

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

А.А. Каракозов

(подпись)

« 31 » 03 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.07 Конечно-элементное моделирование технологических процессов обработки металлов давлением

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки
(специальность):

22.04.02 Металлургия

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность (профиль):

Обработка металлов давлением

(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа:

магистратура

(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения:

очная, заочная

(очная, заочная, очно-заочная)

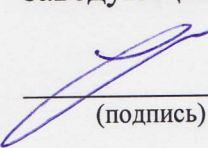
Форма обучения:	Очная	Заочная
Семестр(ы)	1	1
Общая трудоёмкость в з.е./часах	7/252	7/252
Контактная работа (час.), в том числе:	89	16
лекции (час.)	34	4
лабораторные работы (час.)	-	-
практические (семинарские) занятия (час.)	51	6
Самостоятельная работа (час.), в том числе:	109	200
курсовой проект (работа) (семестр/час.)	-	-
Контроль (экзамен, час./зачёт)	экзамен, 54	экзамен, 36

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Конечно-элементное моделирование технологических процессов обработки металлов давлением» составлена в соответствии с учебными планами по направлению подготовки 22.04.02 Metallurgy, направленность (профиль) «Обработка металлов давлением» для 2023 года приёма по очной и заочной формам обучения.

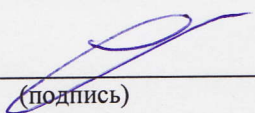
Составители:

заведующий кафедрой «Обработка металлов давлением», д.т.н., доцент


С.А. Снитко
(подпись)

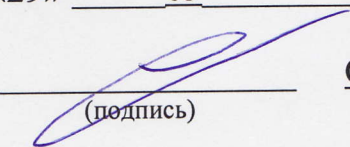
Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Обработка металлов давлением».

Протокол от «13» 03 2023 года № 16.

Заведующий кафедрой 
(подпись) С.А. Снитко
(Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 22.04.02 Metallurgy

Протокол от «29» 03 2023 года № 2

Председатель 
(подпись) С.А. Снитко
(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Обработка металлов давлением».

Протокол от «___» _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) С.А. Снитко
(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Обработка металлов давлением».

Протокол от «___» _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) С.А. Снитко
(Ф.И.О.)

1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает вопросы изучения методов конечно-элементного моделирования технологических процессов ОМД, выполнения исследований с использованием современных программных средств.

Цель дисциплины - ознакомление студентов с возможностями современных методов компьютерного моделирования и на этой основе – формирование навыков выполнения детального анализа технологических процессов ОМД.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать: существующие современные пакеты прикладных программ для конечно-элементного моделирования технологических процессов ОМД; методы задания граничных и начальных условий при моделировании процессов ОМД; возможности по созданию конечно-элементных моделей, особенности различных типов расчетов; особенности реализации конечно-элементных моделей различных видов ОМД; методы получения и обработки результатов моделирования; методы анализа процессов ОМД на основе полученных результатов моделирования.

уметь: реализовать конечно-элементную модель многопереходного процесса ОМД в современном программном комплексе; выявлять и устранять ошибки, возникающие при моделировании; получать результаты моделирования в виде: деформированной сетки, графиков, таблиц, гистограмм, векторного поля, изолиний, изоповерхностей, распределения необходимых параметров по сечению объекта, зависимости параметров от времени, анимации, рисунков и видеофайлов; выполнить оценку влияния настроек расчета и способа задания краевых условий задачи на результаты моделирования и время расчета; выполнить оценку адекватности полученных результатов моделирования относительно физически установленных закономерностей; на основе полученных результатов моделирования выполнить детальный анализ процесса получения изделий методами ОМД и правильно определить пути его совершенствования.

владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций при обработке металлов давлением; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий по оптимизации процессов ОМД на основе результатов компьютерного моделирования; информацией о возможных направлениях модернизации техники и оборудования для обработки металлов давлением.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- способен планировать и выполнять исследования в актуальных направлениях развития металлургических процессов (ПК-3).

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана.

Базируется на знаниях, умениях и навыках, которые студент приобрел при освоении дисциплин бакалавриата направления подготовки 22.03.02 «Металлургия».

Знания, умения и навыки, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при изучении последующих дисциплин (металлосберегающие технологии ОМД, совмещенные процессы ОМД, основы точной прокатки полос и листов, редуцирование слябов, формоизменение раскатов при прокатке толстых листов, инновационные решения в производстве и обработке металлов, интеллектуальная собственность, оптимизация энергозатрат в металлургических технологиях), прохождении производственных практик и государственной итоговой аттестации.

3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование темы (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Лабор.	Практ. (Семин.).	СР
Тема 1. Современные методы и программные комплексы автоматизированного проектирования и компьютерного моделирования технологических процессов ОМД.	12/18	3/0	0	0	9/18
Тема 2. Математический аппарат, используемый при конечно-элементном моделировании процессов ОМД.	13/18,5	3/0,5	0	0	10/18
Тема 3. Структура, интерфейс и принцип работы компьютерной системы конечно-элементного моделирования процессов ОМД.	18/19	3/0,5	0	5/0,5	10/18
Тема 4. Построение конечно-элементной модели (препроцессорная стадия) процесса ОМД.	19/19	3/0,5	0	6/0,5	10/18
Тема 5. Расчет конечно-элементной модели (процессорная стадия) процесса ОМД.	13/18	3/0	0	0	10/18
Тема 6. Получение и обработка результатов моделирования (постпроцессорная стадия). Оценка адекватности результатов моделирования.	20/19	4/0,5	0	6/0,5	10/18
Тема 7. Особенности моделирования процессов холодной и горячей ОМД.	19/18,5	3/0	0	6/0,5	10/18
Тема 8. Особенности моделирования многопереходного технологического процесса получения изделий методами ОМД.	20/20	3/1	0	7/1	10/18

Тема 9. Особенности моделирования процессов прокатки, волочения, прессования, штамповки.	20/19,5	3/0,5	0	7/1	10/18
Тема 10. Анализ влияния настроек расчета и способа задания краевых условий задачи на результаты моделирования и время расчета. Моделирование напряжения течения металла при горячей деформации металла.	20/20,5	3/0,5	0	7/1	10/19
Тема 11. Выявление путей совершенствования процессов ОМД на основе анализа влияния условий протекания процесса ОМД на его температурно-скоростные и силовые параметры, а также износ инструмента деформации.	20/20	3/0	0	7/1	10/19
Контактная работа (дополнительная)	4/6				
Курсовая работа (проект)	0/0				0/0
Итого по видам занятий	198/216	34/4		51/6	109/200
Контроль	54/36				
ИТОГО:	252/252				

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на формирование компетенции
ПК-3	Темы 1 - 11

3.2 Лекции

Тема 1. *Современные методы и программные комплексы автоматизированного проектирования и компьютерного моделирования технологических процессов ОМД.*

Содержание темы 1: Обзор современных пакетов прикладных программ автоматизированного проектирования и компьютерного моделирования технологических процессов. Особенности, преимущества и недостатки применения различных пакетов прикладных программ в задачах проектирования и оптимизации процессов ОМД.

Литература к теме 1: [1, 2, 4, 5]

Тема 2. *Математический аппарат, используемый при конечно-элементном моделировании процессов ОМД.*

Содержание темы 2: Методика конечно-элементного моделирования процессов ОМД. Основные зависимости, описывающие физические процессы, способы определения краевых условий задачи.

Литература к теме 2: [[1](#), [2](#), [4](#), [5](#)]

Тема 3. Структура, интерфейс и принцип работы компьютерной системы конечно-элементного моделирования процессов ОМД.

Содержание темы 3: Назначение и возможности программного комплекса. Составные части пакета, их назначение. Файловая система. Расположение основных меню и кнопок. Препроцессор: меню «параметры моделирования»; меню «задание данных материала»; панель «дерево объектов»; панель «свойства объектов»; меню «позиционирование объектов друг относительно друга»; меню «параметры взаимодействия объектов».

Литература к теме 3: [[1](#), [2](#), [4](#), [5](#)]

Тема 4. Построение конечно-элементной модели (препроцессорная стадия) процесса ОМД.

Содержание темы 4: Создание новой задачи. Установка параметров расчета. Загрузка данных объекта. Особенности разбиения области расчета на конечные элементы и назначение параметров регенерации сетки. Определение свойств материала. Назначение кинематических и силовых граничных условий задачи. Назначение температурных условий задачи. Позиционирование объектов. Создание контактных пар. Сохранение задачи.

Литература к теме 4: [[1](#), [2](#), [4](#), [5](#)]

Тема 5. Расчет конечно-элементной модели (процессорная стадия) процесса ОМД.

Содержание темы 5: Установка параметров расчета и выбор типа решателя. Генерирование базы данных. Настройка и запуск расчета. Устранение неполадок при расчете.

Литература к теме 5: [[1](#), [2](#), [4](#), [5](#)]

Тема 6. Получение и обработка результатов моделирования (постпроцессорная стадия). Оценка адекватности результатов моделирования.

Содержание темы 6: Инструменты анализа параметров исследуемого процесса. Свойства отображения. Получение деформированной сетки модели. Построение полей распределения температуры, перемещений и деформаций. Определение результатов расчета в необходимом узле модели. Хранение результатов в необходимом виде. Получение графических зависимостей изменения параметров расчета во времени и в зависимости от хода инструмента. Создание и управление анимацией.

Литература к теме 6: [[1](#), [2](#), [5](#), [6](#)]

Тема 7. Особенности моделирования процессов холодной и горячей ОМД.

Содержание темы 7: Установка параметров расчета. Загрузка данных объекта. Определение свойств материала. Назначение кинематических и силовых граничных условий задачи. Назначение температурных условий задачи.

Литература к теме 7: [[1](#), [3](#), [5](#), [6](#)]

Тема 8. Особенности моделирования многопереходного технологического процесса получения изделий методами ОМД.

Содержание темы 8: Создание задачи с несколькими технологическими операциями. Установка параметров расчета. Импорт данных. Особенности разбиение области расчета на конечные элементы и назначение параметров регенерации сетки. Определение свойств материалов. Назначение кинематических и силовых граничных условий задачи. Назначение температурных условий задачи. Позиционирование объектов. Создание контактных пар.

Литература к теме 8: [\[1\]](#), [\[3\]](#), [\[5\]](#), [\[6\]](#)

Тема 9. Особенности моделирования процессов прокатки, волочения, прессования, штамповки.

Содержание темы 9: Создание твердотельных моделей. Этапы создания базы данных для решения задачи в препроцессоре. Особенности задания начальных и граничных условий. Настройка и решение задачи. Интерпретация полученных результатов в постпроцессоре.

Литература к теме 9: [\[1\]](#), [\[3\]](#), [\[5\]](#), [\[6\]](#)

Тема 10. Анализ влияния настроек расчета и способа задания краевых условий задачи на результаты моделирования и время расчета. Моделирование напряжения течения металла при горячей деформации металла.

Содержание темы 10: Влияние величины предела сходимости решения по скоростям и силе на точность результатов моделирования. Изменение объема заготовки при конечно-элементном моделировании. Влияние параметров сетки конечных элементов на длительность моделирования и точность его результатов. Использование симметрии при моделировании: преимущества и недостатки. Закономерности изменения величины напряжения течения металла при горячей деформации для разного химсостава сталей и широкого диапазона по степеням и скоростям деформации и температуре. Построение модели напряжения течения металла с учетом динамической рекристаллизации металла при его горячей деформации.

Литература к теме 10: [\[1\]](#), [\[3\]](#), [\[5\]](#), [\[6\]](#)

Тема 11. Выявление путей совершенствования процессов ОМД на основе анализа влияния условий протекания процесса ОМД на его температурно-скоростные и силовые параметры, а также износ инструмента деформации.

Содержание темы 11: Влияние скорости деформирования, условий теплообмена (транспортировки, пауз, неравномерности нагрева), температуры инструмента, условий контактного трения, модели материала инструмента на параметры формоизменения металла, температурные и силовые параметры процесса деформации. Возможность моделирования эволюции микроструктуры металла при получении изделий методами ОМД. Влияние технологических режимов и условий протекания процесса ОМД на износ инструмента деформации. Определение направлений совершенствования исследуемого процесса ОМД на основе результатов моделирования.

Литература к теме 11: [\[1\]](#), [\[5\]](#), [\[6\]](#)

3.3 Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. очн/заочн	Лите- ратура
1	Изучение интерфейса современного программного комплекса конечно-элементного моделирования	6/0,5	[1,2,7]
2	Препроцессор. Позиционирование объектов и создание базы данных для запуска на расчет.	6/1	[1,2,7]
3	Моделирование процесса свободной осадки заготовки (изотермический расчет). Просмотр результатов моделирования в постпроцессоре.	7/1	[1,2,7]
4	Моделирование процесса теплообмена заготовки с окружающей средой и деформирующим инструментом	7/0,5	[1,6,7]
5	Моделирование многопереходного процесса горячего деформирования заготовки	9/1	[1,6,7]
6	Моделирование напряженно-деформированного состояния деформирующего инструмента	8/1	[1,2,7]
7	Моделирование процесса прокатки заготовки	8/1	[1,6,7]
ИТОГО:		51/6	

3.4 Лабораторные работы

Лабораторные работы по дисциплине учебным планом не предусмотрены.

3.5 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очн/заочн
1	Изучение лекционного материала	40/81
2	Подготовка к практическим занятиям	69/119
3	Подготовка к лабораторным работам	-
4	Выполнение курсового проекта	-
5	Выполнение курсовой работы	-/-
6	Выполнение индивидуального задания	
ИТОГО:		109/200

3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовой проект (работа) и индивидуальное задание по дисциплине учебным планом не предусмотрены.

4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- высокий уровень: понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;
- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;
- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;
- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;
- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;
- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета

1. Охарактеризовать современные методы и программные комплексы автоматизированного проектирования и компьютерного моделирования технологических процессов ОМД.
2. Охарактеризовать назначение и область применения конечно-элементного комплекса DEFORM 3D.
3. Охарактеризовать структуру и принцип работы компьютерной системы DEFORM 3D.
4. Перечислите основные модули DEFORM 3D и назовите их назначение.
5. Охарактеризовать интерфейс основного окна DEFORM 3D: основные поля и их назначение, настройка конфигурации системы.
6. Препроцессор: назначение и общая характеристика интерфейса.
7. Назвать и охарактеризовать основные этапы построения модели процесса ОМД (препроцессорная стадия) в компьютерной системе конечно-элементного моделирования.

8. Назвать и охарактеризовать основные этапы построения модели горячего процесса ОМД.
9. Назвать и охарактеризовать основные этапы построения модели холодного процесса ОМД.
10. Назвать и охарактеризовать основные этапы построения модели многопереходного процесса ОМД, состоящего из транспортировки заготовки от печи к прессу, выдержке заготовки на нижнем штампе и штамповки заготовки.
11. Назвать и охарактеризовать основные этапы построения модели многопереходного процесса ОМД, состоящего из транспортировки заготовки от печи к стану, процесса захвата заготовки валками, установившегося процесса прокатки, процесса выброса металла из валков.
12. Построение конечно-элементной модели процесса ОМД в системе DEFORM 3D: общая характеристика составляющих меню «Simulation Control».
13. Сформулировать рекомендации по назначению размера шага моделирования и шагообразования в системе DEFORM 3D.
14. Сформулировать рекомендации по назначению размера сетки конечных элементов.
15. Охарактеризовать типы моделирования, доступные в системе DEFORM 3D.
16. Охарактеризовать возможности настройки остановки расчета в системе DEFORM 3D.
17. Охарактеризовать критерии перестроения сетки конечных элементов.
18. Охарактеризовать доступные в системе DEFORM 3D методы вычислений
19. Охарактеризовать доступные в системе DEFORM 3D методы итераций.
20. Сформулировать рекомендации по выбору метода вычислений и метода итераций при моделировании различных процессов ОМД.
21. Указать назначение параметров «Главный инструмент» и «Главная заготовка».
22. Указать назначение параметров «Текущее локальное время» и «Текущее глобальное время».
23. Указать назначение параметра «Body weight».
24. Указать назначение параметра «Solver switch control».
25. Охарактеризовать возможности системы DEFORM 3D по моделированию тепловых процессов.
26. Охарактеризовать комплекс данных, характеризующих свойства моделируемого объекта.
27. Какие свойства материала необходимы для моделирования процесса холодной гибки полосы.
28. Какие свойства материала необходимы для моделирования процесса горячей прокатки полосы.
29. Дать общую характеристику панелей «Дерево объектов» и «Свойства объектов».
30. Охарактеризовать типы объектов, доступные в системе DEFORM 3D.
31. Сформулировать рекомендации по выбору типа объекта для заготовки и для валков (штампов) при моделировании процесса ОМД.

32. Охарактеризовать возможности DEFORM 3D по созданию геометрии моделируемых объектов.
33. Дать сравнительную характеристику доступным в системе DEFORM 3D методам создания сетки конечных элементов.
34. Дать сравнительную характеристику относительному и абсолютному типам сетки конечных элементов. Указать преимущества и недостатки.
35. Сформулировать рекомендации по назначению размера сетки конечных элементов объекта вблизи острых кромок инструмента.
36. Сформулировать рекомендации по назначению размера сетки конечных элементов объекта в областях, где наблюдаются большие градиенты температур и/или деформаций и напряжений.
37. Охарактеризовать назначения весовых факторов при создании сетки конечных элементов.
38. Охарактеризовать возможности DEFORM 3D по созданию окон плотности сетки конечных элементов.
39. Охарактеризовать критерии перестроения сетки конечных элементов в DEFORM 3D.
40. Дать сравнительную характеристику глобальному и локальному методам перестроения сетки конечных элементов.
41. Охарактеризовать возможности DEFORM 3D в части назначения различных типов перемещения инструмента при моделировании.
42. Дать общую характеристику способам задания граничных условий для моделируемых объектов в DEFORM 3D.
43. Перечислить граничные условия, которые необходимо назначить при моделировании горячего процесса ОМД.
44. Перечислить граничные условия, которые необходимо назначить при моделировании процесса прокатки.
45. Перечислить граничные условия, которые необходимо назначить при моделировании горячего процесса осадки круглой заготовки при следующих условиях: геометрия заготовки представлена 180° , в процессе деформации тепло от заготовки передается штампу и распространяется внутри него.
46. Охарактеризовать возможности DEFORM 3D по компенсации объема объекта при моделировании. Дать рекомендации по выбору целевого объема заготовки.
47. Дать рекомендации по назначению параметра «Limiting strain rate».
48. Дать рекомендации по назначению параметра «Volume penalty».
49. Охарактеризовать возможности DEFORM 3D в части позиционирования объектов друг относительно друга.
50. Изложить алгоритм задания контактного взаимодействия между моделируемыми объектами в системе DEFORM 3D.
51. Сформулировать рекомендации по назначению главного и подчиненного объектов при задании условий контактного взаимодействия в системе DEFORM 3D.

Пример экзаменационного билета

Программа:	магистратура
Направление подготовки (специальность):	(бакалавриат, специалитет, магистратура) 22.04.02 Металлургия
Направленность (профиль):	(код, название) Обработка металлов давлением
Семестр:	(название) 1 семестр
Учебная дисциплина:	Конечно-элементное моделирование технологических процессов обработки металлов давлением

БИЛЕТ №1

1. Сформулировать рекомендации по назначению размера сетки конечных элементов.
2. Перечислить граничные условия, которые необходимо назначить при моделировании горячего процесса ОМД.

Утверждено на заседании кафедры	Обработка металлов давлением
	(наименование кафедры полностью)
Протокол	
Зав. кафедрой	Снитко С.А.
	(подпись) (Ф.И.О.)
Экзаменатор	Снитко С.А.
	(подпись) (Ф.И.О.)

4.3 Критерии оценивания

Оценка испытания по 100-балльной шкале формируется как сумма баллов набранных за ответы на вопросы билета. По каждому вопросу:

– «50 баллов» – выставляется, если при ответе на вопрос студент обнаружил умение свободно, логично, четко и ясно предоставлять грамотные, правильные ответы на поставленный вопрос с использованием терминологии и символики в необходимой логической последовательности, а также сведений из других дисциплин и знаний, приобретенных ранее; твердые практические навыки с творческим применением полученных теоретических знаний; использование и предоставление полного обоснования наиболее эффективных и рациональных методов поиска решения; умение использовать приобретенные знания и навыки в нестандартных ситуациях, требующих выхода на иной, более высокий уровень знаний;

– «40 баллов» – выставляется, если при ответе на вопрос студент проявил высокий уровень знаний при ответе на вопрос, показал умение применять теоретические знания для решения поставленной задачи, четко владеет и применяет аналитические зависимости для условий задачи, умеет формулировать выводы, однако при ответе допустил некоторые неточности;

– «30 баллов» – выставляется, если при ответе на вопрос студент обнаружил умение свободно предоставлять правильные ответы на поставленные вопросы с использованием терминологии, а также знаний, приобретенных ранее; наличие несущественных недостатков или нарушения последовательности изложения; использование не самых рациональных методов поиска решения;

– «20 баллов» – выставляется, если при ответе на вопрос студент обнаружил базовые знания по вопросу, знание основных закономерностей, описывающих за-

данный процесс, однако допустил существенные ошибки при ответе, не смог систематизировать исходные данные и сформулировать выводы;

– «10 баллов» – выставляется, если при ответе на вопрос студент обнаружил владение основными положениями материала, но фрагментарно и непоследовательно дает ответы на поставленные вопросы; имеет слабые практические навыки;

– «0 баллов» – выставляется, если при ответе на вопрос студент обнаружил незначительный общий объем знаний, фрагментарно и непоследовательно дает ответы на поставленные вопросы с принципиальными ошибками;

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Отлично
80-89	B	Хорошо
75-79	C	
70-74	D	Удовлетворительно
60-69	E	
35-59	FX	Неудовлетворительно
0-34	F*	

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме экзамена в соответствии с «Положением об организации учебного процесса в Донецком национальном техническом университете».

Текущий контроль знаний студентов производится по результатам контрольных опросов в ходе проведения практических занятий.

4.4 Пример текущего опроса на практических (семинарских) занятиях

1. Назовите основные элементы интерфейса программного комплекса DEFORM 3D.
2. Назовите граничные условия, которые необходимо задать при моделировании многопереходных технологических процессов ОМД.
3. Назовите граничные условия, которые необходимо задать при моделировании процесса горячей прокатки.
4. Охарактеризуйте возможности пакета DEFORM 3D в части определения пластических свойств материалов.
5. Охарактеризуйте возможности пакета DEFORM 3D в части прогнозирования износа инструмента деформации.

4.5 Курсовое проектирование

Курсовой проект (работа) учебным планом не предусмотрен.

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 Основная литература

1. Компьютерное моделирование процессов обработки металлов давлением [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / А.А. Богатов, Д.А. Павлов, М.В. Ерпалов и др.; под общ.ред. А.А. Богатова. - 28 Мб. - Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2018. - 1 файл. - Систем.требования: AcrobatReader. <http://ed.donntu.ru/books/19/cd9127.pdf>

2. Каплун, А.Б. ANSYS в руках инженера [Электронный ресурс]: практическое руководство / А.Б. Каплун, Е.М. Морозов, М.А. Олферьева; предисл. А.С. Шадского. - Изд. стер. - 10 Мб. - Москва: ЛИБРОКОМ, 2015. - 1 файл. - Систем.требования: AcrobatReader. <http://ed.donntu.ru/books/19/cd9122.pdf>

3. Яковченко, А.В. Методы компьютерного моделирования напряжения течения металла в процессах горячей пластической деформации [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов образовательных учреждений высшего профессионального образования / А.В. Яковченко, С.А. Снитко, Н.И. Ивлева; ГОУВПО "ДОННТУ". - 44 Мб. - Донецк: ГОУВПО "ДОННТУ", 2018. - 1 файл. - Систем.требования: AcrobatReader. <http://ed.donntu.ru/books/18/cd8221.pdf>

II Дополнительная литература

4. Денисов, М.А. Компьютерное проектирование. ANSYS [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / М.А. Денисов; Урал.федер. ун-т им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. - 11 Мб. - Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2014. - 1 файл. - Систем.требования: AcrobatReader. <http://ed.donntu.ru/books/cd5873.pdf>

5. Каргин, В.Р. Моделирование прессования в программе DEFORM-2D [Электронный ресурс]: электронное учебное пособие по практическим занятиям / В.Р. Каргин, Б.В. Каргин, Я.А. Ерисов; ГОУВПО "Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. акад. С.П. Королева (Нац. исслед. ин-т)". - 4 Мб. - Самара: [б.и.], 2015. - 1 файл. - Систем.требования: AcrobatReader <http://ed.donntu.ru/books/19/cd9124.pdf>

6. Снитко, С.А. Автоматизированное проектирование колес, калибровок, инструмента деформации и процессов в колеспрокатном производстве [Электронный ресурс]: монография / С.А. Снитко, А.В. Яковченко, Н.И. Ивлева. - 17 Мб. - Донецк: ГОУВПО "ДОННТУ", 2017. - 1 файл. - Систем.требования: AcrobatReader <http://ed.donntu.ru/books/18/cd8180.pdf>

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:

7. Методические указания к проведению практических занятий по дисциплине "Конечно-элементное моделирование технологических процессов ОМД" [Электронный ресурс] : направление подготовки: 22.04.02 "Металлургия" : магистерская программа: "Обработка металлов давлением" : (для обучающихся очной и заочной форм обучения) / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. обраб. металлов давлени-

ем ; [сост. С.А. Снитко]. - 5 Мб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2019. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.ru/books/20/m5301.pdf>

8. Методические указания к самостоятельной работе студентов по дисциплине "Конечно-элементное моделирование технологических процессов ОМД" [Электронный ресурс] : направление подготовки: 22.04.02 "Металлургия" : магистерская программа: "Обработка металлов давлением" : (для обучающихся очной и заочной форм обучения) / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. обраб. металлов давлением ; [сост. С.А. Снитко]. - 223 Кб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2019. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.ru/books/20/m5305.pdf3>

9. Методические указания к выполнению индивидуального задания по дисциплине "Конечно-элементное моделирование технологических процессов ОМД" [Электронный ресурс] : направление подготовки: 22.04.02 "Металлургия" : магистерская программа: "Обработка металлов давлением" : (для обучающихся очной и заочной форм обучения) / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. обраб. металлов давлением ; [сост. С.А. Снитко]. - 184 Кб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2019. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.ru/books/20/m5303.pdf>

Электронно-информационные ресурсы

ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.ru/library>

ЭБС IPR SMART – <http://www.iprbookshop.ru>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Учебная аудитория № 5.350 для проведения занятий лекционного (мультимедийное оборудование: компьютер, мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, парты, демонстрационные плакаты. ПК: Монитор LG Flatron F 700B 17", Компьютер IntelCore 2Duo E8400 3.0 Ghz, операционная система Linux Ubuntu 18.04, пакет программ LibreOffice 6.3.0).

2. Учебная аудитория № 5.350 для проведения практических занятий (мультимедийное оборудование: компьютер, мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, парты, демонстрационные плакаты. ПК: Монитор LG Flatron F 700B 17", Компьютер IntelCore 2Duo E8400 3.0 Ghz, операционная система Linux Ubuntu 18.04, пакет программ LibreOffice 6.3.0).

3. Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3. (Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPR SMART), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 – общественная лицензия MPL 2.0/ Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3/ Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL.