

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

Юнаков Л. П.
(подпись) ФИО
«___» _____ 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 авиационных 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: 2024

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ

Кишин 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-1.1 — способность разрабатывать конструкторскую документацию на детали и узлы двигателей и стендового оборудования
ПСК-1.10 — Владеет САЕ системой на уровне, необходимом для выполнения работ по профилю
ПСК-1.11 — Владеет САМ системой на уровне, необходимом для выполнения работ по профилю
ПСК-1.6 — способность разрабатывать КД на детали, изготавливаемые по аддитивным технологиям, изготавливать их и оценивать показатели качества деталей, полученных по аддитивным технологиям

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1.1

знания:

Знать 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 САД системы

Управление параметризацией объектов

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

навыки:

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

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

ПСК-1.10

знания:

Наложение нестационарных граничных условий;

умения:

Умеет транслировать данные между САД и САЕ 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).

ПСК-1.11

знания:

Порядок преобразования файлов, сгенерированных в САД системе в файлы, применяемые системой управления машинного аддитивного производства;

умения:

Преобразовывает файлы, сгенерированные в САД системе в файлы, применяемые системой управления машинного аддитивного производства;

навыки:

проводит анализ технологии изготовления спроектированного изделия в САМ-системе

Формирует управляющие программы для изготовления спроектированного изделия в САМ-системе.

ПСК-1.6

знания:

Виды аддитивных технологий, технологические возможности и ограничения аддитивного формообразования

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

Этапы проектирования изделий, изготавливаемых аддитивными технологиями

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

Немеханические виды обработки изделий

Виды и возможности средств контроля процессов аддитивного производства

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

Последовательность действий при оценке качества несложных деталей аддитивного производства

Методы разрушающего контроля

Методы неразрушающего контроля

Методы контроля геометрии синтезируемых ДСЕ;

умения:

Подготавливает САД-модель для аддитивного производства ДСЕ

Осуществляет конструктивную и технологическую проработку несложного изделия, анализирует влияние внутренних напряжений, возникающих в процессе синтеза, на возникновение поволок/корабления 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

Выполняет анализ и отбор ДСЕ (скрининг), изготовление которых АП может быть технологически и экономически целесообразно

Назначает материал и оптимальную технологию формообразования ДСЕ с учетом имеющегося парка АП оборудования;

навыки:

Способен разрабатывать конструкторскую документацию на детали, изготавливаемые по аддитивным технологиям

Создает чертежи ДСЕ, изготавливаемых АТ с использованием САД-систем

Анализирует результаты изготовления изделия аддитивного производства.

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, МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ЛОПАТОЧНЫХ МАШИНАХ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ВРД, МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИКИ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ УЗЛОВ В ВРД.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-3 — Способен разрабатывать нормативно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью
- ПСК-1.1 — Способен разрабатывать конструкторскую документацию на детали и узлы двигателей и стендового оборудования

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-1.1	ПСК-1.10	ПСК-1.11	ПСК-1.6
2	3	Раздел 1. Раздел 1. Введение. Классификация и область применения CAD/CAE/CAM систем. Геометрическое моделирование объемных тел в CAD - системе. ведение. Классификация и область применения CAD/CAE/CAM систем. Геометрическое моделирование объемных тел в CAD - системе.	38	12	0	12	26	70	15	20	20
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	10	85	0	0
Всего за 3 семестр			108	34	0	34	74	80	100	20	20
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	10	0	40	40
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	0	40	40
Всего за 4 семестр			108	51	17	34	57	20	0	80	80
Всего по дисциплине			216	85	17	68	131	100	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 раннее 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				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.rffi.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-1.1 способность разрабатывать конструкторскую документацию на детали и узлы двигателей и стендового оборудования;

ПСК-1.10 Владеет CAE системой на уровне, необходимом для выполнения работ по профилю;

ПСК-1.11 Владеет САМ системой на уровне, необходимом для выполнения работ по профилю;

ПСК-1.6 способность разрабатывать КД на детали, изготавливаемые по аддитивным технологиям, изготавливать их и оценивать показатели качества деталей, полученных по аддитивным технологиям.

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.	К. Ли. . Основы САПР (CAD/CAM/CAE): СПб.: Питер, 2004 (2) 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	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. САМ - 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 выставляются 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-1.1	ПСК-1.10	ПСК-1.11	ПСК-1.6	
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	15	20	20	Индивидуальное практическое задание
2	3	Раздел 2. Раздел 2. Решение задач инженерного анализа методом конечных элементов в CAE-системах.	70	22	0	22	48	10	85	0	0	Индивидуальное практическое задание
Всего за 3 семестр			108	34	0	34	74	80	100	20	20	
2	4	Раздел 3. Раздел 3. Аддитивные технологии.	37	17	13	4	20	10	0	40	40	Доклад
2	4	Раздел 4. Раздел 4. CAM - системы.	71	34	4	30	37	10	0	40	40	Индивидуальное практическое задание
Всего за 4 семестр			108	51	17	34	57	20	0	80	80	
Всего по дисциплине			216	85	17	68	131	100	100	100	100	

Критерии оценивания

ПСК-1.1

Вопросы открытого типа:

- № 1 Документ, содержащий изображение детали и другие данные необходимые для её изготовления и контроля называется ...
- № 2 Ставится ли код документа в спецификации, и если да то какой?
- № 3 Документ, определяющий геометрическую форму (контур) изделия и координаты расположения составных частей это
- № 4 Требуется произвести трансляцию детали из CAD в CAE систему, какие действия необходимо совершить пользователю. Выберите правильный ответ и запишите обоснование вашего выбора.
- сохранить CAD деталь в формате IGES
 - сохранить CAD деталь в формате STEP.
 - сохранить CAD деталь в формате m3d
- № 5 Приведите отличия рабочего чертежа от сборочного?
- № 6 На сборочном чертеже указана запись "Сверлить и нарезать резьбу под установочный винт поз.10 совместно в деталях поз.6 и поз.8". Как называется такой тип информации на чертеже? Где такую информацию указывают на чертеже?
- № 7 Перечислите разделы спецификации в порядке следования сверху-вниз.
- № 8 Требуется произвести трансляцию детали из CAD в САМ систему, какие действия необходимо совершить пользователю. Выберите правильный ответ и запишите обоснование вашего выбора.
- сохранить CAD деталь в формате stl.
 - сохранить CAD деталь в формате m3d
 - сохранить CAD деталь в формате sdprt.
- № 9 На каком виде конструкторских документов указываются габаритные, монтажные, установочные, присоединительные, посадочные, эксплуатационные размеры?
- № 10 Необходимо подготовить cad модель камеры сгорания для проведения последующего моделирования газодинамических процессов. Перечислите последовательность подготовки модели.
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 В каком формате необходимо сохранить Cad модели детали или узла двигателя для экспорта в САМ систему
- STL
 - dwg
 - m3d
 - step
- № 2 Важными параметрами при импорте CAD модели детали или узла двигателя в САМ систему являются:
- настройки сохранения stl : ____1____ линейное отклонение, ____2____угловое отклонение
- Выберите правильный ответ.
- 1-А минимальное 2-А минимальное
- 1-Б максимальное 2-Б максимальное
- № 3 CAD - система это
- комплекс программ, предназначенных для геометрического моделирования и машинной графики
 - система автоматизированного проектирования
 - комплекс программ, предназначенных для подготовки управляющих программ
- № 4 Применение обратного инжиниринга

- воссоздания утраченных или изношенных деталей, при исключении возможности закупки запчастей, при необходимости срочного ремонта
 - воссоздание изделия, снятого с производства
- № 5 Реверс-инжиниринг это:
- все вышеперечисленное
 - комплекс технологий, аппаратных и программных средств, предназначенных для воспроизведения объекта с целью его копирования или внесения изменений
 - критерий максимальных нормальных напряжений используется так же как и критерий Мора-Кулона для хрупких материалов
 - процесс аддитивного производства, в котором поверхность предварительно нанесенного слоя порошкового материала выборочно, полностью или частично расплавляется тепловой энергией
- № 6 CAD/CAE/CAM системы низкого уровня
- Не содержат модулей управления данными проекта и функционального анализа проекта
 - Содержат модулей управления данными проекта и функционального анализа проекта
 - Содержат только модуль управления данными проекта
 - Содержат только модуль функционального анализа проекта
- № 7 Поверхностная модель при CAD моделировании
- определяется с помощью точек, линий и поверхностей
 - определяется с помощью координат, нанесённых поочерёдно
 - определяется с помощью размеров, нанесённых поочерёдно
- № 8 Проведите соответствие системы и назначения
- | | |
|---------|--|
| А CAD 1 | Система двумерного и трехмерного моделирования |
| Б CAE 2 | Система для инженерных расчётов |
| 3 | Система для подготовки управляющих программ для станков с числовым программным управлением |
- № 9 Проведите соответствие документа и его назначения
- | | |
|----------------------|--|
| А Сборочный чертёж | 1 документ, содержащий изображение сборочной единицы, необходимый для её сборки и контроля |
| Б Габаритный чертёж | 2 документ, содержащий упрощенное изображение изделий с габаритными установочными и присоединительными размерами |
| В Чертёж общего вида | 3 документ, определяющий конструкцию изделия взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия |
| Г Спецификация | 4 документ, определяющий состав сборочной единицы комплекса или комплекта |
- № 10 При изготовлении отчетной конструкторской документации элемента аддитивными технологиями помимо чертежа детали необходима электронная модель детали в формате
- stl
 - step
 - iges
 - .m3d
 - .sdprt

ПСК-1.10

Вопросы открытого типа:

№ 1 В CAE системе Ansys Fluent во вкладке Cell zone condition задаются _____

- № 2 В САЕ системе Ansys Fluent во вкладке Material задаются_____
- № 3 При каком типе инициализации значения в расчетной области назначаются пользователем или берутся, исходя из значений на какой-либо границе?
- № 4 При каком типе инициализации значения в расчетной области задаются исходя из упрощённого решения поставленной задачи, полученного из N-ого количества итераций?
- № 5 Перечислите преимущество применения гибридных сеток.
- № 6 Сущностью _____ методов является замена непрерывной информации содержащейся в точном решении дифференциального уравнения дискретными значениями.
- № 7 В САЕ системе Ansys Fluent во вкладке Boundary condition задаются_____
- № 8 При проведении САЕ моделирования важную роль в отображении результатов занимает сеточное построение. Применение структурированных сеток приводит к ____1____ скорости расчёта, ____2____ трудозатрат.
- № 9 Какими графическими способами можно предоставить результаты численного моделирования процессов горения в камере сгорания?
- № 10 При решении задач гидрогазодинамики для получения достоверных результатов необходимым условием является обеспечение наиболее подробной сетки. Перечислите две наиболее важные зоны, в которых сетка должна иметь минимальный размер. Аргументируйте ваш выбор.

- зона стенки (пристеночная зона)

- зона свободного течения

-зона с наибольшим градиентом изменения зависимых переменных

- № 11 Какая из RANS моделей турбулентности является оптимальной, с точки зрения, времязатрат и точности моделирования турбулентных течений в пристеночных слоях? Аргументируйте ваш выбор/

1) k-w

2) k-e

3) spalart allmaras

Вопросы закрытого типа:

- № 1 В каком формате необходимо сохранить Cad модели детали или узла двигателя для экспорта в Ansys Fluent

А .m3d

Б .sdprt

В .stp

Г .iges

Д .x_t

- № 2 С помощью какой операции в программе КОМПАС 3D можно извлечь внутренний объем детали для последующего экспорта в САЕ-систему.

- Оболочка

- Булева операция

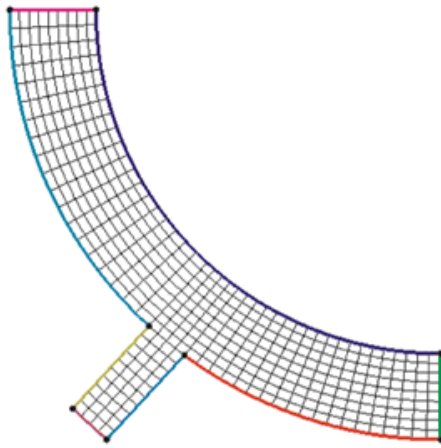
- Элемент по траектории

- Вырезать вращением

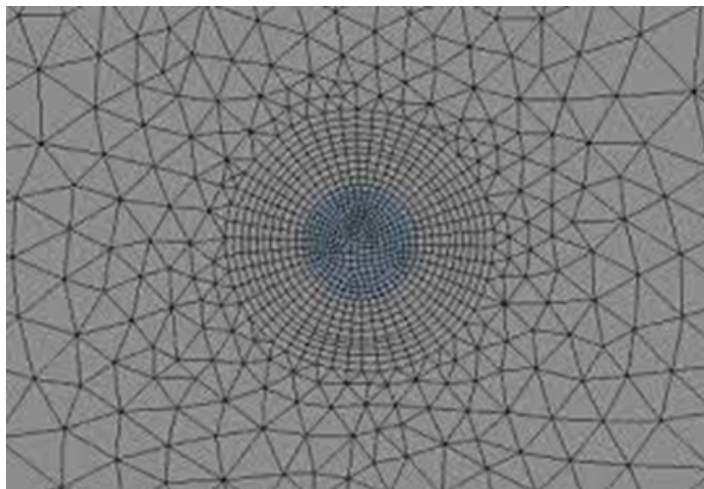
- № 3 При проведении САЕ моделирования важную роль в расчете занимает сеточное построение. Соотнесите изображение сетки с названием.

А

1 структурированная

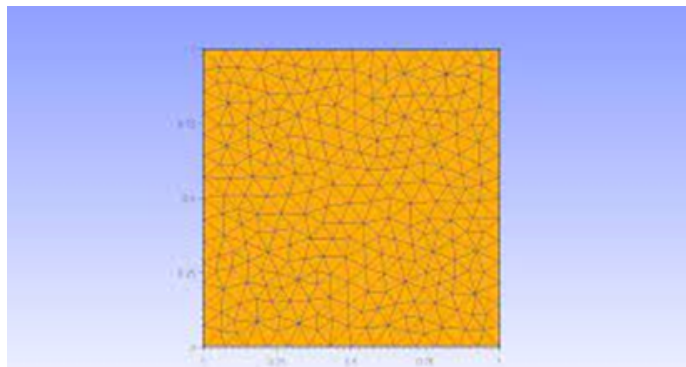


Б



2 гибридная

В



3
неструктурированная

№ 4 Расставьте правильный порядок проведения САЕ расчета

А Создание CAD модели

Б Создание сетки

В Расчет

Г Постобработка

№ 5 В САЕ-системах какие методы численного решения дифференциальных уравнений применяются?

- Метод конечных разностей

- Метод конечных объемов

- Метод конечных элементов

- Все перечисленные

№ 6 Сущностью численных методов является замена непрерывной информации содержащейся в точном решении

дифференциального уравнения дискретными значениями.

Верно / неверно

№ 7 Расставьте правильный порядок создания структурированной сетки в программе ICEM CFD

А Создание или импорт геометрической модели и наименование всех границ.

Б Создание и разбиение расчетной области на блоки

В Ассоциация узлов и линий блоков к реальной геометрии

Г Задание количества элементов и законов сгущения на

№ 8 В программе Ansys Fluent, с помощью функции Contours можно _____

- Отобразить распределение значений какой либо переменной по поверхности или сечению

- Отобразить линии тока

- Отобразить векторное изображение направления потока

№ 9 В САЕ-системе Ansys Meshing функция Inflation отвечает за _____

-создание приграничных слоёв сетки

-задание размеров ячейки сетки для всей расчётной области

-выбор типа сетки

№ 10 При работе в САЕ-системе для сокращения времени расчёта, при построении сетки в зоне свободного течения и в зонах где не ожидаются большие градиенты изменения переменных ячейки сетки должны быть _____ чем в пристеночной зоне

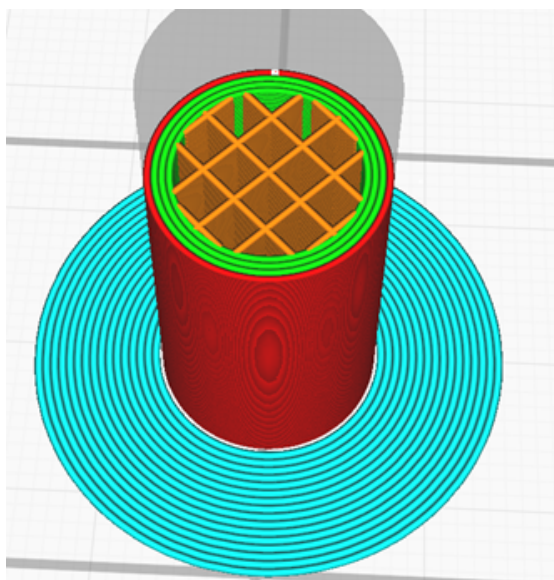
Больше

Меньше

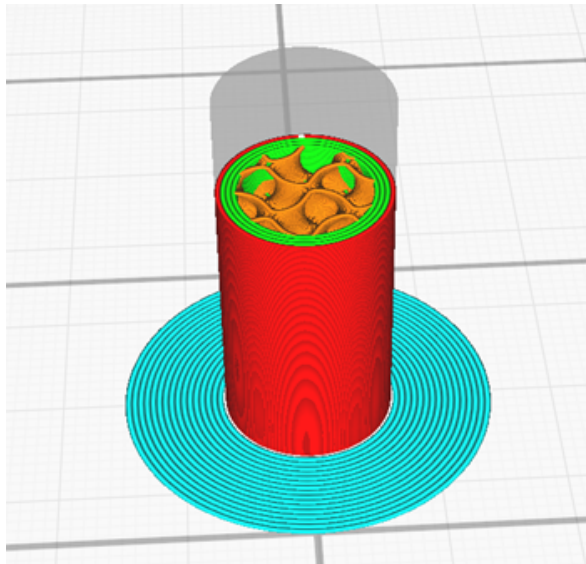
ПСК-1.11

Вопросы открытого типа:

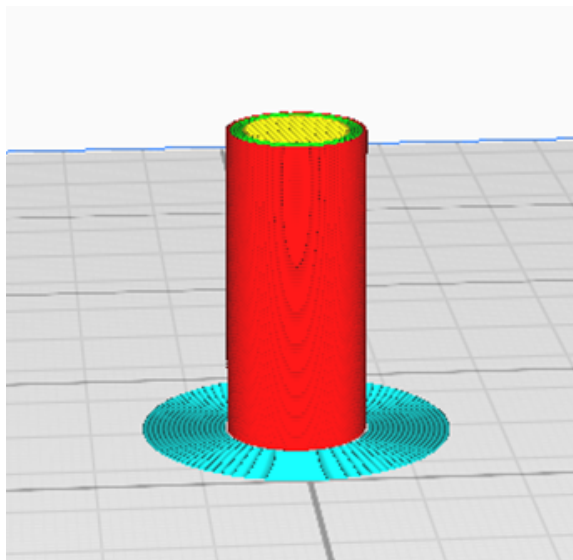
- № 1 Замкнутый объем внутри системы аддитивного производства, в котором происходит изготовление деталей, называется ...
- № 2 Единичный цикл процесса, в котором один или более компонентов изготавливаются в рабочей камере системы аддитивного производства, называется
- № 3 Как улучшить адгезию изготавливаемого на 3д принтере изделия к платформе построения?
- № 4 Увеличение плотности заполнения поддержек _____ точность изготовления детали
- № 5 Какой тип внутреннего заполнения изображен на рисунке?



- № 6 Какой тип внутреннего заполнения изображен на рисунке?



№ 7 Какой тип прилипания к печатной платформе изображен на рисунке?



№ 8 Какие виды поддерживающих структур указать в САМ программе при изготовлении лопаточной машины, для последующей печати из ABS пластика, чтобы упростить удаление поддержек без потери качества?

-древовидные

-нормальные

№ 9 Выберите настройки слайсера которые позволяют облегчить удаление поддерживающих структур. Аргументируйте свой выбор.

- Увеличение плотности поддержек

- Уменьшение плотности поддержек

- Увеличение зазора между поддерживающими структурами и основным телом

- Уменьшение зазора между поддерживающими структурами и основным телом

№ 10 Как располагают лопаточное колесо на платформе построения?

- под углом к платформе построения

- перпендикулярно оси вращения

- перпендикулярно оси вращения

Вопросы закрытого типа:

№ 1 Какая из настроек скорости печати в САМ системе оказывает влияние на качество итоговой поверхности

- скорость выполнения периметров

- скорость выполнения заполнения
- № 2 - скорость перемещений
Какие существуют типы внутреннего заполнения детали в САМ системе CURA?
 - зигзаг
 - сетка
 - восьмигранник
- № 3 - столбы
На что влияет настройка такая в САМ системе, как плотность заполнения
 - прочность итогового изделия
 - время печати
 - качество боковой поверхности
- № 4 - адгезия к платформе
Возможность на этапе проектирования оценить изготавливаемость детали - преимущество _____-систем
 - CAD
 - CAM
 - CAE
- № 5 Соотнесите программу с типом системы к которой она относится?

А КОМПАС 3D	1) CAD
Б SolidWorks	2) CAM
В Ultimaker Cura	3) CAE
Г Prusa	4) Универсальная программа имеющая модули CAD, CAM, и CAE
Е Fluent	
- № 6 Какой процесс предшествует изготовлению детали методом аддитивного производства?
 - А Литье под давлением
 - Б Создание 3D-модели в CAD программе
 - В Штамповка
 - Г Экструзия
- № 7 Какой материал из нижеперечисленных обладает наименьшей усадкой
 - PLA
 - ABS
 - Nylon
- № 8 Чем удаляются поддержки из материала HIPS
 - D-лимонен
 - вода
 - ацетон
- № 9 Как при печати полимерным материалом на FFF принтере исправить дефект печати связанный с неравенством фактического диаметра нити требуемому.
 - изменением скорости печати
 - изменением толщины слоя
 - изменением потока

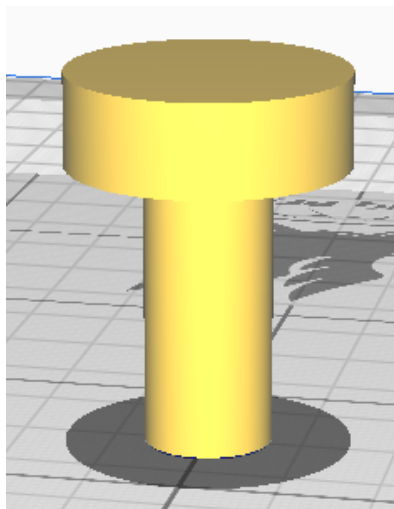
- комплекс программ, предназначенных для подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ
- комплекс программ, предназначенных для геометрического моделирования и машинной графики
- комплекс программ, предназначенных для решения различных инженерных задач
- система автоматизированного проектирования

ПСК-1.6

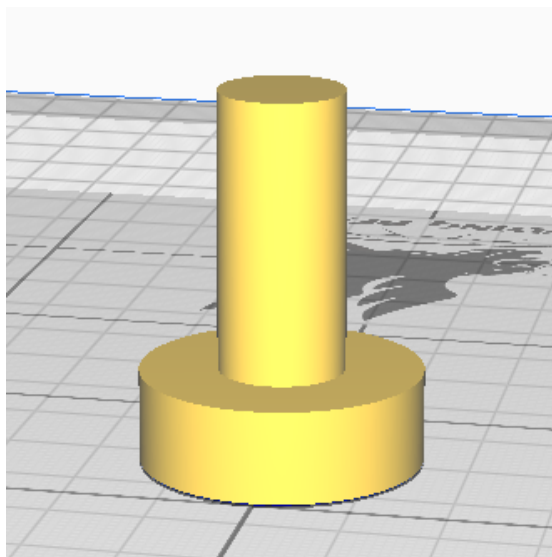
Вопросы открытого типа:

- № 1 Что содержит G-код?
- № 2 При проектировании изделий для последующего их изготовления при помощи аддитивных технологий в САД модели САМ системой будет предложено построение поддерживающих структур при угле нависания более _____ градусов
- № 3 Системой для 3D-печати, которая создаёт нарезку поверхностного массива и переводит полученную информацию в G-код, называется _____
- № 4 Какими способами можно повысить скорость 3D печати на FFF принтере?
- № 5 Управляющей программой для фрезерного, токарного станков, 3D принтера является ?
- № 6 Как и на что повлияет увеличение значения настройки «скорость передвижения печатающей головки» при 3D-печати?
- № 7 Процесс изготовления деталей, который основан на создании физического объекта по электронной геометрической модели путем добавления материала, как правило, слой за слоем, называется
- № 8 Как необходимо расположить деталь на платформе построения? Запишите правильный ответ и аргументируйте его.

1)



2)



- № 9 Как добиться высокого качества изделий с минимальной последующей постобработкой? Предоставьте несколько вариантов ответов.
- № 10 Какие изменения в геометрии необходимо произвести, чтобы иметь возможность напечатать отверстия, ось которых параллельна или находится под углом к платформе построения? Обоснуйте ваш выбор
- увеличить размеры отверстия
 - уменьшить размеры отверстия
 - заменить круглые отверстия на квадратные
 - заменить круглые отверстия на каплевидные
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Выберите плюсы применения Аддитивных технологий
- Возможность изготовления изделий сложной формы
 - Экономия материала
 - Анизотропия свойств изделий полученных таким методом изготовления
 - Высокая скорость изготовления
- № 2 Последовательность этапов работ с САМ системой при производстве деталей на 3D принтере
- А Импорт и подготовка 3D модели в САМ программе
- Б Настройка параметров печати: толщина слоя, скорость печати, температура экструдера
- В Оптимизация заполнения модели и размещение поддержек
- Г Проверка и визуализация модели перед печатью
- Д Генерация программы управления движением печатной головки
- Е Передача программы на 3D принтер и запуск печати
- № 3 Какие ограничения могут быть связаны с использованием САМ-системы при 3D печати?
- технические возможности принтера
 - свойства материалов
 - сложность формы модели
- № 4 Выберите из предложенных вариантов, какие программы относятся к САМ системам для 3D принтеров?
- Cura
 - Prusa
 - Polygon
 - Компас 3D
- № 5 Какие параметры можно настроить с помощью САМ системы для достижения оптимальных результатов качества и скорости печати?
- толщина слоя
 - скорость печати
 - температура экструдера
 - температура стола
 - заполнение модели
 - поддержки
 - всё вышеперечисленное

- № 6 Какой наиболее распространенный метод удаления поддержек может быть указан в технологических требованиях конструкторской документации на детали из АТ?
- механический способ
 - химический метод
 - термический метод
- № 7 Какие технологические требования могут быть указаны в КД детали из АТ для достижения требуемой шероховатости поверхности или формы изделия?
- термообработка
 - шлифовка
 - полировка
 - фрезерование
 - химическая обработка
- № 8 Ограничения в отношении размеров, геометрии, материалов, точности изготовления относятся к выбору _____
- технологии аддитивного производства
 - программного пакета для конструирования детали для аддитивного производства
- № 9 Перечислите материалы, применяемые в аддитивном производстве?
- полимеры
 - металлы
 - керамика
 - композиты
- № 10 Какие параметры из нижеприведённых, необходимо указывать в конструкторской документации для аддитивного производства?
- размеры
 - ориентация
 - шероховатость поверхности
 - технология производства