

Подписано электронной подписью:
Вержицкий Данил Григорьевич
Должность: Директор КГПИ КемГУ
Дата и время: 2025-04-23 00:00:00
471086fad29a3b30e244c728abc3661ab35c9d50210dcf0e75e03a5b6fdf6436

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КЕМЕРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кузбасский гуманитарно-педагогический институт

Факультет информатики, математики и экономики

УТВЕРЖДАЮ
Декан
Фомина А.В.
«16» января 2025 г.

Рабочая программа дисциплины
К.М.07.01.05 Программное обеспечение в аддитивном производстве

Направление подготовки
44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)

Направленность (профиль)
Аддитивные технологии

Программа бакалавриата

Квалификация выпускника
бакалавр

Форма обучения
заочная

Год набора 2025

Новокузнецк 2025

Оглавление

1 Цель дисциплины.	3
2 Объём и трудоёмкость дисциплины по видам учебных занятий. Формы промежуточной аттестации.	4
3. Учебно-тематический план и содержание дисциплины.	4
3.1 Учебно-тематический план.	4
4 Порядок оценивания успеваемости и сформированности компетенций обучающегося в текущей и промежуточной аттестации.	5
5 Материально-техническое, программное и учебно-методическое обеспечение дисциплины.	6
5.1 Учебная литература.	6
5.2 Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины.	7
5.3 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.	8
6 Иные сведения и (или) материалы.	8
6.1. Примерные темы письменных учебных работ.	8
6.2. Примерные вопросы и задания / задачи для промежуточной аттестации.	8

1 Цель дисциплины.

В результате освоения дисциплины у обучающегося должны быть сформированы компетенции основной профессиональной образовательной программы бакалавриата (далее - ОПОП):

ПК – 1

Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, знания, умения, навыки

Таблица 1 – Индикаторы достижения компетенций, формируемые дисциплиной

Код и название компетенции	Индикаторы достижения компетенции по ОПОП	Знания, умения, навыки (ЗУВ), формируемые дисциплиной
ПК – 1 Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области по профилю "Аддитивные технологии" при решении профессиональных задач	ПК 1.1 Демонстрирует владение методами работы над объектами визуальной информации, владение композиционными приемами и стилистическими особенностями проектируемого объекта визуальной информации ПК 1.2 Демонстрирует методы использования программных и аппаратных средств для создания 3D-моделей	1. Знания (теоретическая основа): - Основные принципы работы ПО для аддитивного производства (3D-моделирования, слайсинга, управления 3D-принтерами). - Виды и характеристики специализированного ПО (CAD/CAM, слайсеры, симуляторы процессов печати). - Методы подготовки 3D-моделей к печати (оптимизация геометрии, поддержки, ориентация в рабочей камере). - Алгоритмы генерации G-кода и их влияние на качество изделия. - Особенности ПО для различных технологий аддитивного производства (FDM, SLA, SLS, SLM и др.). - Основы постобработки цифровых моделей и анализ ошибок печати. 2. Умения (практическое применение знаний): - Выбирать оптимальное ПО для конкретной задачи аддитивного производства. - Создавать и редактировать 3D-модели в CAD-системах с учетом требований аддитивных технологий. - Настраивать параметры слайсеров (толщина слоя, заполнение, скорости, температурные режимы). - Анализировать и корректировать G-код для минимизации дефектов печати. - Проводить виртуальную симуляцию процесса печати для выявления потенциальных ошибок. - Интегрировать ПО аддитивного производства в технологическую цепочку (от проектирования до постобработки). 3. Навыки (автоматизированные действия): - Работа с профессиональными CAD-системами (Компас 3D,

Код и название компетенции	Индикаторы достижения компетенции по ОПОП	Знания, умения, навыки (ЗУВ), формируемые дисциплиной
		FreeCAD и др.). - Владение слайсерами (Ultimaker Cura, PrusaSlicer, Simplify3D, Materialise Magics). - Настройка и калибровка ПО под конкретное оборудование (3D-принтеры, промышленные установки). - Оптимизация моделей для снижения материалоемкости и времени печати. - Автоматизация процессов подготовки файлов (скрипты, пакетная обработка). - Диагностика и устранение ошибок, связанных с программным обеспечением.

2 Объем и трудоёмкость дисциплины по видам учебных занятий. Формы промежуточной аттестации.

Таблица 2 – Объем и трудоёмкость дисциплины по видам учебных занятий

Общая трудоёмкость и виды учебной работы по дисциплине, проводимые в разных формах	Объём часов по формам обучения		
	ОФО	ОЗФО	ЗФО ¹
1 Общая трудоёмкость дисциплины			252
2 Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)			10
Аудиторная работа (всего):			10
в том числе:			
лекции			
практические занятия, семинары			
практикумы			
лабораторные работы			10
Внеаудиторная работа (всего):			
в том числе, индивидуальная работа обучающихся с преподавателем			
подготовка курсовой работы (проекта) /контактная работа ²			
групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем)			
творческая работа (эссе)			
3 Самостоятельная работа обучающихся (всего)			229
4 Промежуточная аттестация обучающегося - и объём часов, выделенный на промежуточную аттестацию:			1 ЗаО 3 з.е. 2 Экз 4 з.е.

3. Учебно-тематический план и содержание дисциплины.

3.1 Учебно-тематический план

Таблица 3 - Учебно-тематический план заочной формы обучения

¹ Оставить формы, в которых реализуется ОПОП

² Часы, выделенные в УП на курсовое проектирование в контактной форме (3 часа)

№ недели п/п	Разделы и темы дисциплины по занятиям	Общая трудоёмкость (всего час.)	Трудоёмкость занятий (час.)									Формы текущ. контроля и промежуточной аттестации
			ОФО			ОЗФО			ЗФО			
			Аудиторн. занятия		СРС	Аудиторн. занятия		СРС	Аудиторн. занятия		СРС	
			лекц.	практ		лекц.	практ		лекц.	практ		
Семестр 1												
1.	1. Введение в ПО для АП											
1	1.1 Классификация ПО: CAD, слайсеры, симуляторы, управляющие системы.									1	25	
2	1.2 Взаимосвязь ПО с технологиями АП (FDM, SLA, SLS, DED)									1	25	
2.	2. CAD-моделирование для 3D-печати											
3	2.1 Обзор CAD-систем: Fusion 360, SolidWorks, FreeCAD.									1	25	
4	2.2 Особенности проектирования под АП (минимизация поддержек, оптимизация геометрии).									1	25	
5	Промежуточная аттестация - зачет с оценкой											Зачет с оценкой 4
ИТОГО по семестру 1		108								4	100	4
Семестр 2												
1.	1. Слайсинг и подготовка к печати											
1	1.1 Настройка параметров в Cura, PrusaSlicer, Chitubox.									1	20	
2	1.2 Генерация G-кода, поддержки, заполнение.									1	220	
2.	2. Специализированное ПО											
3	2.1 Топологическая оптимизация (nTopology, ANSYS).									1	20	
4	2.2 Ремонт моделей (Netfabb, Meshmixer).									1	23	
3.	3. Промышленные решения и тренды											
5	3.1 Интеграция ПО в цифровое производство (IoT, Industry 4.0)									1	23	
6	3.2 Кейсы использования в промышленных отраслях.									1	23	
7	Промежуточная аттестация - экзамен											Экзамен 9
ИТОГО по семестру 2		144								6	129	9
	Всего по учебному плану:	252								10	229	13

4 Порядок оценивания успеваемости и сформированности компетенций обучающегося в текущей и промежуточной аттестации.

Для положительной оценки по результатам освоения дисциплины обучающемуся необходимо выполнить все установленные виды учебной работы. Оценка результатов работы обучающегося в баллах (по видам) приведена в таблице 4.

Таблица 4 - Балльно-рейтинговая оценка результатов учебной работы обучающихся по видам (БРС)

Учебная работа (виды)	Сумма баллов	Виды и результаты учебной работы	Оценка в аттестации	Баллы за освоение дисциплины (мин.-макс.)
-----------------------	--------------	----------------------------------	---------------------	---

Текущая учебная работа в семестре (Посещение занятий по расписанию и выполнение заданий)	80	Лабораторные работы (отчет о выполнении лабораторной работы) (5 занятий).	10 баллов - посещение 1 пр. занятия и выполнение задания на 51-65% 20 баллов – посещение 1 пр. занятия и выполнение задания на 85-100%, самостоятельность и существенный вклад на занятии в работу группы, др.	0-40
		Самостоятельная работа	20 б - выполнение задания на 51-65% 40 б - выполнение задания на 85-100%	0-40
Итого по текущей работе в семестре				0-80
Промежуточная аттестация (зачет)	20	Теоретический вопрос	5 баллов (пороговое значение) 10 баллов (максимальное значение)	5 - 10
		Выполнение задания	5 баллов (пороговое значение) 10 баллов (максимальное значение)	5 - 10
Итого по промежуточной аттестации (зачету) по приведенной шкале (20б.)				0 – 20 б. (51 – 100%)
Суммарная оценка по дисциплине/ Сумма баллов текущей и промежуточной аттестации				51 – 100 б.

Учебная работа (виды)	Сумма баллов	Виды и результаты учебной работы	Оценка в аттестации	Баллы за освоение дисциплины (мин.-макс.)
Текущая учебная работа в семестре (Посещение занятий по расписанию и выполнение заданий)	60	Лабораторные работы (отчет о выполнении лабораторной работы) (5 занятий).	5 баллов - посещение 1 пр. занятия и выполнение задания на 51-65% 10 баллов – посещение 1 пр. занятия и выполнение задания на 85-100%, самостоятельность и существенный вклад на занятии в работу группы, др.	0-30
		Самостоятельная работа	15 б - выполнение задания на 51-65% 30 б - выполнение задания на 85-100%	0-30
Итого по текущей работе в семестре				0-60
Промежуточная аттестация (экзамен)	40	Теоретический вопрос	5 баллов (пороговое значение) 10 баллов (максимальное значение)	5 - 10
		Теоретический вопрос	5 баллов (пороговое значение) 10 баллов (максимальное значение)	5 - 10
		Выполнение задания	10 баллов (пороговое значение) 20 баллов (максимальное значение)	10 - 20
Итого по промежуточной аттестации (экзамену) по приведенной шкале (40б.)				0 – 40 б. (51 – 100%)
Суммарная оценка по дисциплине/ Сумма баллов текущей и промежуточной аттестации				51 – 100 б.

Обучающемуся по ЗФО задание на самостоятельную работу и контрольную работу выдается на установочной сессии.

5 Материально-техническое, программное и учебно-методическое обеспечение дисциплины.

5.1 Учебная литература

Основная учебная литература

1. Горбунов, Н. А. Аддитивные технологии и 3D-моделирование. Система автоматизированного проектирования. Лабораторные работы : учебно-методическое пособие / Н. А. Горбунов, Р. М. Чудинский. — Воронеж : ВГПУ, 2024. — 120 с. — ISBN 978-5-907621-97-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/454220> (дата обращения: 07.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Основы автоматизированного проектирования : учебник / под ред. А.П. Карпенко. — Москва : ИНФРА-М, 2025. — 329 с., [16] с. : цв. ил. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-014441-2. - Текст : электронный. -

URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2174910> (дата обращения: 07.04.2025). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная учебная литература

1. Алдохина Н. П. Компьютерная графика. Моделирование сборки. Сборочный чертеж (программа КОМПАС-3Dv20) : учебно-методическое пособие для обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 «агроинженерия», направленность (профиль) «технические системы в агробизнесе» / Алдохина Н. П., Вихрова Т. В. - Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2024. - 51 с.
2. Суворов, А. П. Создание трехмерных моделей для аддитивного производства на основе полигонального моделирования. Лабораторный практикум / А. П. Суворов. — 2-е изд., стер. (полноцветная печать). — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 64 с. — ISBN 978-5-507-45754-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/282557> (дата обращения: 07.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Суворов, А. П. Применение САПР Autodesk Fusion 360 в промышленном дизайне. Лабораторный практикум / А. П. Суворов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 116 с. — ISBN 978-5-507-47313-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/359852> (дата обращения: 07.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Читайло, К.С. Трехмерное моделирование в программной среде Blender : учебное пособие / К.С. Читайло ; Министерство науки и высшего образование РФ ; Кузбасский гуманитарно-педагогический институт ФГБОУ ВО Кемеровского государственного университета . - Новокузнецк : КГПИ КемГУ, 2024. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Издается по решению методического совета Кузбасского гуманитарно-педагогического института ФГБОУ ВО Кемеровского государственного университета. - ISBN 978-5-8353-2532-0. - Текст : электронный.

5.2 Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины.

Учебные занятия по дисциплине проводятся в учебных аудиториях КГПИ КемГУ:

308 Компьютерный класс Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий лабораторного типа, для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мультимедийная) Специализированная (учебная) мебель: доска меловая, кафедра, столы, стулья, Оборудование для презентации учебного материала: компьютер преподавателя, проектор, экран, 20 компьютеров Лабораторное оборудование: стационарное – компьютеры для обучающихся (20 шт.). Используемое программное обеспечение: MS Windows, Компас 3D (студенческая лицензия), Blender 3D v3.6 и выше (свободно распространяемое ПО), Ultimate Cure (свободно распространяемое ПО), Prusha slicer (свободно распространяемое ПО), Repiter Host (свободно	654079, Кемеровская область, г. Новокузнецк, пр-кт Металлургов, д. 19
--	--

распространяемое ПО), Яндекс.Браузер (отечественное свободно распространяемое ПО), Интернет с обеспечением доступа в ЭИОС	
--	--

5.3 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

Перечень СПБД и ИСС по дисциплине

1. Федеральный портал «Российское образование» - <http://www.edu.ru>. Доступ свободный
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» - <http://www.window.edu.ru>.
3. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов - <http://fcior.edu.ru>. Доступ свободный.
4. Федеральный портал "Информационно-коммуникационные технологии в образовании" - <http://www.ict.edu.ru/>.
5. Сайт Министерства образования и науки РФ. - Режим доступа: <http://www.mon.gov.ru>. Доступ свободный.
6. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов.- Режим доступа: <http://school-collection.edu.ru/>
7. Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Раздел Образование в области техники и технологий – http://window.edu.ru/?p_rubr=2.2.75

6 Иные сведения и (или) материалы.

6.1.Примерные темы письменных учебных работ

6.1.1 Курсовая работа

6.1.2 Контрольные работы/ рефераты/ индивидуальные задания обучающемуся.

Задание для СРС

1. Базовый уровень (знакомство с ПО)

Задание 1.1: Анализ ПО для аддитивных технологий

Задание 1.2: Создание простой 3D-модели

Цель: Освоить базовые функции CAD-программ.

2. Средний уровень (углубленная работа с ПО)

Задание 2.1: Подготовка модели к печати

Задание 2.2: Топологическая оптимизация

3. Продвинутый уровень (промышленные кейсы)

Задание 3.1: Анализ ошибок печати

Задание 3.2: Интеграция в цифровое производство

4. Творческие и исследовательские задания

Задание 4.1: Сравнение технологий печати

Задание 4.2: Разработка учебного пособия

6.2. Примерные вопросы и задания / задачи для промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации экзамен / зачет с оценкой.

Разделы и темы	Примерные теоретические вопросы	Примерные практические задания и (или) задачи
Семестр <u>1</u> Зачет с оценкой		
Разделы дисциплины		
1. Введение в ПО для АП		
1.1 Классификация ПО: CAD, слайсеры, симуляторы, управляющие системы.	1. Какую функцию выполняют слайсеры в аддитивном производстве и чем они отличаются от CAD-систем? 2. Почему для	1. Оптимизация модели для FDM-печати Цель: Научиться адаптировать CAD-модель под требования 3D-печати. Задача: ○ Скачайте модель с Thingiverse (например, механическую шестерню).

	промышленной 3D-печати металлами часто используют специализированные симуляторы (например, Simufact Additive)? Какие ошибки они помогают предотвратить?	○ Откройте её в Fusion 360 и: ○ Убедитесь, что все поверхности замкнуты (исправьте ошибки, если есть). ○ Добавьте фаски для уменьшения напряжения в углах. ○ Экспортируйте в STL, загрузите в Ultimaker Cura и: ○ Подберите ориентацию, минимизирующую поддержки. ○ Установите заполнение 20% и скорость печати 50 мм/с. Результат: Отчёт со скриншотами этапов и G-кодом. 2. Сравнение слайсеров Цель: Изучить различия в настройках печати между программами. Задача: ○ Возьмите одну STL-модель (например, подставку для телефона). ○ Подготовьте её к печати в двух слайсерах (PrusaSlicer и Cura): ○ Используйте одинаковые параметры (слой 0.2 мм, PLA, 15% заполнения). Сравните: ○ Время печати. ○ Количество поддержек. ○ Объём материала. Результат: Таблица с сравнением и выводом о целесообразности каждого слайсера. Формат сдачи: Файлы настроек (.3mf, .gcode) + краткий отчёт (1-2 стр.).
1.2 Взаимосвязь ПО с технологиями АП (FDM, SLA, SLS, DED)	1. Как выбор технологии 3D-печати (FDM, SLA, SLS, DED) влияет на требования к программному обеспечению? Приведите примеры специализированного ПО для каждой технологии. 2. Почему для металлических технологий (SLM/DED) критично использование симуляторов, а для FDM — нет? Какие параметры моделируют такие программы?	1. Сравнение настроек печати для FDM и SLA Цель: Научиться адаптировать параметры ПО под разные технологии. Задача: ○ Возьмите одну модель (например, миниатюрную фигурку). ○ Подготовьте её к печати: ○ В Ultimaker Cura (FDM): установите поддержки, заполнение 15%, слой 0.2 мм ○ В Chitubox (SLA): добавьте поддержки, выставьте время экспозиции 8 сек Сравните: ○ Время печати ○ Количество материала ○ Качество детализации Результат: Таблица сравнения + выводы о различиях в настройках. 2. Оптимизация детали для SLS Цель: Освоить подготовку моделей для

		порошковых технологий. Задача: ○ Создадите в Fusion 360 кронштейн с полостями (для экономии порошка). ○ Проверьте модель в Materialise Magics: ○ Уберите "плавающие" частицы ○ Оптимизируйте ориентацию для минимизации поддержек ○ Сгенерируйте файл для виртуальной печати. Результат: 3D-модель в STL + отчёт об изменениях. Формат: Презентация с скриншотами этапов (5-7 слайдов).
2. CAD-моделирование для 3D-печати		
2.1 Обзор CAD-систем: Fusion 360, SolidWorks, FreeCAD.	1. Какие ключевые различия между Fusion 360, SolidWorks и FreeCAD делают их оптимальными для разных задач в аддитивном производстве? 2. Как выбор CAD-системы (Fusion 360/SolidWorks/FreeCAD) влияет на дальнейший workflow при подготовке модели к 3D-печати? Приведите примеры ограничений каждой программы.	1. Сравнение интерфейсов CAD-систем Цель: Освоить базовые функции разных CAD-программ Задача: Создайте одинаковую простую деталь (болт с резьбой) в: Fusion 360 SolidWorks FreeCAD Сравните: Время моделирования Интуитивность интерфейса Качество визуализации Результат: Таблица сравнения + скриншоты моделей (формат: PDF, 1-2 страницы) 2. Подготовка CAD-модели к 3D-печати Цель: Научиться адаптировать модели под требования АП Задача: В выбранной CAD-системе (на выбор): Спроектируйте корпус с отверстиями и фасками Проверьте модель на "водонепроницаемость" Оптимизируйте толщину стенок под FDM-печать Экспортируйте в STL и проверьте в Netfabb Результат: Готовая модель + отчет об ошибках (если найдены)
2.2 Особенности проектирования под АП (минимизация поддержек,	1. Какие три основных правила проектирования для минимизации поддержек в FDM-печати вы можете	1. Оптимизация модели для печати без поддержек Цель: Научиться проектировать детали с учетом ограничений FDM-печати

оптимизация геометрии).	назвать? Объясните их на практических примерах. 2. Как методы топологической оптимизации (например, в nTopology или Fusion 360 Generative Design) сочетаются с ограничениями аддитивных технологий? Приведите пример конфликта и его решения.	Задача: Создайте в CAD-системе (Fusion 360/SolidWorks) кронштейн с: Максимальным углом наклона 45° Самонесущими элементами Минимальной толщиной стенок 1.2 мм Проверьте модель в слайсере (Cura) на необходимость поддержек Результат: 3D-модель + скриншот слайсера с подтверждением отсутствия поддержек 2. Анализ геометрических ограничений Цель: Исследовать предельные возможности технологии Задача: ○ Спроектируйте тестовую модель с: ○ Вертикальными отверстиями разного диаметра (от 0.5 до 5 мм) ○ Горизонтальными мостами разной длины (10-50 мм) ○ Тонкими перегородками (0.3-1 мм) Напечатайте и оцените: ○ Минимальный печатаемый диаметр отверстия ○ Максимальный пролет без провисания ○ Наименьшую устойчивую толщину стенки ○ Результат: Физический образец + таблица с критическими параметрами
Компетенции		
ПК – 1 Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области по профилю "Аддитивные технологии" при решении профессиональных задач		CAD-моделирование корпуса дрона Цель: Создать легкую (≤ 300 г) деталь с внутренними каналами охлаждения. ПО: Основное: Fusion 360 (параметрическое моделирование) Оптимизация: nTopology (решётчатые структуры) Проверка: Netfabb (анализ толщин стенок) Этапы: Базовая геометрия в Fusion 360 Генерация облегчённых структур в nTopology Экспорт в STL + проверка в Netfabb Результат: Готовая модель (STL) Отчёт с параметрами (1 стр.) Медицинский имплант Цель: Создать персонализированный титановый имплант по данным КТ. ПО: Сегментация: Materialise Mimics Редактирование: 3-matic (адаптация под печать) Этапы:

		Конвертация DICOM → STL в Mimics Добавление пор (600 мкм) в 3-matic Результат: Валидный STL-файл Параметры пористости
Семестр 2 Экзамен		
Разделы дисциплины		
1. Слайсинг и подготовка к печати		
1.1 Настройка параметров в Cura, PrusaSlicer, Chitubox.	1. Какие ключевые параметры в слайсерах (Cura, PrusaSlicer, Chitubox) напрямую влияют на качество FDM/SLA печати? Приведите примеры оптимальных значений для PLA и стандартных фотополимеров. 2. Как настройки слайсера могут компенсировать недостатки 3D-принтера (например, люфт осей или неравномерное охлаждение)?	1. Оптимизация профиля печати в Cura для инженерного пластика Цель: Научиться настраивать параметры под специфичные материалы Задача: Возьмите модель технического кронштейна (размер ~50×50×20 мм) Для материала PETG подберите оптимальные настройки: Температура сопла: 220-250°C (тест 3 вариантов) Скорость печати: 30-60 мм/с Охлаждение: 0%/30%/70% на 2+ слоях Распечатайте 3 версии, сравните: Прочность (тест на изгиб) Качество поверхностей Время печати Результат: Таблица с параметрами и оценкой результатов Фото образцов с комментариями 2. Подготовка ювелирной модели в Chitubox Цель: Освоить тонкие настройки для SLA-печати Задача: Загрузите кольцо с ажурным узором (минимальная толщина линий 0.3 мм) Настройте: Время экспозиции: 1.5-3 сек (подбор для смолы Elegoo Standard Grey) Поддержки: контактные точки 0.2-0.4 мм Наклон модели: 25°/45° Сравните 2 варианта: Качество проработки деталей Количество бракованных участков G-код с разными профилями UVTools-скриншоты слоёв
1.2 Генерация G-кода, поддержки, заполнение.	1. Почему при генерации G-кода важно учитывать тип принтера (дельта/Cartesian) и как это влияет на настройки слайсера? 2. Какие алгоритмы генерации поддержек в слайсерах (Tree, Grid, Organic) лучше подходят для	1. Сравнение типов заполнения Задача: В Cura сгенерируйте G-код для куба 20×20×20 мм с разными заполнениями (Grid, Triangles, Gyroid). Сравните: Время печати Расход материала Прочность (сжатие грузом 1 кг)

	сложных геометрий и почему?	Результат: Таблица с данными + фото тестов. 2. Оптимизация поддержек Задача: В PrusaSlicer подготовьте модель с нависающими элементами ($>60^\circ$). Сравните: Обычные vs Tree-поддержки Время печати/расход пластика Качество поверхности после удаления Результат: Скриншоты слайсера + физические образцы. Формат: Отчёт на 1 стр. с выводами.
2. Специализированное ПО		
2.1 Топологическая оптимизация (nTopology, ANSYS).	1. Какие ограничения аддитивных технологий (минимальная толщина стенок, угол печати) нужно учитывать при топологической оптимизации в nTopology/ANSYS? 2. Как генеративный дизайн (Fusion 360, nTopology) может снизить вес детали без потери прочности? Приведите пример.	1. Оптимизация кронштейна в nTopology Цель: Снизить массу детали без потери прочности. Задача: Загрузите модель кронштейна в nTopology. Примените топологическую оптимизацию с ограничениями: Нагрузка 500 Н Минимальная толщина 2 мм Сравните массу и прочность исходной и оптимизированной версий. Результат: 3D-модель + отчет (1 стр.). 2. Анализ термонапряжений в ANSYS Цель: Предотвратить деформацию при печати. Задача: Смоделируйте в ANSYS Additive печать титановой детали. Проведите симуляцию: Температурные напряжения Риск коробления Предложите изменения ориентации модели. Результат: Скриншоты симуляции + рекомендации. Формат: Презентация (3-5 слайдов).
2.2 Ремонт моделей (Netfabb, Meshmixer).	1. Какие типы ошибок 3D-моделей (незамкнутые поверхности, пересечения) можно исправить в Netfabb и как? 2. Когда Meshmixer предпочтительнее Netfabb для редактирования STL-моделей?	1. Автоматический ремонт модели в Netfabb Цель: Научиться исправлять базовые ошибки STL-файлов. Задача: Загрузите повреждённую модель (например, с дырами или инвертированными нормальными). В Netfabb выполните: Автоматический ремонт (Repair → Automatic Repair). Ручную коррекцию дыр (Close Holes). Сравните исходную и исправленную модели. Результат: Отчёт с скриншотами до/после (формат: PDF). 2. Ручное редактирование в Meshmixer Цель: Освоить инструменты для сложного

		ремонта. Задача: Возьмите модель с: Пересекающимися гранями. Тонкими стенками (<0.5 мм). В Meshmixer: Удалите артефакты (Brush → Erase). Укрепите слабые участки (Edit → Add Thickness). Экспортируйте исправленный STL. Результат: Готовая модель + краткое описание правок (1 стр.).
3. Промышленные решения и тренды		
3.1 Интеграция ПО в цифровое производство (IoT, Industry 4.0)	1. Как системы цифрового производства (например, Siemens NX или 3DPrinterOS) позволяют реализовать концепцию «цифрового двойника» (Digital Twin) в аддитивном производстве? Приведите конкретный пример. 2. Какие проблемы возникают при интеграции ПО для 3D-печати в MES-системы (Manufacturing Execution Systems) и как их решают?	1. Разработка схемы интеграции слайсера с системой MES Цель: Научиться связывать ПО для 3D-печати с промышленными системами управления Задача: ○ Возьмите Ultimaker Cura и облачную платформу (например, 3DPrinterOS или Materialise Streamics) ○ Создайте схему обмена данными: ○ Автоматический экспорт G-кода в облако после слайсинга ○ Передача статуса печати (температура, прогресс) в MES-систему ○ Опишите преимущества такого решения для завода (сокращение ручного ввода данных на 70%) Результат: Блок-схема интеграции (Draw.io или Visio) Отчёт о потенциальной экономии времени (1 стр.) 2. Настройка мониторинга 3D-принтера через IoT Цель: Освоить подключение принтера к системе Industry 4.0 Задача: Используйте OctoPrint с плагином MQTT для передачи данных: ○ Температура сопла ○ Оставшееся время печати ○ Код ошибки (если есть) Настройте их визуализацию в Node-RED или ThingsBoard Добавьте алерт при остановке печати (уведомление) Результат: Скриншоты работающей дашборды Инструкция по настройке (5 шагов)
3.2 Кейсы использования в промышленных отраслях.	1. Как внедрение аддитивных технологий в автомобилестроении (на примере BMW или Local Motors) сокращает сроки разработки деталей и	1. Анализ экономической эффективности 3D-печати в автопроме. 2. Разработка ТЗ для 3D-печати в энергетике.

	себестоимость производства? Приведите конкретные показатели. 2. Какие технологические и нормативные барьеры мешают массовому применению 3D-печати в энергетике (например, печать турбинных лопаток для Siemens Energy)? Как их преодолевают?	
Компетенции		
ПК – 1 Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области по профилю "Аддитивные технологии" при решении профессиональных задач		ПО для серийного производства автозапчастей Цель: Настроить цифровой workflow для печати 500 кронштейнов/месяц. Ключевые ПО: CAD: Siemens NX Слайсинг: Qqton 3DXpert Мониторинг: AMFG MES Акцент: Автоматизация процессов Интеграция с ERP-системой Контроль качества Задача: Подготовить крупногабаритный пластиковый корпус (500×300×200 мм) к печати на промышленном принтере (например, BigRep). Акцент: Разделение модели на части. Соединительные элементы (шип-паз). Минимизация внутренних напряжений (температура камеры, скорость). Результат: Инструкция по сборке + видео укладки слоёв

Составитель (и): Читайло А.И., ассистент кафедры ИОТД

(фамилия, инициалы и должность преподавателя (ей))