качества сетки.
13. Интеграция CAD и CAM.
14. Определение виртуальной инженерии.
15. Применение виртуальной инженерии.
16. Исследовательские проблемы и препятствия виртуальной инженерии.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и

Оценка	Критерии оценивания
	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. Применение системы ANSYS к решению задач механики сплошной среды : практ. рук. / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2006. - 227 с. - В надзаг.: Нац. проект "Образование". инновац. образоват. программа Нижегород. ун-та : Образоват.-науч. центр "Информац.-телекоммуникац. системы: физ. основы и мат. обеспечение". - Авт. указ. на обороте тит. л. - ISBN 5-85746-928-7 : 47-00., 52 экз.

Дополнительная литература:

1. Чигарев Анатолий Власович. ANSYS для инженеров : справочное пособие. - М. : Машиностроение-1, 2004. - 512 с. - ISBN 5-94275-048-3 : 641.00., 1 экз.
2. Капустин Сергей Аркадьевич. Метод конечных элементов в задачах механики деформируемых тел : учеб. пособие / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2002. - 180 с. - ISBN 5-85746-574-5 : 100.00., 40 экз.
3. Васильева Валентина Никитична. Введение в теорию метода конечных элементов. - Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1986. - 149 с. : ил. - 0.25., 1 экз.

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

Программный комплекс ANSYS

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 01.03.03 - Механика и математическое моделирование.

Автор(ы): Кожанов Дмитрий Александрович, кандидат физико-математических наук.

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

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