



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОСНОВЫ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Направление подготовки (специальность)
22.03.02 Металлургия

Направленность (профиль/специализация) программы
Инжиниринг уникальных материалов и инновационных технологий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

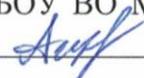
Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материаловедения
Кафедра	Инжиниринг уникальных материалов и инновационных технологий
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск
2022 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ
15.02.2022, протокол № 6

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:
мл.науч.сотрудник инжинирингового центра ФГБОУ ВО МГТУ им.Г.И. Носова,
канд. техн. наук  А.Е. Гулин

Рецензент:
доцент кафедры МиХТ, канд. техн. наук  М.В. Потапова

Согласовано:
руководитель образовательной программы  А.Е. Гулин

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Инжиниринг уникальных материалов и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Е. Гулин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Инжиниринг уникальных материалов и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Е. Гулин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Инжиниринг уникальных материалов и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Е. Гулин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Инжиниринг уникальных материалов и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Е. Гулин

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью преподавания дисциплины «Основы конечно-элементного моделирования» является подготовка специалистов, понимающих физические принципы, лежащие в основе моделирования функциональных материалов, имеющих представление о возможностях основных методов компьютерного моделирования и владеющих навыками применения современных методов компьютерного моделирования и программных средств при решении практических задач моделирования материалов и технологий их обработки.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Основы конечно-элементного моделирования входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Методы исследования материалов и процессов

Материаловедение

Производство сортового проката

Теория обработки металлов давлением

Детали машин

Физика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Новые технологические решения в процессах обработки металлов давлением

Курсовая научно-исследовательская работа

Методы оптимизации

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы конечно-элементного моделирования» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-3	Способен обоснованно определять и координировать работы по сопровождению и интеграции технологических процессов и производств металлических изделий
ПК-3.1	Осуществляет поиск, анализ и систематизацию опыта в области перспективных направлений развития производства металлических изделий
ПК-3.2	Разрабатывает методические подходы и рекомендации по проведению аналитических работ для оценки структуры и свойств металлических изделий
ПК-3.3	Систематизирует, обрабатывает и подготавливает данные для корректировки регулируемых параметров технологического процесса производства металлических изделий

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 93,4 акад. часов;
- аудиторная – 90 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,4 акад. часов;
- самостоятельная работа – 50,6 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - курсовой проект, зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Модели. Моделирование								
1.1 Основные понятия и определения. Цели и принципы моделирования материалов и технологий их обработки	5	2			4	Повторение конспекта лекции		ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
1.2 Аксиомы теории моделирования. Виды моделей и моделирования		2			4	Повторение конспекта лекции		ПК-3.1 ПК-3.2
1.3 Функции моделей. Факторы, влияющие на модель объекта		4			4	Повторение конспекта лекции	Блиц-опрос по теме лекции	ПК-3.1 ПК-3.2
Итого по разделу		8			12			
2. Построение геометрических моделей								
2.1 Знакомство с программными комплексами	5	4		7	4		Фронтальный опрос	ПК-3.1 ПК-3.2
2.2 Твердотельное моделирование деталей из функциональных и конструкционных материалов		4		7	4	Подготовка к сдаче практической работы	Сдача практической работы	ПК-3.1 ПК-3.2
Итого по разделу		8		14	8			
3. Конечно-элементное моделирование функциональных материалов и технологий их обработки								
3.1 Обзор программных комплексов конечно-элементного моделирования	5	3			6	Изучение научной литературы по теме лекции		ПК-3.1 ПК-3.2

3.2 Подготовка данных для компьютерного моделирования	4		9	6	Изучение научной литературы по теме лекции. Подготовка к сдаче практической работы.	Сдача практической работы	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
3.3 Определение взаимодействия между объектами и граничных условий модели	4		11	6	Изучение научной литературы по теме лекции. Подготовка к сдаче практической работы	Сдача практической работы	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
3.4 Построение компьютерных моделей	5		11	6	Изучение научной литературы по теме лекции. Подготовка к сдаче практической работы	Сдача практической работы	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
3.5 Обработка результатов компьютерного моделирования	4		9	6,6	Изучение научной литературы по теме лекции. Подготовка к сдаче практической работы	Сдача практической работы	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Итого по разделу	20		40	30,6			
Итого за семестр	36		54	50,6		зачёт, кп	
Итого по дисциплине	36		54	50,6		курсовой проект, зачет	

5 Образовательные технологии

Целью преподавания дисциплины является подготовка специалистов, понимающих физические и математические принципы лежащие в основе конечно-элементного моделирования, имеющих представление о возможностях основных методов компьютерного моделирования и владеющих навыками применения современных методов компьютерного моделирования и программных средств при решении практических задач моделирования материалов и технологий их обработки.

Задача курса – формирование у студентов знаний о методах компьютерного моделирования и навыков решения практических задач посредством математического аппарата и компьютерного моделирования. Эти знания и навыки должны служить фундаментом для формирования профессиональных качеств. Они необходимы также для дальнейшего написания ВКР.

С целью реализации компетентного подхода, а также формирования и развития профессиональных навыков обучающихся реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- закрепление теоретического материала на практических занятиях.

Для более детального и глубокого понимания теоретического материала, который в связи со спецификой изучаемого материала чаще всего носит математизированный характер, используются различные системы визуализации данных. При этом студенты приобретают навык построения конечно-элементных моделей, а также навык оценки адекватности построенных моделей и соответствия их действительности с учетом всех допущений.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Леушин, И. О. Моделирование процессов и объектов в металлургии : учебник / И.О. Леушин. - М. : Форум : НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 208 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-101315-1. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/1012428>

б) Дополнительная литература:

1. Малышевская, Л. Г. Основы моделирования в среде автоматизированной системы проектирования "Компас 3D": Учебное пособие / Малышевская Л.Г. - Железногорск:ФГБОУ ВО СПСА ГПС МЧС России, 2017. - 72 с. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/912689>

2. Моделирование и виртуальное прототипирование: Учебное пособие / Косенко И.И., Кузнецова Л.В., Николаев А.В. - Москва :Альфа-М, ИНФРА-М Издательский Дом, 2016. - 176 с. (Технологический сервис) ISBN 978-5-98281-280-3. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/555214>

в) Методические указания:

1. Конечно-элементное моделирование процессов интенсивной пластической

деформации: Метод. указ. / Пустовойтов Д.О. Гулин А.Е. - Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2015. – 31 с.

2. Моделирование процессов интенсивной пластической деформации с использованием программного комплекса DEFORM-3D: Метод. указ. / Чукин М.В., Барышников М.П., Полякова М.А., Емалеева Д.Г., Мохнаткин А.В. - Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – 20 с.

3. Моделирование процессов ОМД. Критерии Подобия: Метод. указ. / Корчунов А.Г., Пивоварова К.Г., Пыхтунова С.В., Закиров Д.М.. – Магнитогорск: изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – 9 с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
LibreOffice	свободно распространяемое ПО	бессрочно
АСКОН Компас 3D в.16	Д-261-17 от 16.03.2017	бессрочно
Аппаратно - программный комплекс "Многомасштабное моделирование в нанотехнологиях"	К-62-14 от 12.08.2014	бессрочно
Abaqus Student Edition	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
 - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
 - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена:
 - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
 - компьютерной техникой с пакетом MS Office, Компас-3D, Abaqus, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
 - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
 - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
 - специализированной мебелью.
4. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
 - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
 - специализированной мебелью.
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
 - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
 - инструментами для ремонта учебного оборудования;
 - шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

По дисциплине «Основы конечно-элементного моделирования» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся. Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает участие в собеседовании на заданную тему, подготовке обоснованных ответов на вопросы преподавателя и участие в устном опросе, разбор практических.

Устный опрос:

Основные понятия и определения.

Цели и принципы моделирования функциональных материалов и технологий их обработки.

Аксиомы теории моделирования.

Виды моделей и моделирования.

Функции моделей

Факторы, влияющие на модель объекта

Знакомство с программными комплексами

Твердотельное моделирование деталей из функциональных материалов

Обзор программных комплексов конечно-элементного моделирования

Подготовка данных для компьютерного моделирования

Определение взаимодействия между объектами и граничных условий модели

Построение компьютерных моделей

Обработка результатов компьютерного моделирования

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы, материалов интернет-ресурсов по соответствующей теме для выбора материала для участия в собеседованиях и устных опросах, освоении основных навыков создания CAD и FEM моделей.

Курсовой проект включает в себя разработку конечно-элементной модели технологического процесса или эксплуатации детали с разработкой рекомендаций по усовершенствованию процесса/детали.

Примерный перечень тем для курсового проекта:

Равноканальное угловое прессование круглой алюминиевой заготовки

Равноканальное угловое прессование квадратной алюминиевой заготовки

Равноканальное угловое прессование круглой титановой заготовки

Равноканальное угловое прессование квадратной титановой заготовки

Аккумулятивная прокатка

РКУП-конформ

Прессование металлического порошка

Нагрев биметаллической спирали

Горячая прокатка стального сляба

Контролируемое ускоренное охлаждение стального раската

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-3 Способен обоснованно определять и координировать работы по сопровождению и интеграции технологических процессов и производств металлических изделий		
ПК-3.1	Осуществляет поиск, анализ и систематизацию опыта в области перспективных направлений развития производства металлических изделий	<ol style="list-style-type: none"> 1. Модель "черный ящик". Описание. Применение. 2. Модель "белый ящик". Описание. Применение. 3. Модель "серый ящик". Описание. Применение. 4. Решатели Abaqus. Области применения. 5. Граничные условия и упрощения в Abaqus для моделирования функциональных материалов. 6. Порядок построения модели в Abaqus. 7. Концепция многомасштабного моделирования функциональных материалов. 8. Выбор материалов для различного применения. 9. Критерии выбора материалов для построения композитов. 10. Моделирование микроструктуры с помощью плотной упаковки сфер.
ПК-3.2	Разрабатывает методические подходы и рекомендации по проведению аналитических работ для оценки структуры и свойств металлических изделий	<p>Построить конечно-элементную модель функциональных материалов в Abaqus</p> <p>Провести анализ функционального материала подвергнутого обработке</p> <p>Определить ключевые факторы технологии обработки функционального материала</p> <p>Указать возможные упрощения при моделировании функционального материала</p>
ПК-3.3.	Систематизирует, обрабатывает и подготавливает данные для корректировки регулируемых параметров	<ol style="list-style-type: none"> 1. Цели и принципы моделирования функциональных материалов.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	технологического процесса производства металлических изделий	<ol style="list-style-type: none"> 2. Классификация композитов. 3. Виды моделей и моделирования функциональных материалов. 4. Функции моделей функциональных материалов. 5. Моделирование микроструктуры с помощью плотной упаковки сферополиэдров. 6. Подготовка данных для компьютерного моделирования. 7. Определение взаимодействия между объектами и граничных условий модели. 8. Моделирование процессов спекания. 9. Обработка результатов компьютерного моделирования функциональных материалов. 10. Способы анализа результатов компьютерного моделирования функциональных материалов.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Перечень тем и заданий для подготовки к экзамену:

1. Модель "черный ящик". Описание. Применение.
2. Модель "белый ящик". Описание. Применение.
3. Модель "серый ящик". Описание. Применение.
4. Решатели Abaqus. Области применения.
5. Граничные условия и упрощения в Abaqus для моделирования функциональных материалов.
6. Порядок построения модели в Abaqus.
7. Концепция многомасштабного моделирования функциональных материалов.
8. Выбор материалов для различного применения.
9. Критерии выбора материалов для построения композитов.
10. Моделирование микроструктуры с помощью плотной упаковки сфер.
11. Цели и принципы моделирования функциональных материалов.
12. Классификация композитов.

13. Виды моделей и моделирования функциональных материалов.
14. Функции моделей функциональных материалов.
15. Моделирование микроструктуры с помощью плотной упаковки сферополиэдров.
16. Подготовка данных для компьютерного моделирования.
17. Определение взаимодействия между объектами и граничных условий модели.
18. Моделирование процессов спекания.
19. Обработка результатов компьютерного моделирования функциональных материалов.
20. Способы анализа результатов компьютерного моделирования функциональных материалов.

Критерии оценки:

Критерии оценки курсового проекта:

Экзамен считается сданным, если студент показал знание основных положений учебной дисциплины, умение решить конкретную практическую задачу из числа предусмотренных рабочей программой, использовать рекомендованную и справочную литературу.

Оценка «отлично» ставится, если студент освоил программный материал дисциплины и использовал его в полной мере для выполнения курсового проекта. Созданная в рамках курсового проекта модель является рабочей, полной и показательной. Граничные условия выбраны оптимально. Даны обоснованные рекомендации по улучшению изучаемому объекту.

Оценка «хорошо» ставится, если студент освоил программный материал дисциплины. Созданная в рамках курсового проекта модель является рабочей и показательной. Не учтены ключевые факторы и ограничения. Граничные условия выбраны не оптимально. Даны обоснованные рекомендации по улучшению изучаемого объекта.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если студент освоил программный материал дисциплины. Созданная в рамках курсового проекта модель является рабочей. Не учтены ключевые факторы и ограничения. Граничные условия выбраны не оптимально. Отсутствуют обоснованные рекомендации по улучшению изучаемого объекта.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если студент не знает отдельные темы дисциплины. Представленная модель не соответствует теме курсового проекта и/или не работает.