

Рабочая программа
утверждена решением
Учёного совета
ВФ НИТУ «МИСИС»
от «15» мая 2025 г.
протокол № 8-25

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Моделирование процессов обработки металлов давлением

Закреплена за кафедрой
Технологии и оборудования обработки металлов давлением

Направление подготовки
22.04.02 Металлургия

Профиль
Инновационные процессы и технологический менеджмент в металлургии

Квалификация	Магистр	
Форма обучения	очно-заочная	
Общая трудоемкость	6 ЗЕТ	
Часов по учебному плану	216	Формы контроля в семестрах: экзамен 2
в том числе:		
аудиторные занятия	36	
самостоятельная работа	144	
часов на контроль	36	

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)			
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	18	18	18	18
Практические	18	18	18	18
Итого ауд.	36	36	36	36
Контактная работа	36	36	36	36
Сам. работа	144	144	144	144
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

к.т.н., Доцент, Король Алексей Валентинович

Рабочая программа

Моделирование процессов обработки металлов давлением

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.02 Metallurgy (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Metallurgy, ММТ-25 ОчЗ.plx Инновационные процессы и технологический менеджмент в металлургии, утвержденного Ученым советом ВФ НИТУ «МИСиС» 26.12.2024, протокол № 4-24

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Технологии и оборудования обработки металлов давлением

Протокол от 27.04.2025 г., №8

Зав. кафедрой Горбатьюк С.М.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ	
1.1	Цель – формирование у студентов знаний, умений и навыков по моделированию процессов обработки металлов давлением, применению основ механики процессов упруго-пластической деформации, современных численных методов и компьютерных программ для решения технологических и исследовательских задач в области производства стального листа, сварных, бесшовных труб и поковок железнодорожных колёс.
1.2	Задачи:
1.3	– сформировать способность к использованию математических основ моделирования процессов упругой, пластической деформации металлов и численных методов;
1.4	– научиться корректно ставить задачи, задавать начальные и граничные условия по кинематике и температуре для моделирования процессов ОМД;
1.5	– освоить интерфейс современных программ компьютерного моделирования процессов обработки металлов давлением;
1.6	– уметь проводить анализ, оптимизацию моделируемых процессов ОМД и на этой основе находить перспективные технологические решения

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.ДВ.02
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Информационные технологии
2.1.2	Современные методы исследования металлургических процессов
2.1.3	Теоретические аспекты обработки металлов давлением
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Актуальные технические решения в процессах обработки металлов давлением
2.2.2	Информационные технологии
2.2.3	Научно-исследовательская работа

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ						
УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий						
Знать:						
УК-1-32 Знать основы моделирования, анализа и экспериментальных исследований для решения проблем в профессиональной области						
УК-1-31 Знать методы моделирование технологических систем						
Уметь:						
УК-1-У2 Уметь осуществлять моделирование, анализ и экспериментальные исследования для решения проблем в профессиональной области						
УК-1-У1 Уметь применять методы моделирования технологических процессов ОМД						
Владеть:						
УК-1-В2 Владеть навыками моделирования, анализа и экспериментальных исследований для решения проблем в профессиональной области						
УК-1-В1 Владеть навыками современных методов моделирования физических и технологических процессов						
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература и эл. ресурсы	Примечание
	Раздел 1. Цели, задачи и методы компьютерного моделирования промышленных объектов					

1.1	Цели и задачи компьютерного моделирования и проектирования машин и агрегатов ОМД. Основные понятия и определения Классификация моделей по принадлежности к иерархическому уровню, по характеру взаимоотношений со средой, по причинной обусловленности и другим признакам /Лек/	2	5		Л1.1Л2.1 Э1 Э2	
1.2	CAD-системы, задачи, примеры CAD-систем. CAE-системы, ее задачи, примеры CAE-систем. САМ-системы, ее задачи, примеры САМ-систем. Коммуникация между системами, форматы обмена информации /Пр/	2	4		Л1.1Л2.1 Э1 Э2	
1.3	Освоение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Работа с учебными материалами (основная, дополнительная литература). Работа с электронными информационными ресурсами и ресурсами сети «Интернет». Подготовка к текущему контролю, промежуточной аттестации /Ср/	2	30		Л1.1Л2.1 Э1 Э2	
	Раздел 2. Математические основы компьютерного моделирования процессов обработки металлов давлением (ОМД)					
2.1	Математические основы механики процессов обработки металлов давлением Реологические основы механики процессов пластической деформации Начальные и граничные условия процессов горячей и холодной деформации /Лек/	2	4		Л1.1Л2.1 Э1 Э2	
2.2	Основы механики ТТ. Проверка условия несжимаемости, неразрывности, равновесия сечения Расчет деформированного состояния на физической модели тела Расчет напряженно-деформированного состояния металла и интерпретация данных /Пр/	2	4		Л1.1Л2.1 Э1 Э2	
2.3	Освоение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Работа с учебными материалами (основная, дополнительная литература). Работа с электронными информационными ресурсами и ресурсами сети «Интернет». Подготовка к текущему контролю, промежуточной аттестации /Ср/	2	30		Л1.1Л2.1 Э1 Э2	
	Раздел 3. Метод конечных элементов (МКЭ) как численный метод и программы QFORM и DEFORM как средства реализации МКЭ при моделировании процессов ОМД					
3.1	Численные методы решения систем дифференциальных уравнений, краевых задач Метод разбиения пространства твёрдого тела на элементы, значение контроля формы элементов Понятие «матрицы жесткости», физический смысл применительно к моделированию процессов пластической и упругой деформации, к задачам теплообмена в программах QFORM и DEFORM /Лек/	2	4		Л1.1Л2.1 Э1 Э2	

3.2	Моделирование тел вращения, деталей простой формы Создание объектов сложной формы. Бобышка по сечениям. Оболочка. Уклоны, фаски, скругления. Позиционирование объектов при сборке. Сопряжения. Перемещение и вращение компонентов в программах QForm и DeForm /Пр/	2	4		Л1.1Л2.1 Э1 Э2	
3.3	Освоение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Работа с учебными материалами (основная, дополнительная литература). Работа с электронными информационными ресурсами и ресурсами сети «Интернет». Подготовка к текущему контролю, промежуточной аттестации /Ср/	2	34		Л1.1Л2.1 Э1 Э2	
	Раздел 4. Адаптация методов компьютерного моделирования к реальным промышленным условиям, настройка параметров упруго-пластической деформации и параметров процесса вычислений, оптимизация процессов ОМД					
4.1	Проведение компьютерного эксперимента, визуализация важнейших параметров моделирования, сравнение данных с результатами физического моделирования и расчётом Адаптация методов компьютерного моделирования к реальным промышленным условиям, настройка параметров и параметров процесса вычислений, оптимизация процесса ОМД /Лек/	2	5		Л1.1Л2.1 Э1 Э2	
4.2	Моделирование процессов осадки, горячей объемной штамповки, прокатки и прессования в вычислительных средах QForm, DeForm Оформление результатов, анализ и оптимизация процессов ОМД /Пр/	2	6		Л1.1Л2.1 Э1 Э2	
4.3	Освоение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Работа с учебными материалами (основная, дополнительная литература). Работа с электронными информационными ресурсами и ресурсами сети «Интернет». Подготовка к текущему контролю, промежуточной аттестации /Ср/	2	50		Л1.1Л2.1 Э1 Э2	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)

Вопросы для проведения экзамена

1. Пояснить методы и средства создания эскизов.
2. Принципы конструирования деталей типа «Вытянутая и повёрнутая бобышка».
3. Создание тел вращения с использованием сплайнов.
4. Создание объектов сложной формы с применением инструментов эскиза.
6. Дать примеры использования инструмента «Бобышка по сечениям» и сплайнов.
7. Дать примеры вида типа «оболочка», привести инструменты типа «уклоны, фаски, скругления».
9. Пояснить методы позиционирования объектов при сборке.
10. Методы анимации процессов перемещения и вращения компонентов.
11. Сохранение файлов, выбор форматов, экспорт сборок в среды конечно-элементного анализа.
12. Этапы имитационного моделирования.
1. Основы метода конечных элементов и что такое «матрица жесткости»?
2. Пояснить понятие «условия текучести, напряжения и тензор напряжений в твёрдом теле.
3. Понятие средних напряжений, эффективных напряжений, напряжения в инструменте и деталях оборудования, 3d-, осесимметричные и плоские задачи.
4. Понятие скорости деформации, расчеты при одноосных нагружениях.

5. Проверить условие текучести при заданных условиях нагружения.
6. Построить кривую текучести по результатам испытания материала.
7. Дать основы метода конечных элементов.
8. Что такое «трассируемые точки», значение этого понятия.
9. Основы метода прогнозирования структуры металлов и сплавов.
10. Основы прогнозирования разрушения металлов.
11. Пояснить понятие «жесткость схемы НДС».
12. Сравнить жесткость схем напряженно-деформированного состояния для приведенных условий.
1. Что такое САД-система, ее задачи, примеры САД-систем.
2. Что такое САЕ-система, ее задачи, примеры САЕ-систем.
3. Что такое САМ-система, ее задачи, примеры САМ-систем.
4. Моделирование геометрии твердых тел в САД-среде QDraft, продемонстрировать возможности графического редактора программы QForm.
5. Алгоритм исследования процесса пластической деформации в САЕ-среде «QForm-2d» с контролем полей температур.
6. Моделирование процесса пластической деформации в САЕ-среде «QForm-2d» с контролем накопленной степени деформации.
7. Анализ процесса пластической деформации в САЕ-среде «QForm-2d» с контролем скоростей деформации
8. Моделирование процесса пластической деформации в САЕ-среде «QForm-2d» с контролем сопротивления деформации и среднего нормального напряжения.
9. Анализ процессов с контролем силовых параметров процесса деформации.
10. Алгоритм исследования интенсивности напряжений в инструменте, влияние граничных условий процесса.
11. Настройка параметров и моделирование процесса теплообмена в САЕ-среде «QForm-2d».
12. Использование нейтральных форматов для взаимодействия систем, примеры нейтральных форматов
1. Определить схему напряженно-деформированного состояния металла при операции гибки вальцовкой.
2. Моделировать схему напряженно-деформированного состояния металла при винтовой прокатке.
3. Исследовать напряженно-деформированное состояние металла при калибровке труб.
4. Моделировать схему напряженно-деформированного состояния металла при операции гибки вальцовкой.
5. Исследовать напряженно-деформированное состояние металла при открытой прошивке слитка.
6. Моделировать схему напряженно-деформированного состояния металла при экспандировании трубной заготовки.
7. Исследовать напряженно-деформированное состояние металла при операции гибки вальцовкой.
8. Дать схему анимационной модели упругой деформации инструмента при прессовании трубы заданного сечения.
9. Моделировать схему силовых характеристик процесса предварительной осадки стальной заготовки ж/д колеса.
10. Определить поле интенсивности напряжений в металле при горячей прокатке толстого листа.
11. Моделировать схему напряженно-деформированного состояния металла при операции закрытой прошивки.
12. Исследовать напряженно-деформированное состояние металла при операции предварительной гибки штрипса.

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

Фонд оценочных средств текущего контроля успеваемости состоит из двух контрольных работ, домашнего задания и курсовой работы.

Типовые индивидуальные задания для выполнения курсовой работы

1. Исследование напряженно-деформированного состояния металла при операции гибки вальцовкой.
2. Разработка анимационной модели упругой деформации инструмента при прессовании трубы заданного сечения.
3. Моделирование силовых характеристик процесса предварительной осадки стальной заготовки ж/д колеса.
4. Исследование интенсивности напряжений в металле при горячей прокатке толстого листа.
5. Исследование напряженно-деформированного состояния металла при операции закрытой прошивки.
6. Исследование напряженно-деформированного состояния металла при операции предварительной гибки штрипса.
7. Исследование напряженно-деформированного состояния металла при операции гибки вальцовкой.
8. Исследование напряженно-деформированного состояния металла при винтовой прокатке.
9. Исследование напряженно-деформированного состояния металла при калибровке труб.
10. Исследование напряженно-деформированного состояния металла при операции гибки вальцовкой.
11. Исследование напряженно-деформированного состояния металла при открытой прошивке слитка.
12. Исследование напряженно-деформированного состояния металла при экспандировании трубной заготовки

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

В качестве промежуточной аттестации применяется экзамен.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Шкала оценок при проведении контрольной работы

При проведении контрольной работы используется следующая шкала оценок:

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает, хотя и с

ошибками, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике.

5.3.2 Шкала оценок при сдаче домашнего задания

Домашнее задание оценивается по следующей шкале оценок:

Оценка «отлично» - выполнены все требования к написанию и защите домашнего задания: обозначена проблема и обоснована актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, расчет выполнен в полном объеме, сформулированы выводы, выдержан объем, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

Оценка «хорошо» - выполнены все требования к написанию и защите домашнего задания: обозначена проблема и обоснована актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, расчет выполнен в полном объеме с небольшими ошибками, сформулированы основные выводы, выдержан объем, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» - имеются существенные отступления от требований к оформлению и защите домашнего задания. В частности, тема освещена лишь частично; допущены ошибки в расчетах или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствуют основные выводы.

Оценка «неудовлетворительно» - имеются существенные отступления от требований к оформлению и защите домашнего задания. В частности, тема освещена лишь частично; допущены принципиальные ошибки в расчетах или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствуют основные выводы.

Шкала оценивания знаний обучающихся на экзамене:

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

Возможно проставление оценки за экзамен на основе оценок контрольных мероприятий семестра

Результат освоения компетенций (частей компетенций) устанавливается следующим образом:

Оценка «Отлично» - Компетенция сформирована.

Оценка «Хорошо» - Компетенция сформирована.

Оценка «Удовлетворительно» - Компетенция сформирована.

Оценка «Неудовлетворительно» - Компетенция не сформирована.

Шкала оценок при защите курсовой работы:

Курсовая работа оценивается на открытом заседании комиссии.

При оценке курсовой работы комиссия принимает во внимание:

1. Правильность расчетов в пояснительной записке, техническую грамотность оформления документации и ясность описания.
2. Качество графической части курсового проекта (соблюдение норм и положений ЕСКД, ГОСТов по машиностроительному черчению), тщательность и четкость выполнения чертежей.
3. Самостоятельность работы студента, грамотное использование специальной литературы.
4. Равномерность работы студента по выполнению отдельных этапов курсового проекта.
5. Содержание и четкость доклада по проекту на заседании комиссии.
6. Ответы на вопросы членов комиссии.

Результаты защиты оглашаются в присутствии всех студентов на открытом заседании комиссии.

Оценка «отлично» - выполнены все требования к написанию и защите курсовой работе правильно выполнены расчеты в пояснительной записке, качественно выполнена графическая часть проекта, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

Оценка «хорошо» - основные требования к курсовой работе и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в графической части курсового проекта; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.

Оценка «удовлетворительно» - имеются существенные отступления от требований к курсовой работе. В частности, допущены фактические ошибки в содержании курсового проекта, в расчетах и графической части проекта или при ответе на дополнительные вопросы.

Оценка «неудовлетворительно» - тема курсовой работы не раскрыта, обучающийся демонстрирует существенное непонимание излагаемого материала, допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Грудев А.П, Машкин А.Ф.	Технология прокатного производства : учебник	Электронный каталог	Москва Арт-Бизнес-Цент,Металлургия, 1994

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Леушин И.О. Леушин И.О.	Моделирование процессов и объектов в металлургии: учебник	Электронный каталог	Москва ФОРУМ, ИНФРА-М, 2013

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	П.В. Трусов Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие для вузов М.:Университетская книга, Логос – 440 с. 2004.	http://biblioclub.ru
Э2	2. Константинов И.Л., Сидельников С.Б. Основы технологических процессов обработки металлов давлением. Красноярск СФУ 2015 , 488 С	http://biblioclub.ru

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	MS Teams
П.2	MS Office
П.3	

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru – URL: https://elibrary.ru/
И.2	Научная электронная библиотека МИСИС - URL: http://elibrary.misis.ru/login.php
И.3	Электронная библиотечная система (ЭБС) – «Университетская библиотека онлайн» открытый круглосуточный доступ через интернет с регистрацией в библиотеке и вводом пароля.- URL: http://biblioclub.ru/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
2	Теория и технология производства стальных труб	компьютер, проектор, экран, интерактивная доска комплект тематических презентаций, доступ к интернету

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа студента должна включать в себя:

- изучение теоретического материала;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе;
- подготовка к выполнению и выполнение домашнего задания;
- подготовка к выполнению и выполнение курсовой работы;
- самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы;
- подготовка к экзамену.

Задачами самостоятельной работы является систематизация, упорядочение знаний, полученных на практических занятиях. При работе с конспектом необходимо учитывать тот фактор, что одни занятия дают ответы на конкретные вопросы темы, другие – лишь выявляют взаимосвязи между процессами. Повысить уровень знаний, умений, навыков необходимо используя в самостоятельной работе основную и дополнительную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины, интернет-ресурсы, учебно-методическую литературу, рабочую программу дисциплины.

При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно:

- ☐ внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;
- ☐ внимательно прочитать материалы аудиторных занятий, рекомендованную литературу и результаты самостоятельной работы;
- ☐ составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущего контроля успеваемости студента и промежуточной аттестации по дисциплине