Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 13.10.2023 14:33:10
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

ЭМ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения

_____ /Е. В. Сафонов /
«_13_» _сентября_ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»

Направление подготовки
15.03.01 «Машиностроение»

Профиль
«Машины и технологии обработки материалов давлением»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва 2022

ЭМ

Программа дисциплины **«Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»** составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению **15.03.01 "Машиностроение"** по профилю подготовки **"Машины и технологии обработки материалов давлением".**

Программу составил:

Доцент кафедры «ОМДиАТ», к.т.н / М.А. Петров/

Программа дисциплины **«Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»** по направлению **15.03.01 "Машиностроение"** по профилю подготовки **"Машины и технологии обработки материалов давлением"** утверждена на заседании кафедры «ОМДиАТ»

«23» июня 2022 г. протокол № 11

Заведующий кафедрой
доцент, к.т.н. /П.А. Петров/

Программа дисциплины **«Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»** по направлению **15.03.01 "Машиностроение"** по профилю подготовки **"Машины и технологии обработки материалов давлением"** согласована с руководителем образовательной программы по направлению подготовки.

Доц., к.т.н. /Е.В. Крутина/

«30» июня 2022 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения

Председатель комиссии /А.Н. Васильев /

«13» 09 2022 г. Протокол: 14-22

Присвоен регистрационный номер:	**15.03.01.01/03.2022.46**

1. Цели освоения дисциплины.

Целями освоения дисциплины «**Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем**» являются:

- подготовка студента к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой по направлению;
- формирование общеинженерных знаний и умений по данному направлению;
- изучение основных математических методов применяющихся при моделировании процессов ОМД;
- получение навыков по постановке задачи для моделирования процессов ОМД и анализу результатов моделирования

Следует отметить, что изучение курса « Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем» способствует расширению научного кругозора и дает тот минимум фундаментальных знаний, на базе которых сформируется представление о математических моделях течения материалов и их применении при моделировании в CAE программах.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина **«Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»** относится к вариативной части (Б 1.2) Блока 1 «Дисциплины (модули)» и входит в основную образовательную программу подготовки бакалавра по направлению подготовки 15.03.01 "Машиностроение", профиль "Машины и технологии обработки материалов давлением" очной формы обучения.

Дисциплина **«Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»** взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

В базовой части блока (Б1.1):

- Высшая математика;
- Физика в производственных и технологических процессах;
- Основы математического моделирования технологических процессов;
- Теория обработки металлов давлением.

В вариативной части блока (Б1.2):

- Технологические основы цифрового производства;
- Технологические покрытия и смазки в процессах обработки давлением;
- Теория и технология горячей объёмной штамповки;
- Теория и технология листовой штамповки;
- Технологические машины и оборудование.

В дисциплинах по выбору (Б1.ДВ):

- Теория и технология волочения;
- Технология и технология прокатки;
- Физико-химические процессы при нагреве в обработке давлением.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Коды компетенций	Наименование компетенции	Индикатора достижения компетенции
1	2	3
ПК-2	Способен технически контролировать кузнечно-штамповочное производство	ИПК-2.1. Проводит мероприятия по предупреждению нарушений технологических процессов заготовительного производства ИПК-2.2. Анализирует причины появления брака и проведение мероприятий по предупреждению брака и повышению качества готовых изделий кузнечно-штамповочного производства ИПК-2.3. Осуществляет контроль эксплуатации и техническое обслуживание штамповой оснастки и кузнечных инструментов
ОПК-14	Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.	ИОПК – 14.1 Демонстрирует знание прикладных программ для расчета технологий заготовительного и аддитивного производства ИОПК – 14.2 Владеет навыками применения программ моделирования технологических процессов заготовительного и аддитивного производства

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины **«Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»** составляет **6** зачетных единицы, т.е. **216** академических часов (из них 108 часов - самостоятельная работа студентов).

Дисциплина читается на четвёртом курсе на 7 и 8 семестрах, в том числе аудиторных занятий – 108 часов, из них лекций – 36 часов; лабораторные занятия – 72 часа. Курсовой проект предусмотрен на 8 семестре.

Форма промежуточной аттестации – зачёт (7 семестр) и экзамен (8 семестр).

Структура и содержание дисциплины «Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем» по срокам и видам работы изложены в Приложении 1 к рабочей программе.

Содержание разделов дисциплины

1) Краевая задача. Дифференциальные уравнения описывающие процессы теплопроводности и пластического деформирования. Постановка краевой задачи в перемещениях. Постановка краевой задачи в скоростях. Краевые условия при решении задач теплопроводности. Краевые условия при решении задач пластичности. Численные методы решения краевых задач.

2) Метод конечных разностей**.** Сеточная дискретизация расчётной области. Конечно-разностая аппроксимация производных. Интерполяция граничных условий. Построение системы разностных уравнений. Решение задачи прессования полосы методом конечных разностей.

3) Метод конечных элементов**.** Общие положения метода конечных элементов. Дискретизация расчётной области при решении задач методом конечных элементов. Симплекс-элементы. Аппроксимация функций и функции формы для скалярных величин. Аппроксимация функций и функции формы для векторных величин. Объединение конечных элементов в ансамбль для четырёхэлементной области для скалярных и векторных величин. Решение задачи теплопроводности стержня методом конечных элементов.

4) Постановка задачи моделирования в программных комплексах QForm и/или Abaqus. Базы данных материалов, смазок и оборудования. Подготовка геометрии для моделирования. Создание конечно-элементной сетки. Задание начальных и граничных условий. Лабораторные работы по постановке задач простейших задач пластического деформирования.

5) Моделирование процессов теплопроводности в программных комплексах QForm и/или Abaqus. Постановка задачи для моделирования процессов теплопроводности в программе QForm. Постановка задачи для моделирования процессов теплопроводности в программе Abaqus. Лабораторные работы по моделированию тепловых процессов.

6) Моделирование процессов ОМД в программных комплексах QForm и/или Abaqus. Постановка задачи для моделирования технологических процессов объёмной штамповки в программе QForm. Постановка задачи для моделирования технологических процессов объёмной штамповки в программе Abaqus. Моделирование процессов облойной штамповки. Моделирование процессов штамповки в закрытых штампах. Моделирование процессов изотермической штамповки. Лабораторные работы по моделированию задач объёмной.

7) Моделирование процессов листовой штамповки в программах QForm и/или Abaqus. Постановка задачи для моделирования технологических процессов вакуумной формовки в программе QForm. Постановка задачи для моделирования технологических процессов листовой штамповки в штампах в программе Abaqus: штамповка в штампах с прижимом и без, штамповка эластичной средой, штамповка в осесимметричной и трёхмерной постановке. Лабораторные работы по моделированию задач листовой штамповки.

8) Анализ результатов моделирования в программных комплексах QForm и/или Abaqus. График силы деформации. Поле скоростей. Температурное поле. Распределение напряжений и накопленной деформации. Трассируемые точки. Контактные напряжения. Влияние температуры штамповки и технологической смазки на характер течения материала и силу деформации. Лабораторные работы по выводу результатов, его анализу и экспорту в другие форматы.

5. Образовательные технологии

В процессе реализации учебной программы по дисциплине **«Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»** используются следующие образовательные технологии: аудиторные занятия, включающие лекционные занятия лабораторные и практические работы; самостоятельную работу студентов.

Методика преподавания дисциплины **«Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»** и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование модульного и интерактивного обучения:

- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме ответов на контрольные вопросы;
- При проведении занятий по дисциплине применяется система СДО - lms.mospolytech.ru. На платформе СДО по дисциплине могут быть размещены учебные, методические и иные материалы способствующие освоению дисциплины студентом.
- При проведении занятий также могут быть реализованы такие формы как вебинары (на платформе ZOOM, Webinar, Webex), онлайн тестирование, промежуточная аттестация с применением электронных средств.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины **«Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»** в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций.

- подготовка к выполнению семинарских занятий и практических работ и их защита.
- подготовка к выполнению лабораторных занятий и их защита.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины.

При изучении курса обучающийся должен самостоятельно проработать следующие разделы:

- CAE программы базы данных.
- CAE программы применяемые модели упругих тел.
- CAE программы применяемые модели нелинейно упругих тел.
- CAE программы применяемые модели вязкопластических тел.
- CAE программы применяемые модели пластических упрочняемых тел.
- CAE программы способы задания пользовательских моделей материалов (реологических свойств).
- Способы математического описания анизотропии металлов.
- Способы математического описания анизотропии неметаллов.

Контрольные вопросы для проведения текущего контроля, образцы билетов для проведения зачета, приведены в приложении 3.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Коды компетенций	Наименование компетенции
1	2
ПК-2	Способен технически контролировать кузнечно-штамповочное производство
ОПК-14	Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ПК-2 – Способен технически контролировать кузнечно-штамповочное производство.				
Индикатора достижения компетенции	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
ИПК-2.1. Проводит мероприятия по предупреждению нарушений технологических процессов заготовительного производства	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: теоретические основы численных методов решения краевых задач теплопроводности и пластичности: метод конечных разностей и метод конечных элементов; правила постановки задач для моделирования процессов ОМД в программах QForm и/или	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: теоретические основы численных методов решения краевых задач теплопроводности и пластичности: метод конечных разностей и метод конечных элементов; правила постановки задач для моделирования процессов ОМД в программах QForm и/или Abaqus	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: теоретические основы численных методов решения краевых задач теплопроводности и пластичности: метод конечных разностей и метод конечных элементов; правила постановки задач для моделирования процессов ОМД в программах QForm и/или Abaqus	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: теоретические основы численных методов решения краевых задач теплопроводности и пластичности: метод конечных разностей и метод конечных элементов; правила постановки задач для моделирования процессов ОМД в программах QForm и Abaqus

	Abaqus			
ИПК-2.2. Анализирует причины появления брака и проведение мероприятий по предупреждению брака и повышению качества готовых изделий кузнечно-штамповочного производства	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет моделировать технологические операции ОМД в программах QForm и/или Abaqus, анализировать результаты расчётов, оптимизировать и разрабатывать технологии ОМД с использованием современного САПР	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умению моделировать технологические операции ОМД в программах QForm и Abaqus, анализировать результаты расчётов, оптимизировать и разрабатывать технологии ОМД с использованием современного САПР	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умению моделировать технологические операции ОМД в программах QForm и/или Abaqus, анализировать результаты расчётов, оптимизировать и разрабатывать технологии ОМД с использованием современного САПР	Обучающийся демонстрирует полное соответствие умению моделировать технологические операции ОМД в программах QForm и/или Abaqus, анализировать результаты расчётов, оптимизировать и разрабатывать технологии ОМД с использованием современного САПР.
ИПК-2.3. Осуществляет контроль эксплуатации и техническое обслуживание штамповой оснастки и кузнечных инструментов	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками работы с основными модулями программ QForm и/или Abaqus, навыками работы и создания баз данных материалов, навыками корректной постановки задач численного моделирования.	Обучающийся не в полной степени владеет навыками работы с основными модулями программ QForm и/или Abaqus, навыками работы и создания баз данных материалов, навыками корректной постановки задач численного моделирования.	Обучающийся частично владеет навыками работы с основными модулями программ QForm и/или Abaqus, навыками работы и создания баз данных материалов, навыками корректной постановки задач численного моделирования.	Обучающийся в полном объеме навыками работы с основными модулями программ QForm и/или Abaqus, навыками работы и создания баз данных материалов, навыками корректной постановки задач численного моделирования.
ОПК-14 - Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.				
Индикатора достижения компетенции	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
ИОПК – 14.1 Демонстрирует знание прикладных программ	Обучающийся демонстрирует полное	Обучающийся демонстрирует неполное	Обучающийся демонстрирует частичное	Обучающийся демонстрирует полное

для расчета технологий заготовительного и аддитивного производства	отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: теоретические основы численных методов решения краевых задач теплопроводности и пластичности: метод конечных разностей и метод конечных элементов; правила постановки задач для моделирования процессов ОМД в программах QForm и/или Abaqus	соответствие следующих знаний: теоретические основы численных методов решения краевых задач теплопроводности и пластичности: метод конечных разностей и метод конечных элементов; правила постановки задач для моделирования процессов ОМД в программах QForm и/или Abaqus	соответствие следующих знаний: теоретические основы численных методов решения краевых задач теплопроводности и пластичности: метод конечных разностей и метод конечных элементов; правила постановки задач для моделирования процессов ОМД в программах QForm и/или Abaqus	соответствие следующих знаний: теоретические основы численных методов решения краевых задач теплопроводности и пластичности: метод конечных разностей и метод конечных элементов; правила постановки задач для моделирования процессов ОМД в программах QForm и Abaqus
ИОПК – 14.2 Владеет навыками применения программ моделирования технологических процессов заготовительного и аддитивного производства	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками работы с основными модулями программ QForm и/или Abaqus, навыками работы и создания баз данных материалов, навыками корректной постановки задач численного моделирования.	Обучающийся не в полной степени владеет навыками работы с основными модулями программ QForm и/или Abaqus, навыками работы и создания баз данных материалов, навыками корректной постановки задач численного моделирования.	Обучающийся частично владеет навыками работы с основными модулями программ QForm и/или Abaqus, навыками работы и создания баз данных материалов, навыками корректной постановки задач численного моделирования.	Обучающийся в полном объеме навыками работы с основными модулями программ QForm и/или Abaqus, навыками работы и создания баз данных материалов, навыками корректной постановки задач численного моделирования.

6.1.3.Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: <u>зачёт</u>.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение студентом всех видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой по дисциплине «**Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем**» (выполнили и защитили лабораторные работы).

Шкала оценивания	**Описание**
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Незачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Промежуточная аттестация по дисциплине «**Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем**» проводится в виде **экзамена** на седьмом семестре с учетом результатов **текущего контроля** успеваемости в течение семестров. Темы и вопросы, выносимые на экзамен, представлены в приложении к рабочей программе «Фонд оценочных средств По итогам промежуточной аттестации в седьмом семестре выставляется оценка – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Шкала и критерии оценивания приведены ниже. Промежуточная аттестация проводится в сроки, установленные утвержденным расписанием зачетно-экзаменационной сессии.

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

	При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении 3 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Голенков В.А. и др. Теория обработки металлов давлением. Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2009.

2. Калпин Ю.Г. и др. Сопротивление деформации и пластичность металлов при обработке давлением. Учебное пособие. М.: Машиностроение, 2011.

б) дополнительная литература:

1. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 1977.

2. Реология под редакцией Ф.Эйриха. М.: Издательство иностранной литературы, 1962.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Операционная система, Windows 7 (или ниже) - Microsoft Open License Лицензия № 61984214, 61984216,61984217, 61984219, 61984213, 61984218, 61984215

Офисные приложения, Microsoft Office 2013 (или ниже) - Microsoft Open License Лицензия № 61984042 Антивирусное ПО, Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Лицензии № 175216111706015696O164

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте Мосполитеха в разделе:

- система дистанционного обучения (СДО, LMS Moodle)
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=8503
- «Библиотека. Электронные ресурсы»
http://lib.mospolytech.ru/lib/content/elektronnyy-katalog

- «Библиотека. Электронно-библиотечные системы»
http://lib.mospolytech.ru/lib/ebs
- ЭБС «ЛАНЬ». Коллекция «Инженерно-технические науки» (http://e.lanbook.com);
- БД полных текстов национальных стандартов (ГОСТ, СНиП, РД, РДС и др.) «Техэксперт» (http://www.kodeks.ru);
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://elibrary.ru);
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн (www.biblioclub.ru);
- ЭБС «ZNANIUM.COM» (www.znanium.com);
- ЭБС «ЮРАЙТ» (www.biblio-online.ru);
- Реферативная наукометрическая электронная база данных «Scopus» (http://www/scopus.com);
- База данных «Knovel» (http://www.knovel.com)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Специализированные аудитории кафедры «ОМДиАТ» (ав2509, ав2508) и межкафедральная лаборатория «САПР-ТП» (ав2514) оснащены компьютерным и проекционным оборудованием, современным специализированным программным обеспечением. Лаборатории кафедры «ОМДиАТ» (А-ОМД, ав2102) оснащены штамповочным, заготовительным и испытательным оборудованием, лабораторной и экспериментальной оснасткой, контрольно-измерительными приборами, стендами и наглядными пособиями. Их применение позволяет вести полноценный учебный процесс, проводить практические занятия, а также заниматься с участием студентов исследованиями технологических свойств (штампуемость, сопротивление деформации) металлов, исследованием методов обработки давлением, опытно-конструкторскими работами, прививая обучающимся навыки самостоятельной научно-исследовательской деятельности и профессиональной деятельности. Данные о программном обеспечении, лабораторном оборудовании представлены в справке МТО.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов, связанных с промышленными технологиями и инновациями.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к зачету.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- выполнение домашних заданий по закреплению тем;
- выполнение домашних заданий по решению типичных задач и упражнений;

- составление и оформление докладов по отдельным темам программы;
- научно-исследовательская работа студентов;
- участие в тематических дискуссиях, олимпиадах.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
-осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

10. Методические рекомендации для преподавателя

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практическим занятием.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам лекций и практических занятий.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:

- учебники и учебные пособия, информационные ресурсы Интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация;
- разработанные презентации по различным разделам курса;
- видеоматериалы для закрепления полученной на лекциях информации;
- использование в лекциях информации из журналов: Технология металлов; Вестник машиностроения; Наукоемкие технологии; Заготовительное производство.

ПРИЛОЖЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

- Структура и содержание дисциплины (Приложение 1);
- Аннотация рабочей программы дисциплины (Приложение 2);
- Фонд оценочных средств (Приложение 3).

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины **«Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»** по направлению подготовки **15.03.01 «Машиностроение»,** профиль подготовки «Машины и технологии обработки материалов давлением» (очная форма обучения, 2022)

№ п/п	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реф.	К/р	Э	З
1.	Краевая задача. Дифференциальные уравнения описывающие процессы теплопроводности и пластического деформирования. Постановка краевой задачи в перемещениях. Постановка краевой задачи в скоростях. Краевые условия при решении задач теплопроводности. Краевые условия при решении задач пластичности. Численные методы решения краевых задач.	7	1-5	9		9	18								
2.	Метод конечных разностей**.** Сеточная дискретизация расчётной области. Конечно-разностая аппроксимация производных. Интерполяция граничных условий. Построение системы разностных уравнений. Решение задачи прессования полосы методом конечных разностей.	7	6-10	9		9	18								
3.	Метод конечных элементов**.** Общие положения метода конечных элементов. Дискретизация расчётной области при решении задач методом конечных элементов. Симплекс-элементы. Аппроксимация функций и функции формы для скалярных величин. Аппроксимация функций и функции формы для векторных величин. Объединение конечных элементов в ансамбль для четырёхэлементной области для скалярных и векторных величин. Решение задачи	7	11-12			6	6								

	теплопроводности стержня методом конечных элементов.														
4.	Постановка задачи моделирования в программных комплексах QForm и/или Abaqus. Базы данных материалов, смазок и оборудования. Подготовка геометрии для моделирования. Создание конечно-элементной сетки. Задание начальных и граничных условий. Лабораторные работы по постановке задач простейших задач пластического деформирования.	7	13-14			6	6								
5.	Моделирование процессов теплопроводности в программных комплексах QForm и/или Abaqus. Постановка задачи для моделирования процессов теплопроводности в программе QForm. Постановка задачи для моделирования процессов теплопроводности в программе Abaqus. Лабораторные работы по моделированию тепловых процессов.	7	15-16			6	6								
6.	Моделирование процессов ОМД в программных комплексах QForm и/или Abaqus. Постановка задачи для моделирования технологических процессов объёмной штамповки в программе QForm. Постановка задачи для моделирования технологических процессов объёмной штамповки в программе Abaqus. Моделирование процессов облойной штамповки. Моделирование процессов штамповки в закрытых штампах. Моделирование процессов изотермической штамповки. Лабораторные работы по моделированию задач объёмной штамповки.	7	17-18			18	18								
	Итого в 7 семестре		**18**	**18**		**54**	**72**								+
7.	Моделирование процессов листовой штамповки в программах QForm и/или Abaqus. Постановка задачи для моделирования	8	1-4	4		4	8								

	технологических процессов вакуумной формовки в программе QForm.														
8.	Постановка задачи для моделирования технологических процессов листовой штамповки в штампах в программе Abaqus: штамповка в штампах с прижимом и без, штамповка эластичной средой, штамповка в осесимметричной и трёхмерной постановке. Лабораторные работы по моделированию задач листовой штамповки.	8	5-9	5		5	10								
	Анализ результатов моделирования в программных комплексах QForm и/или Abaqus. График силы деформации. Поле скоростей. Температурное поле. Распределение напряжений и накопленной деформации. Трассируемые точки. Контактные напряжения.	8	10-13	4		4	8								
	Влияние температуры штамповки и технологической смазки на характер течения материала и силу деформации. Лабораторные работы по выводу результатов, его анализу и экспорту в другие форматы.	8	14-18	5		5	10								
	Итого в 8 семестре		**18**	**18**		**18**	**36**			+				+	
	Всего часов по дисциплине	**216**		**36**		**72**	**108**			+				+	+

Приложение 2 к
рабочей программе

Аннотация рабочей программы учебной дисциплины «Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»

по направлению подготовки **15.03.01 "Машиностроение"**
Профиль "Машины и технологии обработки материалов давлением"
(очное, 20___)

1. Цели освоения дисциплины.

Целями освоения дисциплины «**Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем**» являются:

- подготовка студента к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой по направлению;
- формирование общеинженерных знаний и умений по данному направлению;
- изучение основных математических методов применяющихся при моделировании процессов ОМД;
- получение навыков по постановке задачи для моделирования процессов ОМД и анализу результатов моделирования

Следует отметить, что изучение курса « Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем» способствует расширению научного кругозора и дает тот минимум фундаментальных знаний, на базе которых сформируется представление о математических моделях течения материалов и их применении при моделировании в CAE программах.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина **«Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»** относится к вариативной части (Б 1.2) Блока 1 «Дисциплины (модули)» и входит в основную образовательную программу подготовки бакалавра по направлению подготовки 15.03.01 "Машиностроение", профиль «Машины и технологии обработки материалов давлением» очной формы обучения.

Дисциплина **«Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»** взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

В базовой части блока (Б1.1):

- Высшая математика;
- Физика в производственных и технологических процессах;
- Основы математического моделирования технологических процессов;
- Теория обработки металлов давлением.

В вариативной части блока (Б1.2):

- Технологические основы цифрового производства;
- Технологические покрытия и смазки в процессах обработки давлением;
- Теория и технология горячей объёмной штамповки;
- Теория и технология листовой штамповки;
- Технологические машины и оборудование.

В дисциплинах по выбору (Б1.ДВ):

- Теория и технология волочения;
- Технология и технология прокатки;
- Физико-химические процессы при нагреве в обработке давлением.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате изучения дисциплины студенты должны:

Знать:

- Проводит мероприятия по предупреждению нарушений технологических процессов заготовительного производства; демонстрирует знание прикладных программ для расчета технологий заготовительного и аддитивного производства;
- Анализирует причины появления брака и проведение мероприятий по предупреждению брака и повышению качества готовых изделий кузнечно-штамповочного производства; владеет навыками применения программ моделирования технологических процессов заготовительного и аддитивного производства;
- Осуществляет контроль эксплуатации и техническое обслуживание штамповой оснастки и кузнечных инструментов.

1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	7, 8 семестр
Общая трудоемкость	216 (6 з.е.)	144, 72
Аудиторные занятия (всего)	108	72, 36
В том числе		
Лекции	36	18, 18
Практические занятия	72	18, 54
Лабораторные занятия	90	18, 54
Самостоятельная работа	144	72, 36
Курсовая работа	нет	нет
Курсовой проект	да	да
Вид промежуточной аттестации	Зачет, экзамен	Зачет, экзамен

Составитель программы:
к.т.н., доцент кафедры «Обработка материалов
давлением и аддитивные технологии» (М.А. Петров)

Приложение 3 к
рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 15.03.01 "Машиностроение"

ОП (профиль): "Машины и технологии обработки материалов давлением"

Форма обучения: **очная** (набор 20____)

Вид профессиональной деятельности: производственно-технологическая, научно-исследовательская, проектно-конструкторская

Кафедра: «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

2.1. Пример билета для проведения зачета
2.2. Примерный перечень вопросов для проведения зачета
2.3 Темы лабораторных работ

Составитель:

Петров М.А.

Москва, 2022 год

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

«Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»					
ФГОС ВО **15.03.01 «Машиностроение»**, профиль «Машины и технологии обработки материалов давлением» (набор 20____ г.)					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие **общепрофессиональные (ОПК) и профессиональные (ПК) компетенции**:					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства****	**Степени уровней освоения компетенций**
КОД КОМП.	**ФОРМУЛИРОВКА**				
ПК-2	Способен технически контролировать кузнечно-штамповочное производство.	**ИПК-2.1** теоретические основы численных методов решения краевых задач теплопроводности и пластичности: метод конечных разностей и метод конечных элементов; правила постановки задач для моделирования процессов ОМД в программах QForm и/или Abaqus **ИПК-2.2** моделировать технологические операции ОМД в программах QForm и/или Abaqus, анализировать результаты расчётов, оптимизировать и разрабатывать технологии ОМД с использованием современного САПР **ИПК-2.3** навыками работы с основными	лекция, самостоятельная работа	УО СР ПР	**Базовый уровень:** воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля; умение решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам **Повышенный уровень:** практическое применение полученных знаний в процессе выполнения заданий на самостоятельную работу; готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие

		модулями программ QForm и/или Abaqus, навыками работы и создания баз данных материалов, навыками корректной постановки задач численного моделирования.			решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении
ОПК-2	Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.	**ИПК-2.1** теоретические основы численных методов решения краевых задач теплопроводности и пластичности: метод конечных разностей и метод конечных элементов; правила постановки задач для моделирования процессов ОМД в программах QForm и/или Abaqus **ИПК-2.2** моделировать технологические операции ОМД в программах QForm и/или Abaqus, анализировать результаты расчётов, оптимизировать и разрабатывать технологии ОМД с использованием современного САПР **ИПК-2.3** навыками работы с основными модулями программ QForm и/или Abaqus, навыками работы и создания баз данных материалов, навыками корректной постановки задач численного моделирования.	лекция, самостоятельная работа	УО СР ПР	**Базовый уровень:** воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля; умение решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам **Повышенный уровень:** практическое применение полученных знаний в процессе выполнения заданий на самостоятельную работу; готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении

**- Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 4 к рабочей программе.

Примечание. Для получения зачета достаточно освоить базовый уровень знания компетенции.

Приложение 4 к
рабочей программе

Перечень оценочных средств по дисциплине «Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос (УО)	Диалог преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала	Комплект билетов для экзамена и зачетов
2	Лабораторные работы (Л.Р)	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом	Темы лабораторных работ

Описание оценочных средств

2.1. Пример билета для проведения зачёта

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Машиностроения, кафедра «ОМДиАТ»
Дисциплина «Технологический инжиниринг процессов ОМД с применением CAE-систем»
Образовательная программа 15.03.01 Машиностроение
Курс 4, семестр 7,8

БИЛЕТ для проведения зачета №3

1. Модели материалов в CAE программах.
2. Инструментарий Abaqus для анализа напряжённого состояния.

Утверждено на заседании кафедры «____» _____ 2022 г., протокол №__.

Зав. кафедрой _____ /П.А.Петров/

Билет для проведения зачёта - средство проверки знаний, умений, навыков; включает в себя 2 вопроса, соответствующих изучаемым разделам дисциплины **«Технологический инжиниринг**

процессов ОМД с применением CAE-систем». Каждое задание билета оценивается отдельно. Общей оценкой является среднее значение, округлённое до целого значения.

Процедура применения: Случайная выборка из 30 билетов, время на подготовку до 30 мин. Устный ответ.

2.2. Примерный перечень вопросов для проведения экзамена

Вопросы к зачету	Код компетенции
Программы CAE в ОМД (обзор)	**ПК 2, ОПК-14**
Модели материалов по Гуку	**ПК 2, ОПК-14**
Модели материалов по Ньютону	**ПК 2, ОПК-14**
Модели материалов по Бингаму	**ПК 2, ОПК-14**
Простое (идеальное поведение материала) и сложное: причины неидеального поведения деформируемой среды.	**ПК 2, ОПК-14**
МКЭ основные положения	**ПК 2, ОПК-14**
Краевая задача.	**ПК 2, ОПК-14**
Постановка краевой задачи в перемещениях.	**ПК 2, ОПК-14**
Постановка краевой задачи в скоростях.	**ПК 2, ОПК-14**
Метод конечных разностей**.**	**ПК 2, ОПК-14**
Сеточная дискретизация расчётной области.	**ПК 2, ОПК-14**
Конечно-разностая аппроксимация производных.	**ПК 2, ОПК-14**
Напряжение при однородной деформации.	**ПК 2, ОПК-14**
Постановка задачи моделирования в программных комплексах QForm и/или Abaqus.	**ПК 2, ОПК-14**
Базы данных материалов, смазок и оборудования.	**ПК 2, ОПК-14**
Подготовка геометрии для моделирования.	**ПК 2, ОПК-14**
Создание конечно-элементной сетки.	**ПК 2, ОПК-14**
Гипотеза "Единой кривой".	**ПК 2, ОПК-14**
Пропорциональность напряжений и вызывающих их деформаций; напряжений и вызывающих их скоростей деформаций.	**ПК 2, ОПК-14**
Феноменологические модели учитывающие упрочнение и разупрочнение	**ПК 2, ОПК-14**
Зависимость напряжений от температуры.	**ПК 2, ОПК-14**
Постановка задачи для моделирования технологических процессов объёмной штамповки в программе QForm.	**ПК 2, ОПК-14**
Постановка задачи для моделирования технологических процессов объёмной штамповки в программе Abaqus.	**ПК 2, ОПК-14**
Моделирование процессов изотермической штамповки.	**ПК 2, ОПК-14**
Постановка задачи для моделирования технологических процессов листовой штамповки в штампах в программе Abaqus	**ПК 2, ОПК-14**
Анализ результатов моделирования в программных комплексах QForm и/или Abaqus.	**ПК 2, ОПК-14**
Построение графика силы деформации.	**ПК 2, ОПК-14**
Поле скоростей – физический смысл, цель вывода.	**ПК 2, ОПК-14**
Температурное поле – цель вывода.	**ПК 2, ОПК-14**
Распределение напряжений и накопленной деформации – цель вывода	**ПК 2, ОПК-14**
Влияние температуры штамповки и технологической смазки на характер течения материала и силу деформации.	**ПК 2, ОПК-14**

Контактные напряжения.	**ПК 2, ОПК-14**
Трассируемые точки – способы вывода, цель вывода.	**ПК 2, ОПК-14**

2.3. Темы лабораторных работ

Темы	Код компетенции
Лабораторные работы по постановке задач простейших задач пластического деформирования.	**ПК 2, ОПК-14**
Лабораторные работы по моделированию тепловых процессов.	**ПК 2, ОПК-14**
Лабораторные работы по моделированию задач объёмной штамповки.	**ПК 2, ОПК-14**
Лабораторные работы по моделированию задач листовой штамповки.	**ПК 2, ОПК-14**
Лабораторные работы по выводу результатов, его анализу и экспорту в другие форматы.	**ПК 2, ОПК-14**