

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРОЕКТИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ

| | |
|--|---|
| Направление/специальность подготовки | 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Проектирование технологических процессов производства авиационных, ракетных двигателей и энергетических установок |
| Уровень высшего образования | Специалитет |
| Форма обучения | Очная |
| Факультет | А Ракетно-космической техники |
| Выпускающая кафедра | А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ |
| Кафедра-разработчик рабочей программы | А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ |

| КУРС | СЕМЕСТР | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ) | ЧАСЫ (по наличию видов занятий) | | | | | | | | | ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ |
|-------|---------|---|---------------------------------|--------------------|--------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ | АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ | | | | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА | | | | |
| | | | | ВСЕГО | ЛЕКЦИИ | ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ | ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ | ВСЕГО | КУРСОВОЙ ПРОЕКТ | КУРСОВАЯ РАБОТА | ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ | |
| 2 | 3 | 3 | 108 | 34 | 0 | 0 | 34 | 74 | 0 | 0 | 74 | диф. зач. |
| 2 | 4 | 3 | 108 | 51 | 17 | 0 | 34 | 57 | 0 | 0 | 57 | диф. зач. |
| ВСЕГО | | 6 | 216 | 85 | 17 | 0 | 68 | 131 | 0 | 0 | 131 | |

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ

Киршин Антон Юрьевич, старший преподаватель

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРОЕКТИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-5.13 — Способен применять системы автоматизированного проектирования (CAD) при решении задач профессиональной деятельности

ПСК-5.4/24 — Способен разрабатывать КД на детали, изготавливаемые по аддитивным технологиям, изготавливать их и оценивать показатели качества деталей, полученных по аддитивным технологиям

ПСК-5.8 — Способен применять системы автоматизации инженерных расчётов (CAE) при решении задач профессиональной деятельности

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-5.13

знания:

Знает современные методы автоматизированного проектирования;

умения:

Разработка конструкторской 2D-документации, ассоциативно связанной с 3D-моделями в соответствии с требованиями ЕСКД

Навыки трансляции данных из/в разные CAD системы

Управление параметризацией объектов

Умеет определять уровень детализации решения, необходимый на определенном этапе проектирования;

навыки:

Умеет транслировать данные между CAD и CAE системами

Умеет определять уровень детализации решения, необходимый на определенном этапе проектирования

Разрабатывает и выпускает рабочие чертежи сборочных единиц, деталей и систем (схем) простой и средней сложности

Оформление конструкторской документации (размеры, технические требования, допуски).

ПСК-5.4/24

знания:

Технология подготовки исходных материалов для аддитивного производства ДСЕ

Виды аддитивных технологий, технологические возможности и ограничения аддитивного формообразования

Особенности технологий селективного лазерного сплавления, селективного электронно-лучевого сплавления, прямого лазерного нанесения металла и их возможности и ограничения

Этапы проектирования изделий, изготавливаемых аддитивными технологиями

Требования охраны труда, экологической, пожарной и промышленной безопасности в аддитивном производстве

Порядок настройки технологического оборудования аддитивного производства

Технологии удаления поддерживающего материала, улучшения текстуры материала, повышения точности, улучшения эстетического вида изделия аддитивного производства

Виды и возможности средств контроля процессов аддитивных технологий;

умения:

Подготавливает CAD-модель для аддитивного производства ДСЕ

Осуществляет конструктивную и технологическую проработку несложного изделия, анализирует влияние внутренних напряжений, возникающих в процессе синтеза, на возникновение поводов/коробления и трещин, а также проводит позиционирование и ориентацию изделия в камере установки АП для последующего успешного изготовления

Способен изготавливать детали с применением аддитивных технологий

Способен адаптировать модель детали для изготовления её по аддитивным технологиям

Порядок преобразования файлов, сгенерированных в CAD системе в файлы, применяемые системой управления машинного аддитивного производства. Способы исправления ошибок трансляции данных;

навыки:

Учитывает экономическую целесообразность выбора способа изготовления

Создаёт чертежи ДСЕ, изготавливаемых АТ с использованием CAD-систем

Преобразовывать файлы, сгенерированные в CAD системе в файлы, применяемые системой управления машинного аддитивного производства

Настраивать технологическое оборудование аддитивного производства с учетом конструкции, материала и технологии изготовления несложного изделия

Подготавливать управляющую программу для установки аддитивного производства и подготавливать техническое решение (компоновку) изделий в камере установки АП для оптимизации производительности и экономии материала.

ПСК-5.8

знания:

Наложение нестационарных граничных условий;;

умения:

Умеет транслировать данные между CAD и CAE системами

Умеет определять уровень детализации решения, необходимый на определенном этапе проектирования;;

навыки:

Наложение граничных условий (САЕ)

Задание параметров среды для проведения расчета (САЕ)

Запуск расчёта (САЕ)

Остановка расчёта (САЕ)

Обработка результатов расчёта (САЕ);.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПРОЕКТИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГТД И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ (ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ) ПРАКТИКА, СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-3 — Способен разрабатывать нормативно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью
- ПСК-5.1 — Способен разрабатывать и выпускать конструкторскую документацию на детали и узлы двигателей, а так же средства технологического оснащения

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

| КУРС | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме | | | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % | | |
|---------------------|---------|---|-------|---------------------------------------|--------|----------------------|----------------------------------|----------------------------|------------|---------|
| | | | | ВСЕГО | Лекции | Практические занятия | | ПСК-5.13 | ПСК-5.4/24 | ПСК-5.8 |
| 2 | 3 | Раздел 1. Раздел 1. Введение. Классификация и область применения CAD/CAE/CAM систем. Геометрическое моделирование объемных тел в CAD - системе. введение. Классификация и область применения CAD/CAE/CAM систем. Геометрическое моделирование объемных тел в CAD - системе. | 38 | 12 | 0 | 12 | 26 | 70 | 30 | 10 |
| 2 | 3 | Раздел 2. Раздел 2. Решение задач инженерного анализа методом конечных элементов в CAE-системах. Экспорт данных из CAD в CAE системы. Построение расчетных сеток. Настройки решателя для решения задач в стационарной и нестационарной постановке. Анализ и отображение результатов расчета в задачах стационарной и нестационарной постановке. | 70 | 22 | 0 | 22 | 48 | 20 | 0 | 90 |
| Всего за 3 семестр | | | 108 | 34 | 0 | 34 | 74 | 90 | 30 | 100 |
| 2 | 4 | Раздел 3. Раздел 3. Аддитивные технологии. Классификация аддитивных технологий. Материалы, применяемые в аддитивном производстве. Особенности печати полимерными материалами. Постобработка изделий, изготовленных аддитивными методами. | 37 | 17 | 13 | 4 | 20 | 0 | 40 | 0 |
| 2 | 4 | Раздел 4. Раздел 4. CAM - системы. Обзор CAM - систем для 3D печати. Подготовка управляющих программ в CAM - системе. | 71 | 34 | 4 | 30 | 37 | 10 | 30 | 0 |
| Всего за 4 семестр | | | 108 | 51 | 17 | 34 | 57 | 10 | 70 | 0 |
| Всего по дисциплине | | | 216 | 85 | 17 | 68 | 131 | 100 | 100 | 100 |

3.2. Аудиторный практикум

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Тема практического занятия | Объем, ауд. часов |
|--------------------|---|--|-------------------------|
| 1 | Раздел 1. Раздел 1. Введение. Классификация и область применения CAD/CAE/CAM систем. Геометрическое моделирование объемных тел в CAD - системе. | Введение. Классификация и область применения CAD/CAE/CAM систем. | 2 |
| 2 | | Создание шаблонов основных типов документов, настройки свойств документов. Настройка основных типов команд геометрического моделирования объёмных тел. | 5 |
| 3 | | Выполнение индивидуального задания по созданию объёмной модели | 5 |
| 4 | Раздел 2. Раздел 2. Решение задач инженерного анализа методом конечных элементов в CAE-системах. | Экспорт данных из CAD в CAE системы | 2 |
| 5 | | Построение расчетных сеток: структурированной расчетной сетки, неструктурированной расчетной сетки | 6 |
| 6 | | Решение стационарной задачи, анализ и отображение результатов расчета | 4 |
| 7 | | Решение нестационарной задачи, анализ и отображение результатов расчета | 4 |
| 8 | | Выполнение индивидуального задания | 6 |
| Всего за 3 семестр | | | 34 |
| 9 | Раздел 3. Раздел 3. Аддитивные технологии. | Постобработка изделий, изготовленных аддитивными методами. Контроль изделий. | 4 |
| 10 | Раздел 4. Раздел 4. CAM - системы. | Работа в CAM - системе для 3D печати | 6 |
| 11 | | Формирование управляющей программы 3D модели на печать в CAM системе «слайсер» | 10 |
| 12 | | Работа на полимерном 3D принтере. Печать изделий. | 14 |
| Всего за 4 семестр | | | 34 |

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Содержание учебного задания | Объем, часов |
|-------|---|-----------------------------|--------------|
| | | | |

| | | | |
|--------------------|---|---|----|
| 1 | Раздел 1. Раздел 1. Введение. Классификация и область применения CAD/CAE/CAM систем. Геометрическое моделирование объемных тел в CAD - системе. | Введение. Изучение основной и дополнительной литературы по теме раздела. Подготовка отчетных материалов по результатам выполнения индивидуального задания. | 26 |
| 2 | Раздел 2. Раздел 2. Решение задач инженерного анализа методом конечных элементов в CAE-системах. | Решение задач инженерного анализа методом конечных элементов в CAE-системах. Выбор теоретического материала для выполнения индивидуального практического задания. Подготовка к практическому занятию. | 10 |
| 3 | | Подготовка отчетных материалов по результатам выполнения индивидуального задания: описание этапов проведения расчёта | 18 |
| 4 | | Подготовка отчетных материалов по результатам выполнения индивидуального задания: обработка результатов численного моделирования | 20 |
| Всего за 3 семестр | | | 74 |
| 5 | Раздел 3. Раздел 3. Аддитивные технологии. | Изучение основной и дополнительной литературы по теме раздела. | 8 |
| 6 | | Подготовка индивидуального доклада | 12 |
| 7 | Раздел 4. Раздел 4. CAM - системы. | Изучение основной и дополнительной литературы по теме раздела. | 10 |
| 8 | | Оптимизация ранее созданной модели под возможности 3D печати | 13 |
| 9 | | Подготовка отчетных материалов по результатам выполнения индивидуального задания | 14 |
| Всего за 4 семестр | | | 57 |

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| СЕМЕСТР | НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------------|---|---|---|---|----|---|---|------|----|----|----|----|----|-----|----|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 3 | | | | | | ДР | | | ИПЗ | ДР | | | | | ИПЗ | ДР | диф. зач. |
| 4 | | | | | | ДР | | | Докл | ДР | | | | | ИПЗ | ДР | диф. зач. |

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- Докл – доклад;
- диф. зач. – дифференцированный зачет;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- доклад.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Инженерная и компьютерная графика. Москва: Юрайт, 2021, эл. рес.
2. . Системы CAD/CAM в производстве. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, эл. рес.
3. А. А. Ляпков, А. А. Троян. . Полимерные аддитивные технологии. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
4. А. В. Побелянский, А. А. Левихин. . Проектирование авиационных и ракетных двигателей с применением CAD/CAM/CAE-систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 22 экз.
5. К. Ли. . Основы САПР (CAD/CAM/CAE). СПб.: Питер, 2004, эл. рес.
6. М. А. Денисов. . Математическое моделирование теплофизических процессов. ANSYS и CAE-проектирование. Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2011, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. CURA;
2. ANSYS 2020 R2.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. CURA;
3. ANSYS 2020 R2.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ПРОЕКТИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-5.13 Способен применять системы автоматизированного проектирования (CAD) при решении задач профессиональной деятельности;

ПСК-5.4/24 Способен разрабатывать КД на детали, изготавливаемые по аддитивным технологиям, изготавливать их и оценивать показатели качества деталей, полученных по аддитивным технологиям;

ПСК-5.8 Способен применять системы автоматизации инженерных расчётов (CAE) при решении задач профессиональной деятельности.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теоретическими основами и практическими навыками вычислительного моделирования процессов аэродинамики и теплотехники, методами и средствами научных исследований, функциональной схемой пакетов вычислительного моделирования (CAD, CAE системы), а также практическими навыками 3D – печати экспериментальных образцов элементов и агрегатов авиационной, ракетно-космической техники и техники специального назначения.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- доклад.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**68 ч.**), самостоятельная работа студента (**131 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 ч., из них 85 ч. аудиторных занятий, и 131 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

| Наименование работы | Рекомендуемая литература | Трудоемкость, час. |
|---|--|--------------------|
| Раздел 1. Раздел 1. Введение. Классификация и область применения CAD/CAE/CAM систем. Геометрическое моделирование объемных тел в CAD - системе. | | |
| Введение. Изучение основной и дополнительной литературы по теме раздела. Подготовка отчетных материалов по результатам выполнения индивидуального задания. | А. В. Побелянский, А. А. Левихин. . Проектирование авиационных и ракетных двигателей с применением CAD/CAM/CAE-систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1-2) . Инженерная и компьютерная графика: Москва: Юрайт, 2021 (1-2) | 26 |
| Итого по разделу 1 | | 26 |
| Раздел 2. Раздел 2. Решение задач инженерного анализа методом конечных элементов в CAE-системах. | | |
| Решение задач инженерного анализа методом конечных элементов в CAE-системах. Выбор теоретического материала для выполнения индивидуального практического задания. Подготовка к практическому занятию. | А. В. Побелянский, А. А. Левихин. . Проектирование авиационных и ракетных двигателей с применением CAD/CAM/CAE-систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (2.1) | 10 |
| Подготовка отчетных материалов по результатам выполнения индивидуального задания: описание этапов проведения расчёта | К. Ли. . Основы САПР (CAD/CAM/CAE): СПб.: Питер, 2004 (2) М. А. Денисов. . Математическое моделирование теплофизических процессов. ANSYS и CAE-проектирование: Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2011 (1-5) | 18 |
| Подготовка отчетных материалов по результатам выполнения индивидуального задания: обработка результатов численного моделирования | | 20 |
| Итого по разделу 2 | | 48 |
| Раздел 3. Раздел 3. Аддитивные технологии. | | |
| Изучение основной и дополнительной литературы по теме раздела. | А. А. Ляпков, А. А. Троян. . Полимерные аддитивные технологии: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (1) А. В. Побелянский, А. А. Левихин. . Проектирование авиационных и ракетных двигателей с применением CAD/CAM/CAE-систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (4) | 8 |
| Подготовка индивидуального доклада | | 12 |
| Итого по разделу 3 | | 20 |
| Раздел 4. Раздел 4. CAM - системы. | | |
| Изучение основной и дополнительной литературы по теме раздела. | . Системы CAD/CAM в производстве: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (3) | 10 |
| Оптимизация ранее созданной модели под возможности 3D печати | А. В. Побелянский, А. А. Левихин. . Проектирование авиационных и ракетных двигателей с применением CAD/CAM/CAE-систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (2.2) | 13 |
| Подготовка отчетных материалов по результатам выполнения индивидуального задания | | 14 |
| Итого по разделу 4 | | 37 |

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- индивидуальное практическое задание;
- доклад;
- дифференцированный зачет;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Индивидуальное практическое задание

Студенту необходимо выполнить три индивидуальных практических задания.

1. Разработка 3D модели в CAD - системе, в соответствии с выданной ему индивидуальной темой. Критерием оценивания индивидуального задания является правильность выполнения задания, подготовка отчетных материалов в соответствии с требованиями ЕСКД и ГОСТ 7.32-2017.
2. Проведение численного моделирования в CAE - системе, в соответствии с выданной ему индивидуальной темой. Критерием оценивания индивидуального задания является правильность выполнения задания, подготовка отчетных материалов в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2017.
3. Подготовка управляющей программы в CAM - системе, в соответствии с выданной ему индивидуальной темой. Критерием оценивания индивидуального задания является правильность выполнения задания, подготовка отчетных материалов в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2017.

Используются следующие критерии оценивания:

- 15- отчетный материалы задания не содержат ошибок, студент уверенно отвечает на вопросы по выполненному заданию;
- 8- отчетный материалы задания содержат незначительные ошибки, не влияющие на качество достигнутого результата, студент уверенно отвечает на вопросы по выполненному заданию;
- 5- отчетный материалы задания содержат определенные ошибки, влияющие на качество достигнутого результата или студент не отвечает на вопросы по заданию.
- 0 - обучающийся не стал выполнять индивидуальное задание или отчетные материалы содержат грубые ошибки
- Примеры индивидуальных заданий представлены в УМК дисциплины.

Доклад

Доклад проходит в устной форме по индивидуальной теме. Студент готовит презентацию (раскрытие темы) и выступает с докладом перед аудиторией. Далее студенту задаются вопросы от преподавателя и слушателей по содержанию темы доклада. Студент должен дать правильные ответы на задаваемые вопросы. Перечень тем докладов расположен в УМК дисциплины.

По результатам доклада обучающемуся выставаются баллы:

- 15- тема доклада раскрыта полностью, подготовлены презентационные материалы, обучающийся уверенно владеет подготовленным материалом, уверенно и правильно отвечает на вопросы;
- 0 - обучающийся не подготовил доклад в соответствии с требованиями.

Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет выставляется по количеству баллов, заработанными обучающимся в течении семестра. Суммарный балл выставляется по результатам написания диагностических работ, индивидуальных заданий и доклада. За выполнение всех требований и своевременного успешного прохождения всех контрольных мероприятий обучающийся получает дополнительные 10 баллов.

Шкала перевода результатов обучающихся в оценки по дисциплине:

- менее 51 неудовлетворительно / не зачтено
- 51 – 74 удовлетворительно / зачтено-удовлетворительно
- 75 – 84 хорошо / зачтено-хорошо
- 85 и более отлично / зачтено-отлично

Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет выставляется по количеству баллов, заработанными обучающимся в течении семестра. Суммарный балл выставляется по результатам написания диагностических работ, индивидуальных заданий и доклада. За выполнение всех требований и своевременного успешного прохождения всех контрольных

мероприятий обучающийся получает дополнительные 10 баллов.

Шкала перевода результатов обучающихся в оценки по дисциплине:

менее 51 неудовлетворительно / не зачтено

51 – 74 удовлетворительно / зачтено-удовлетворительно

75 – 84 хорошо / зачтено-хорошо

85 и более отлично / зачтено-отлично

Паспорт фонда оценочных средств

| КУРС | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме | | | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % | | | НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА |
|---------------------|---------|---|-------|---------------------------------------|--------|----------------------|----------------------------------|----------------------------|------------|---------|-------------------------------------|
| | | | | ВСЕГО | Лекции | Практические занятия | | ПСК-5.13 | ПСК-5.4/24 | ПСК-5.8 | |
| 2 | 3 | Раздел 1. Раздел 1. Введение. Классификация и область применения CAD/CAE/CAM систем. Геометрическое моделирование объемных тел в CAD - системе. | 38 | 12 | 0 | 12 | 26 | 70 | 30 | 10 | Индивидуальное практическое задание |
| 2 | 3 | Раздел 2. Раздел 2. Решение задач инженерного анализа методом конечных элементов в CAE-системах. | 70 | 22 | 0 | 22 | 48 | 20 | 0 | 90 | Индивидуальное практическое задание |
| Всего за 3 семестр | | | 108 | 34 | 0 | 34 | 74 | 90 | 30 | 100 | |
| 2 | 4 | Раздел 3. Раздел 3. Аддитивные технологии. | 37 | 17 | 13 | 4 | 20 | 0 | 40 | 0 | Доклад |
| 2 | 4 | Раздел 4. Раздел 4. CAM - системы. | 71 | 34 | 4 | 30 | 37 | 10 | 30 | 0 | Индивидуальное практическое задание |
| Всего за 4 семестр | | | 108 | 51 | 17 | 34 | 57 | 10 | 70 | 0 | |
| Всего по дисциплине | | | 216 | 85 | 17 | 68 | 131 | 100 | 100 | 100 | |

ПСК-5.13 - Способен применять системы автоматизированного проектирования (CAD) при решении задач профессиональной деятельности

№ 1 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие размеры в соответствии с ЕСКД необходимо обязательно проставить на сборочном чертеже?

- 1) Габаритные
- 2) Присоединительные
- 3) Все размеры необходимые для изготовления сборки
- 4) Размеры предельных отклонений для каждой отдельной детали

№ 2 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Что подразумевается под топологической оптимизацией?

- 1) Процесс изменения конструкции, структуры детали и ее варьирующихся параметров при заданном критерии оптимальности с сохранением или улучшением ее функционала
- 2) Создание чертежей изделия на основе его функциональных требований
- 3) Анализ существующей конструкции с целью выявления слабых мест и возможных улучшений
- 4) Оптимизация технологического процесса производства изделий

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите программу с типом системы к которой она относится?

- | | |
|------------------|---|
| 1 КОМПАС 3D | А) CAD |
| 2 SolidWorks | Б) CAM |
| 3 Ultimaker Cura | В) CAE |
| 4 Prusa | Г) Универсальная программа имеющая модули CAD, CAM, и CAE |
| 5 Fluent | |

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Проведите соответствие документа и его назначения

- | | | |
|---|--------------------|--|
| 1 | Сборочный чертёж | А документ, содержащий изображение сборки и контроля |
| 2 | Габаритный чертёж | Б документ, содержащий упрощенное изображение изделий с габаритными установочными и присоединительными размерами |
| 3 | Чертёж общего вида | В документ, определяющий конструкцию изделия взаимодействия его составных частей и поясняющий принцип работы изделия |
| 4 | Спецификация | Г документ, определяющий |

состав сборочной
единицы комплекса
или комплекта
Документ,
содержащий
изображение детали
Д и другие данные,
необходимые для ее
изготовления и
контроля

- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность
Расположите в правильном порядке составляющие десятичного номера чертежа
- 1) Код организации разработчика
 - 2) Код классификационной характеристики
 - 3) Порядковый регистрационный номер
 - 4) Код документа
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность
Расставьте правильный порядок стадий разработки проекта
- 1) Техническое предложение
 - 2) Эскизный проект
 - 3) Технический проект
 - 4) Рабочая КД
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Каким инструментом САД-системы Компас-3D лучше произвести извлечение внутреннего объема камеры сгорания с целью последующего проведения численного моделирования?
- 1) Оболочка
 - 2) Булева операция
 - 3) Элемент по траектории
 - 4) Вырезать вращением
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
При создании эскизов в САД программе для последующего формирования 3D модели, какие размеры необходимо указывать и какие взаимосвязи между элементами?
- 1) Только внешние размеры, указание взаимосвязей необязательно
 - 2) Минимальное количество взаимосвязей между элементами, в указании размеров нет необходимости
 - 3) Нет необходимости проставлять ни взаимосвязи между элементами ни размеры
 - 4) Эскиз должен быть полностью определен (проставлены все необходимые размеры и взаимосвязи между элементами эскиза)
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
При проектировании изделий для последующего их изготовления при помощи аддитивных технологий с целью снижения количества поддерживающих структур, угол нависания поверхностей не должен превышать?
- 1) 15 градусов
 - 2) 30 градусов
 - 3) 45 градусов
 - 4) 60 градусов
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
При импорте из Cad системы в Sam систему, какие параметры необходимо настроить?

- 1) Максимальное линейное отклонение
 - 2) Максимальное угловое отклонение
 - 3) Шероховатость изделия
 - 4) Материал изделия
- № 11 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Для чего применяется реверс-инжиниринг?
- № 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
С какой целью применяется рендеринг в САД системах?
- ПСК-5.4/24 - Способен разрабатывать КД на детали, изготавливаемые по аддитивным технологиям, изготавливать их и оценивать показатели качества деталей, полученных по аддитивным технологиям**
- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Что подразумевается под таким типом аддитивного производства как экструзия материала?
- № 2 Прочитайте текст и установите соответствие
Соотнесите тип поверхности с её назначением
- | | |
|--|--|
| 1 функциональные (исполнительные) поверхности | А поверхности, при помощи которых деталь выполняет свое служебное назначение |
| 2 основные базы | Б поверхности, при помощи которых определяется положение данной детали в изделии |
| 3 вспомогательные базы | В поверхности, при помощи которых определяется положение присоединяемых деталей относительно данной |
| 4 свободные поверхности | Г поверхности, не соприкасающиеся с поверхностями других деталей, служащие для соединения основных, вспомогательных и функциональных Д поверхности, при помощи которых деталь закрепляется в станке |
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие
Соотнесите тип технологии аддитивного производства с описанием
- | | |
|---|---|
| 1 Струйное нанесение связующего | А Процесс АП, в котором порошковые материалы соединяются выборочным нанесением жидкого связующего |
| 2 Прямой подвод энергии и материала | Б Процесс АП, в котором энергия от внешнего источника используется для соединения материалов путем их сплавления в процессе нанесения |
| 3 Струйное нанесение материала | В Процесс АП, в котором изготовление объекта осуществляют нанесением капель строительного материала |
| 4 Синтез на подложке | Г Процесс АП, в котором энергия от внешнего источника используется для избирательного спекания/сплавления предварительно нанесенного слоя порошкового материала Д Процесс АП, в котором материал выборочно подается через сопло или жиклер |
- № 4 Прочитайте текст и установите последовательность
Укажите правильный порядок операций постобработки деталей/изделий сложной геометрии после селективного лазерного сплавления:
- 1) Очистка от порошка
 - 2) Термообработка
 - 3) Снятие детали с платформы построения
 - 4) Поверхностная обработка, снижение шероховатости
- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность
Расположите в правильном порядке этапы конструирования при использовании аддитивных технологий

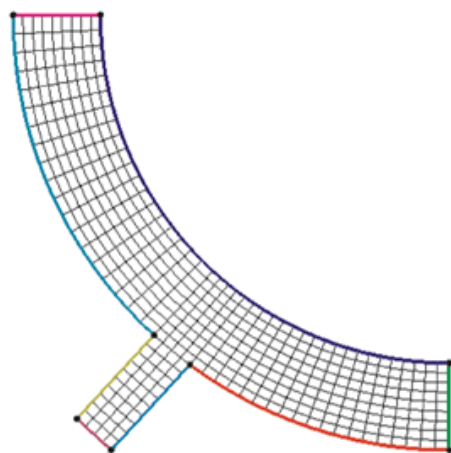
- 1) Выбор материала
 - 2) Выбор формы
 - 3) Определение размеров
 - 4) Проведение моделирования и расчетов
 - 5) Формализация результатов, нормоконтроль
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
При применении аддитивных технологий, что является итоговым результатом конструирования?
- 1) Электронная модель изделия
 - 2) Чертёж детали
 - 3) G-код
 - 4) Деталь
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какое из оборудования для 3D сканирования даёт наибольшую информацию сканируемом изделии?
- 1) Компьютерный томограф
 - 2) Лазерный сканер
 - 3) Оптический сканер
 - 4) Контактный сканер
- № 8 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Что такое рабочая камера в аддитивном производстве?
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
К преимуществам аддитивных технологий нельзя отнести?
- 1) Возможность кастомизации и персонализации изделий;
 - 2) Возможность снижения веса изделия;
 - 3) Возможность агрегации деталей в изделии;
 - 4) Возможность полного отказа от субтрактивных методов обработки.
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие из перечисленных технологий аддитивного производства относятся к группе Bed Deposition?
- 1) Селективное электронно-лучевое сплавление
 - 2) Фотополимеризация в ванне
 - 3) Прямой подвод энергии и материала
 - 4) Селективное лазерное спекание
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Ограничения аддитивных технологий обуславливаются следующими факторами?
- 1) Материалы и их свойства
 - 2) Характеристики технологического оборудования
 - 3) Необходимость постобработки
 - 4) Скорость изготовления
 - 5) Себестоимость изготовления единичных изделий
 - 6) Высокие ресурсозатраты
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Что такое реверс-инжиниринг?

- 1) Процесс создания твердотельной модели изделия по чертежам
- 2) Анализ существующего изделия с целью выявления его устройства и принципа работы
- 3) Восстановление или копирование изделия без доступа к исходным чертежам
- 4) Создание нового продукта по аналогичным

ПСК-5.8 - Способен применять системы автоматизации инженерных расчётов (CAE) при решении задач профессиональной деятельности

- № 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какую модель турбулентности целесообразно использовать для ускорения расчётов при решении задач внешнего обтекания?
- 1) Spalart Almaras
 - 2) Reynolds Stress
 - 3) k - омега
 - 4) k - эпсилон
- № 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какой тип инициализации расчета в программе Ansys Fluent более предпочтительно выбирать?
- 1) Гибридная
 - 2) Стандартная
 - 3) Неявная
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
С какой целью в алгоритме SIMPLE применяются подрелаксационные факторы?
- 1) Повышения стабильности решения
 - 2) Ускорения процесса решения
 - 3) Задания начальных условий
- № 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Что является сущностью численных методов моделирования?
- № 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
В численном моделировании процессов гидрогазодинамики, что подразумевает под собой граничное условие входа?
- № 6 Прочитайте текст и установите соответствие
Соотнесите изображение сетки с названием.

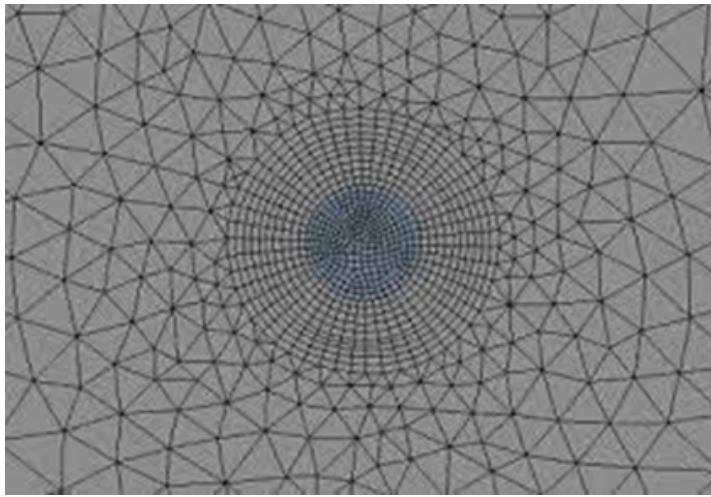
1



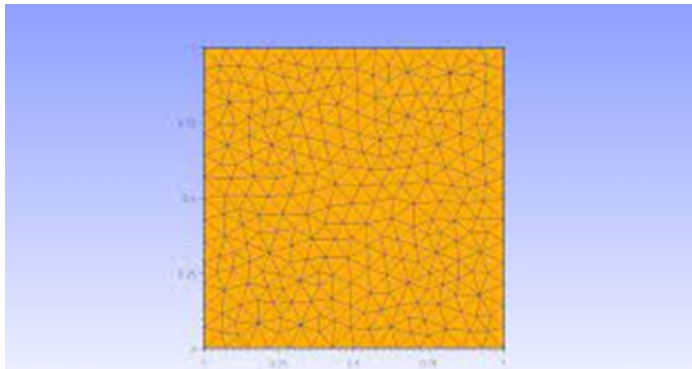
А структурированная

2

Б гибридная



3



В
неструктурированная

Г призматическая

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите распределение и функцию которой можно это распределение получить

- | | |
|------------------------------------|-------------------|
| 1 линии тока жидкости | А pathline |
| 2 изолинии температуры | Б contour |
| 3 направление векторов скорости | В vector |
| | Г particle tracks |

№ 8 Прочитайте текст и установите последовательность

Расставьте правильный порядок проведения CAE расчета

1 Создание CAD модели

2 Создание сетки

3 Расчет

4 Постобработка

№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

Порядок подготовки твердотельной модели к CAE-моделированию.

1 Упрощение геометрии модели: удаление фасок, скруглений, острых кромок

2 Создание заглушек на входных и выходных отверстиях

3 Извлечение внутреннего объема

4 Экспорт геометрии в формате, подходящем для CAE-системы

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

При работе в САЕ-системе, в какой зоне, при построении сетки, необходимо получить наиболее подробную сетку?

- 1) В зоне у стенок
- 2) В зоне свободного течения
- 3) У выходной границы расчетной области
- 4) У входной границы расчетной области
- 5) В зонах с большим градиентом изменения переменных

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие плюсы имеют Численные методы в сравнении с натурным экспериментом?

- 1 низкая стоимость
- 2 высокая скорость
- 3 полнота информации
- 4 отсутствие влияния человеческого фактора

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
В каком формате необходимо сохранить Cad модели детали или узла двигателя для экспорта в САЕ систему?

- 1 .m3d
- 2 .sdprt
- 3 .stp
- 4 .iges
- 5 .x_t