Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 25.01.2021 14:01:27
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения

_____ / Е.В. Сафонов /

«_01_» _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технологический инжиниринг с применением CAE-систем»

Направление подготовки
15.03.01 "Машиностроение"

Профиль
"Комплексные технологические процессы и оборудование машиностроения"

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Москва 2021

Программа дисциплины **«Технологический инжиниринг с применением CAE-систем»** составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению **15.03.01 "Машиностроение"** по профилю подготовки **"Комплексные технологические процессы и оборудование машиностроения".**

Программу составил:

к.т.н., доцент  /М.А. Петров/

Программа дисциплины **«Технологический инжиниринг с применением CAE-систем»** по направлению **15.03.01 "Машиностроение"** по профилю подготовки **"Комплексные технологические процессы и оборудование машиностроения"** утверждена на заседании кафедры «ОМДиАТ»

Заведующий кафедрой  /П. А. Петров/

Программа дисциплины **«Технологический инжиниринг с применением CAE-систем»** по направлению **15.03.01 "Машиностроение"** по профилю подготовки **"Комплексные технологические процессы и оборудование машиностроения"** согласована с руководителем образовательной программы

 /С.А. Паршина/

«11» июня 2021 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета Машиностроения

Председатель комиссии  /А.Н. Васильев/

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «**Технологический инжиниринг 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 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 с применением CAE-систем»** относится к вариативной части (Б 1.2) Блока 1 «Дисциплины (модули) по выбору студента» и входит в основную образовательную программу подготовки бакалавра по направлению подготовки 15.03.01 "Машиностроение", профиль "Комплексные технологические процессы и оборудование машиностроения" заочной формы обучения.

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:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-2	Умением обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов	Знать: • 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; Уметь: • моделировать технологические операции ОМД в программах QForm и/или Abaqus, анализировать результаты расчётов, оптимизировать и разрабатывать технологии ОМД с использованием современного САПР; Владеть: • навыками работы с основными модулями программ QForm и/или Abaqus, навыками работы и создания баз данных материалов, навыками корректной постановки задач численного моделирования.
ПК-12	Способность разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств	Знать: • методы разработки технологической и производственной документации с использованием современных инструментальных средств. Уметь: • разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств. Владеть:

		• методами разработки технологической и производственной документации с использованием современных инструментальных средств.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины **«Технологический инжиниринг с применением CAE-систем»** составляет **10** зачетных единицы, т.е. **360** академических часов (из них 306 часов - самостоятельная работа студентов).

Дисциплина читается на третьем, четвёртом и пятом курсах в 6, 7, 8, 9, 10 семестрах.

В шестом семестре 72 часа, в том числе аудиторных занятий – 16 часов, из них лекций – 4 часа; лабораторные занятия – 12 часов.

В седьмом семестре 72 часа, в том числе аудиторных занятий – 12 часов, из них лекции – 4 часа; лабораторные занятия – 8 часов.

В восьмом семестре 72 часа, в том числе аудиторных занятий – 10 часов, из них лекций – 2 часа; лабораторные занятия – 8 часов.

В девятом семестре 72 часа, в том числе аудиторных занятий – 8 часов, из них лекций – 2 часа; лабораторные занятия – 6 часов.

В десятом семестре 72 часа, в том числе аудиторных занятий – 8 часов, из них лекций – 2 часа; лабораторные занятия – 6 часов.

Форма промежуточной аттестации в 6, 7, 9 семестрах – зачёт. В 8 и 10 семестре – экзамен

Структура и содержание дисциплины «Технологический инжиниринг 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 с применением CAE-систем»** используются следующие образовательные технологии: аудиторные занятия, включающие лекционные занятия лабораторные работы; самостоятельную работу студентов.

Методика преподавания дисциплины **«Технологический инжиниринг 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.

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.

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:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ПК-2	Умением обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
ПК-12	Способность разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств

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 - Умением обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: • 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 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	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
уметь: • моделировать технологические операции ОМД в	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие	Обучающийся демонстрирует полное соответствие умению

программах QForm и/или Abaqus, анализировать результаты расчётов, оптимизировать и разрабатывать технологии ОМД с использованием современного САПР	моделировать технологические операции ОМД в программах QForm и/или Abaqus, анализировать результаты расчётов, оптимизировать и разрабатывать технологии ОМД с использованием современного САПР	умению моделировать технологические операции ОМД в программах QForm и Abaqus, анализировать результаты расчётов, оптимизировать и разрабатывать технологии ОМД с использованием современного САПР	умению моделировать технологические операции ОМД в программах QForm и/или Abaqus, анализировать результаты расчётов, оптимизировать и разрабатывать технологии ОМД с использованием современного САПР	моделировать технологические операции ОМД в программах QForm и/или Abaqus, анализировать результаты расчётов, оптимизировать и разрабатывать технологии ОМД с использованием современного САПР.
владеть: • 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 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.

ПК-12 – Способность разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
Знать: • методы разработки технологической и производственной документации с использованием современных инструментальных средств.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: общее форматирование документов, составление таблиц, работа с математическими формулами, разработка и оформление чертежей по ЕСКД, отдельные разделы по оформлению отчётов и научно-исследовательской документации по ГОСТ 7.32-2017, составление	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: общее форматирование документов в MS Office, составление таблиц, работа с математическими формулами в Excel, разработка и оформление чертежей по ЕСКД, отдельные разделы по оформлению отчётов и научно-исследовательской документации по ГОСТ 7.32-2017, составление презентаций.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: общее форматирование документов в MS Office, составление таблиц, работа с математическими формулами в Excel, разработка и оформление чертежей по ЕСКД, отдельные разделы по оформлению отчётов и научно-исследовательской документации по ГОСТ 7.32-2017, составление презентаций.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: общее форматирование документов в MS Office, составление таблиц, работа с математическими формулами в Excel, разработка и оформление чертежей по ЕСКД, отдельные разделы по оформлению отчётов и научно-исследовательской документации по ГОСТ 7.32-2017, составление презентаций.

	презентаций.			
Уметь: • разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет готовить отчёты и чертежи с применением компьютерных программ и обрабатывать результаты экспериментальных данных, представлять их в виде таблиц и графиков, презентаций.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умению готовить отчёты и чертежи с применением компьютерных программ и обрабатывать результаты экспериментальных данных, представлять их в виде таблиц и графиков, презентаций.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умению готовить отчёты и чертежи с применением компьютерных программ и обрабатывать результаты экспериментальных данных, представлять их в виде таблиц и графиков, презентаций.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие умению готовить отчёты и чертежи с применением компьютерных программ и обрабатывать результаты экспериментальных данных, представлять их в виде таблиц и графиков, презентаций.
Владеть: • методами разработки технологической и производственной документации с использованием современных инструментальных средств.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками работы с основными инструментами ПО Word, Excel, PowerPoint (пакет MS Microsoft Office) или схожим ПО открытых пакетов программ, такими как OpenOffice или WPS.	Обучающийся не в полной степени владеет навыками работы с основными инструментами ПО Word, Excel, PowerPoint (пакет MS Microsoft Office) или схожим ПО открытых пакетов программ, такими как OpenOffice или WPS.	Обучающийся частично владеет навыками работы с основными модулями инструментами ПО Word, Excel, PowerPoint (пакет MS Microsoft Office) или схожим ПО открытых пакетов программ, такими как OpenOffice или WPS.	Обучающийся в полном объеме навыками работы с основными инструментами ПО Word, Excel, PowerPoint (пакет MS Microsoft Office) или схожим ПО открытых пакетов программ, такими как OpenOffice или WPS.

6.1.3. Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

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 «**Основы компьютерного параметрического инжиниринга (3D)**» (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.
Не зачтено	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 проводится в форме экзамена по результатам выполнения всех видов учебной работы предусмотренных данной рабочей программой. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение студентом и защита лабораторных работ по дисциплине.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
Хорошо	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, но допускаются незначительные ошибки, неточности, а также затруднения при аналитических операциях.
Удовлетворительно	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, но допускаются ошибки, не позволяющие верно интерпретировать результаты и проводить их анализ, а также при оперировании знаниями переносить их на новые ситуации.
Неудовлетворительно	Не выполнены обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, и (или) обучающийся проявляет отсутствие знаний, умений.

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, 2013.

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.

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 № 1752161117060156960164

Специализированные программы: T-Flex, Inventor, Q-Form, Abaqus, Ansys.

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

- «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» 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);
- Фонд оценочных средств (Приложение 2).

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины **«Технологический инжиниринг с применением CAE-систем»**
по направлению подготовки **15.03.01 "Машиностроение",**
профиль подготовки "Комплексные технологические процессы и оборудование машиностроения"
(Заочная форма обучения)

№ п/п	Раздел	Семестр	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.	6	1		2	14								
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.	6	1		2	14								
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.	6	1		4	14								
4.	Постановка задачи моделирования в программных комплексах QForm и/или Abaqus. Базы данных материалов, смазок и оборудования. Подготовка геометрии для	6	1		4	14								

	моделирования. Создание конечно-элементной сетки. Задание начальных и граничных условий. Лабораторные работы по постановке задач простейших задач пластического деформирования.													
	Итого в 6 семестре		4		12	56								+
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	4		8	60								
	Итого в 7 семестре		4		8	60								+
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.	8	2		8	62								
	Итого в 8 семестре		2		8	62							+	
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.	9	2		6	64								
	Итого в 9 семестре		2		6	64								+
8	Анализ результатов моделирования в программных	10	2		6	64								

	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.													
	Итого в 10 семестре		2		6	64							+	
	Всего часов по дисциплине	360	14		40	304							+	+

Приложение 2

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

Направление подготовки: 15.03.01 "Машиностроение"

ОП (профиль): "Комплексные технологические процессы и оборудование машиностроения"

Форма обучения: **Заочная**

Кафедра: «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Технологический инжиниринг с применением CAE-систем»

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Описание оценочных средств:
2.1. Пример билета
2.2. Контрольные вопросы
2.3 Темы лабораторных работ

Составитель:
Петров М.А.

Москва 2020

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

«Технологический инжиниринг с применением CAE-систем»					
ФГОС ВО 15.03.01 "Машиностроение", профиль "Комплексные технологические процессы и оборудование машиностроения" В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие и профессиональные (ПК) компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства**	Степени уровней освоения компетенций
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ПК-2	Умением обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов	**знать:** 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 **уметь:** моделировать технологические операции ОМД в программах QForm и/или Abaqus, анализировать результаты расчётов, оптимизировать и разрабатывать технологии ОМД с использованием современного САПР **владеть:** навыками работы с основными модулями	лекция, самостоятельная работа	УО	**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

		программ QForm и/или Abaqus, навыками работы и создания баз данных материалов, навыками корректной постановки задач численного моделирования.			
ПК-12	Способность разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств	**Знать:** методы разработки технологической и производственной документации с использованием современных инструментальных средств. **Уметь:** разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств. **Владеть:** методами разработки технологической и производственной документации с использованием современных инструментальных средств.	лабораторные работы, самостоятельная работа	ЗЛР	**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.

Перечень оценочных средств по дисциплине «Технологический инжиниринг 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 контрольных вопросов
2	Защита лабораторной работы (ЗЛР)	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 экзамена

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

Факультет Машиностроения, кафедра «ОМДиАТ»
Дисциплина «Технологический инжиниринг с применением CAE-систем»
Образовательная программа 15.03.01 Машиностроение, ОП «КТПиОМ»
Курс ___ , семестр ___

БИЛЕТ №____

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

Утверждено на заседании кафедры «____» _____ 2020 г., протокол №__.

Зав. кафедрой _____ /П.А.Петров/

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

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

2.3. Темы лабораторных работ

Темы	Код компетенции
Лабораторные работы по постановке задач простейших задач пластического деформирования.	ПК 2, ПК 12
Лабораторные работы по моделированию тепловых процессов.	ПК 2, ПК 12
Лабораторные работы по моделированию задач объёмной штамповки.	ПК 2, ПК 12
Лабораторные работы по моделированию задач листовой штамповки.	ПК 2, ПК 12
Лабораторные работы по выводу результатов, его анализу и экспорту в другие форматы.	ПК 2, ПК 12