

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

О.Я. Солёная

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«23» июня 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Аддитивные технологии»

(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	13.03.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности	Цифровая энергетика
Форма обучения	заочная
Год приема	2022

Санкт-Петербург– 2025

Программу составил (а)

Ст. преп.
(должность, уч. степень, звание)



23.06.2025
(подпись, дата)

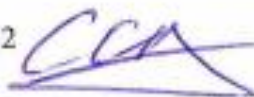
А.В. Рысин
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«23» июня 2025 г, протокол № 8

Заведующий кафедрой № 32

к.т.н., доц.
(уч. степень, звание)



23.06.2025
(подпись, дата)

С.В. Солёный
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

Ст. преп.
(должность, уч. степень, звание)



23.06.2025
(подпись, дата)

Н.В. Решетникова
(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Аддитивные технологии» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленности «Цифровая энергетика». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-4 «Способность участвовать в проектировании моделей объектов профессиональной деятельности и изготовлении прототипов с использованием аддитивных технологий»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами проектирования технических изделий с применением средств автоматизации проектирования и дальнейшим производством с применением аддитивных технологий. Рассматриваются применяемые в электроэнергетике материалы и методы постобработки изделий.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания является получение обучающимися необходимых знаний для применения аддитивных технологий в профессиональной деятельности, знакомство с различными методами 3D печати, используемыми материалами и подготовкой управляющих программ для осуществления 3D печати в технической сфере.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-4 Способность участвовать в проектировании моделей объектов профессиональной деятельности и изготовлении прототипов с использованием аддитивных технологий	ПК-4.Д.1 выбирает оборудование аддитивного производства и исходные материалы для изготовления объектов профессиональной деятельности из композиционных материалов аддитивными методами ПК-4.Д.2 анализирует источники энергии и физические явления, происходящие в ходе изготовления объектов профессиональной деятельности из композиционных материалов аддитивными методами ПК-4.Д.3 выполняет расчеты и проектирование объектов профессиональной деятельности, изготавливаемых методами аддитивных технологий, с использованием систем автоматизированного проектирования ПК-4.Д.4 выполняет статический анализ модели изделия, производимого методами аддитивных технологий

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Инженерная и компьютерная графика»;
- «Информационные технологии»;
- «Материаловедение».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- «Производственная преддипломная практика»; –
- «Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы».

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам	
		№9	№10
1	2	3	4
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	2/ 72	2/ 72
Из них часов практической подготовки	16	8	8
Аудиторные занятия, всего час.	24	12	12
в том числе:			
лекции (Л), (час)	8	4	4
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)			
лабораторные работы (ЛР), (час)	16	8	8
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)			
экзамен, (час)	9		9
Самостоятельная работа, всего (час)	111	60	51
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Дифф. Зач., Экз.	Дифф. Зач.	Экз.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 9					
Раздел 1. Введение в аддитивные технологии Тема 1.1. История развития аддитивных технологий. Тема 1.2. Принципы послойного формообразования. Тема 1.3. Сравнение традиционных и аддитивных методов производства. Тема 1.4. Классификация аддитивных технологий	1		2		15
Раздел 2. Технологии и процессы аддитивного производства Тема 2.1. Принципы работы установок: FDM, SLA, SLS, DMLS, EBM, LMD. Тема 2.2. Подготовка электронной модели Тема 2.3. Этапы аддитивного процесса: подготовка, печать, постобработка. Тема 2.4. Анализ ошибок при аддитивном производстве и способы их устранения.	1		2		15

Раздел 3. Оборудование для аддитивного производства Тема 3.1. Конструктивные особенности различных установок. Тема 3.2. Системы подачи и нанесения материала. Тема 3.3. Системы контроля и автоматизации процесса. Тема 3.4. Элементы оптического контроля и диагностики.	1		2		15
Раздел 4. Работа с исходными материалами Тема 4.1. Классификация исходных материалов: полимеры, металлы, керамика, композиты. Тема 4.2. Методы анализа химического состава и гранулометрии. Тема 4.3. Подготовка порошков: просушка, прокаливание, гомогенизация Тема 4.4. Фильтрация и очистка жидких фотополимеров	1		2		15
Итого в семестре:	4		8		60
Семестр 10					
Раздел 5. Подготовка оборудования к работе Тема 5.1. Регламент подготовки установки к работе. Тема 5.2. Установка технологической платформы и заправка материалов. Тема 5.3. Визуальная и автоматизированная проверка узлов Тема 5.4. Порядок загрузки управляющих программ	1		1		6
Раздел 6. Контроль процесса аддитивного производства Тема 6.1. Методы визуального и автоматизированного контроля. Тема 6.2. Системы оптического и температурного контроля Тема 6.3. Датчики положения и видеонаблюдение Тема 6.4. Реакция на отклонения и аварийные ситуации	1		1		6
Раздел 7. Техническое обслуживание и безопасность Тема 7.1. Ежедневное и плановое техобслуживание. Тема 7.2. Применение средств индивидуальной и коллективной защиты Тема 7.3. Безопасная работа с оборудованием под давлением и высокими температурами. Тема 7.4. Санитарно-гигиенические требования	0,5				8
Раздел 8. Обработка изделий Тема 8.1. Удаление остаточных материалов. Тема 8.2. Методы пескоструйной и абразивной обработки Тема 8.3. Термообработка и механическая доработка изделий. Тема 8.4. Контроль качества готовых деталей	0,5		2		11

Раздел 9. Оформление документации Тема 9.1. Основы делопроизводства на производственном участке Тема 9.2. Расчет времени изготовления изделия. Тема 9.3. Внесение данных в журналы и отчетные формы. Тема 9.4. Работа с CAD/CAE-системами и офисными программами.	0.5		2		10
Раздел 10. Интеграция в производство Тема 10.1. Встраивание аддитивных процессов в общее производство. Тема 10.2. Применение аддитивных технологий в различных отраслях. Тема 10.3. Экономическая эффективность использования 3D-печати. Тема 10.4. Перспективы развития аддитивных технологий.	0.5		2		10
Итого в семестре:	4		8		51
Итого	8	0	16	0	111

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Раздел 1: Введение в аддитивные технологии Понятие аддитивного производства. Классификация аддитивных технологий: FDM, SLA, SLS, DMLS, EBM, LMD и др. Принцип послойного формообразования. Преимущества и недостатки аддитивных методов перед традиционными. Области применения аддитивных технологий (авиация, медицина, машиностроение и др.).
2	Раздел 2: Технологии и процессы аддитивного производства Подготовка цифровой модели: CAD → STL → слайсинг. Этапы аддитивного процесса: подготовка, печать, постобработка. Особенности различных технологий: FDM, SLA, SLS, DMLS, EBM, LMD. Анализ типичных ошибок при производстве и способы их устранения. Контроль качества на всех стадиях.
3	Раздел 3: Устройство оборудования для аддитивного производства Конструктивные особенности установок для разных технологий. Системы подачи и нанесения материала. Системы контроля и автоматизации процесса. Элементы оптического и температурного контроля. Работа систем защиты и безопасности.

4	Раздел 4: Исходные материалы для аддитивного производства Классификация исходных материалов: полимеры, металлы, керамика, композиты. Химический состав и физические свойства материалов. Методы анализа гранулометрии, насыпной плотности, текучести порошков. Подготовка порошков: просушка, прокаливание, гомогенизация. Фильтрация и очистка жидких фотополимеров.
5	Раздел 5: Подготовка оборудования к работе Подготовка рабочего места и оборудования. Установка технологической платформы и заправка материалов. Визуальная и автоматизированная проверка узлов. Загрузка управляющих программ и параметров печати. Проверка сигнализации и систем безопасности.
6	Раздел 6: Контроль процесса аддитивного производства Методы визуального и автоматического контроля. Системы оптического, температурного и видеоконтроля. Датчики положения и другие измерительные устройства. Реакция на отклонения и аварийные ситуации. Корректировка параметров в реальном времени.
7	Раздел 7: Техническое обслуживание и безопасность Ежедневное и плановое техобслуживание оборудования. Применение средств индивидуальной и коллективной защиты. Работа с оборудованием под давлением и высокими температурами. Санитарно-гигиенические требования. Чрезвычайные ситуации и меры по их предотвращению.
8	Раздел 8: Послепечатная обработка изделий Удаление остаточных материалов. Методы пескоструйной, абразивной и химической обработки. Термообработка и механическая доработка. Контроль качества готовых деталей. Утилизация отходов.
9	Раздел 9: Оформление документации Виды производственной документации. Расчёт трудоёмкости изготовления изделия. Внесение данных в журналы и формы отчетности. Работа с CAD/CAE-системами и офисными программами. Составление технологических карт и актов контроля.
10	Раздел 10: Интеграция аддитивных технологий в производство Встраивание аддитивных процессов в производственные цепочки. Применение 3D-печати в различных отраслях. Экономическая эффективность использования аддитивных технологий. Перспективы развития аддитивного производства. Влияние 3D-печати на логистику и складское хозяйство.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 9				
1	Сравнительный анализ свойств и точности моделей.	2	2	1
2	Создание 3D-модели и подготовка её к печати.	2	2	2
3	Система управления аддитивной установки	2	2	3
4	Анализ исходного материала	2	2	4
Семестр 10				
5	Выполнение комплекса подготовительных мероприятий перед запуском установки.	1	1	5
6	Анализ результатов контроля и корректировка параметров	1	1	6
7	Постобработка изделия	2	2	8
8	Расчет времени и стоимости изготовления детали	2	2	9
9	Расчет экономической эффективности от внедрения аддитивной установки	2	2	10
Всего		16	16	

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 9, час	Семестр 10, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	31	20	11
Курсовое проектирование (КП, КР)			
Расчетно-графические задания (РГЗ)			
Выполнение реферата (Р)			

Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	40	20	20
Домашнее задание (ДЗ)			
Контрольные работы заочников (КРЗ)	20	10	10
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	20	10	10
Всего:	111	60	51

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
	Шишковский И.В. Основы аддитивных технологий высокого разрешения. Из-во Питер, СПб, 2018, 348 с	
	Новиков С.В., Рамазанов К.Н. Аддитивные технологии: состояние и перспективы. Изво УГАТУ, Уфа, 2022, 75 с.	
	Антонова В. С., Осовская И. И. Аддитивные технологии: учеб. пособие. СПб.: ВШЭ СПб ГУП ТД, 2017. 30 с.	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов

информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
https://support.ultimaker.com/hc/en-us	Справочные материалы Ultimaker Cura
http://www.thingiverse.com/	Платформа для обмена STL моделями Thingiverse
https://tflexcad.ru/download/documentation/	Справочные материалы T-Flex CAD

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	21-21
2	Мультимедийная лекционная аудитория	31-04
3	Специализированная лаборатория «Новых производственных технологий»	Московский пр. 149 ВА, ауд. 417

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Тесты.
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
	– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов для экзамена	Код индикатора
1	1. Быстрое прототипирование 2. Аддитивные технологии 3. Прототипирование 4. Характеристики прототипа 5. Шаги быстрого прототипирования 6. Точность воспроизведения 7. SLA метод 8. FDM метод 9. SLS метод	ПК-4.Д.1
2	10. Трехмерное моделирование средствами САПР 11. Конвертация и передача данных 12. Проверка и подготовка к работе 13. Послойное построение изделия 14. Удаление поддержек и постобработка 15. Ступенчатость 16. Формат STL	ПК-4.Д.2

	17. Управляющие команды 18. Ориентация изделия	
3	19. Поддерживающие структуры 20. Виды решеток заполнения 21. Фотополимеризационные материалы 22. Механизмы и скорости реакций полимеризации 23. Лазерная стереолитография 24. Методы сканирования при лазерной стереолитографии 25. Процесс изготовления интегральных микросхем 26. Требования к материалам в энергетике 27. Изготовление прототипов с использованием нескольких материалов	ПК-4.Д.3
4	28. Очистка и защита изделий 29. Процесс экструзии 30. Объемный расход и скорость печати 31. Кристаллизация и охлаждение 32. Ширина линий и прочность периметров 33. Материалы для экструзии 34. Оснастка для FDM печати 35. Продольная и поперечная прочность	ПК-4.Д.4

Вопросы для дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы для дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов для дифф. зачета	Код индикатора
1	36. Комбинг и откаты 37. Печать с несколькими экструдерами 38. Создание литевых форм 39. Методы быстрого прототипирования на порошковой основе 40. Виды порошков 41. Макрокинетика спекания 42. Твердофазное спекание 43. Жидкофазное спекание 44. Химическое спекание 45. Электронно-лучевое плавление	ПК-4.Д.1
2	46. Кинематика движения головы 47. Субстрактивные технологии быстрого прототипирования 48. Конструирование и дизайн 49. Серийное производство моделей при помощи аддитивных технологий 50. Система управления 3D печатью 51. Нагревательные элементы 52. Экструдеры Bouden и Direct 53. Hotend и Coldend 54. Калибровка оборудования	ПК-4.Д.2
3	55. Linear advance 56. Повышение качества печати 57. Аддитивные технологии в энергетике 58. Мосты и нависания 59. Дефекты печати 60. Химические способы обработки 61. Механические способы обработки	ПК-4.Д.3

	62. Зависимость толщины слоя и стенки от сопла 63. Использование башен 64. Режим разглаживания 65. G-код для старта печати	
4	66. G-код для окончания печати 67. ПИД-регулятор температуры 68. Основные требования к CAD-моделям, используемых для аддитивного производства 69. Твердотельная конструктивная геометрия? 70. Контурное представление? 71. В чем заключаются достоинства и недостатки формата ASCII? 72. Каким образом осуществляется экспорт геометрических моделей в формат STL в современных CAD-системах? 73. В чем заключается проблема избыточности данных при использовании STL интерфейса? 74. Какие топологические проблемы могут наблюдаться при использовании геометрических моделей в формате STL? 75. Какие геометрические проблемы могут иметь место при использовании геометрических моделей в формате STL?	ПК-4.Д.4

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
	1 тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа	
1	Какое максимальное количество материалов может быть использовано при использовании Polyjet технологии? 1) 2 2) 4 3) 8 4) 16	ПК-4.Д.1
2	Как можно делать резьбовые отверстия в деталях, изготавливаемых методами аддитивных технологий? 1) Впаивать латунные резьбовые вставки. 2) Проектировать резьбу в детали. 3) Нарезать резьбу после печати метчиком. 4) Все варианты.	ПК-4.Д.2

3	Что необходимо сделать перед 3D печатью? 1) Охладить печатающую голову. 2) Обеспечить адгезивный слой на столе. 3) Обеспечить адгезивный слой на экструдере. 4) Вручную передвинуть печатающую голову в домашнее положение.	ПК-4.Д.3
4	Как нельзя изготовить изделие с нависающими элементами используя FDM технологию? 1. С помощью САПР добавить поддержки под нависающие элементы. 2. Повернуть деталь так, чтобы не было нависающих элементов. 3. Использовать металлический порошок в качестве поддержек. 4. Использовать слайсер для построение искусственных поддержек.	ПК-4.Д.4
<i>2 тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора</i> Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов		
5	В каком формате экспортируется 3D модель для дальнейшего изготовления методами аддитивных технологий? 1. STL. 2. STEP. 3. 3DP. 4. CTL.	ПК-4.Д.1
6	Какие из следующих утверждений о фотополимерной 3D-печати верны? 1. Фотополимерная печать использует жидкие смолы, которые затвердевают под воздействием ультрафиолетового света. 2. Для фотополимерной печати обязательно требуется поддержка моделей, так как материал не может удерживать форму самостоятельно. 3. Фотополимерные 3D-принтеры могут создавать объекты с высокой детализацией и гладкой поверхностью. 4. Фотополимерная печать подходит только для создания крупных объектов более 100 кубическим сантиметра.	ПК-4.Д.2
7	Какое программное обеспечение используется для проектирования 3D модели, с целью ее дальнейшего изготовления методами аддитивных технологий? 1. ELCUT. 2. SolidWorks. 3. SimInTech. 4. T-Flex.	ПК-4.Д.3
8	Зачем проводить статический анализ изделия? 1. Определение электромагнитных характеристик изделия. 2. Выявление максимальных напряжений и деформаций. 3. Расчет аэродинамических свойств. 4. Выбор материала.	ПК-4.Д.4
<i>3 тип. Задание закрытого типа на установление соответствия</i> Инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце		

9	Соотнесите материалы и аддитивные технологии, в которых он используется. 1. Фотополимеры (SLA) 2. PLA (FDM) 3. Алюминиевый порошок (SLM) 4. PETG (FDM) 5. ABS (FDM) 6. Титановый порошок (SLM)	ПК-4.Д.1
10	Соотнесите технологии 3D-печати с их описаниями. Категории: A. FDM (Fused Deposition Modeling) B. SLA (Stereolithography) C. SLS (Selective Laser Sintering) D. DLP (Digital Light Processing) Варианты ответов: 1. Использует порошковый материал, который спекается лазером для создания объекта. 2. Основана на послойном наплавлении термопластика через экструдер. 3. Использует жидкую фотополимерную смолу, которая затвердевает под воздействием ультрафиолетового света. 4. Похожа на SLA, но использует проектор для одновременного отверждения целого слоя смолы. Правильные ответы: A-2, B-3, C-1, D-4	ПК-4.Д.2
11	Соотнесите материалы с технологиями 3D-печати, для которых они подходят. Категории: A. PLA B. Фотополимерная смола C. Нейлоновый порошок D. Металлический порошок Варианты ответов: 1. FDM 2. SLA 3. SLS 4. DMLS (Direct Metal Laser Sintering) Правильные ответы: A-1, B-2, C-3, D-4	ПК-4.Д.3
12	Соотнесите этапы аддитивного производства с их описаниями. Категории: A. Подготовка 3D-модели B. Печать C. Постобработка D. Контроль качества Варианты ответов: 1. Нарезка модели на слои и генерация G-кода для принтера. 2. Удаление поддержек, шлифовка, покраска или термообработка готового изделия. 3. Проверка геометрии и механических свойств готового изделия. 4. Послойное создание объекта с использованием выбранной технологии.	ПК-4.Д.4

	Правильные ответы: A-1, B-4, C-2, D-3	
4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо		
13	Расставьте этапы работы FDM 3D-принтера в правильной последовательности. Варианты ответов: 1. Нагрев экструдера и платформы. 2. Загрузка филамента в экструдер. 3. Нарезка 3D-модели на слои и генерация G-кода. 4. Послойное наплавление материала. 5. Охлаждение готового изделия. 6. Удаление поддержек (если они есть). Правильная последовательность: 3, 1, 2, 4, 5, 6	ПК-4.Д.1
14	Расставьте этапы постобработки изделия, напечатанного на SLA-принтере, в правильной последовательности. Варианты ответов: 1. Промывка модели в изопропиловом спирте. 2. УФ-отверждение модели. 3. Удаление поддержек. 4. Шлифовка поверхности. 5. Нанесение защитного покрытия. Правильная последовательность: 1, 3, 2, 4, 5	ПК-4.Д.2
15	Расставьте компоненты FDM 3D-принтера в порядке их участия в процессе печати. Варианты ответов: 1. Экструдер. 2. Шаговые двигатели. 3. Платформа для печати. 4. Нагревательный элемент. 5. Датчик температуры. 6. Катушка с филаментом. 7. Система охлаждения. Правильная последовательность: 6, 1, 4, 5, 2, 3, 7	ПК-4.Д.3
16	Последовательность действий для проведения статического анализа изделия в SolidWorks. 1. Создание сетки 2. Применение нагрузок 3. Создание модели 4. Назначение материалов 5. Создание отчета 6. Просмотр результатов 7. Создание нового исследования 8. Применение закреплений 9. Запуск анализа Правильная последовательность: 3, 7, 4, 8, 2, 1, 9, 6, 5	ПК-4.Д.4
5 тип. Задание открытого типа с развернутым ответом Инструкция: Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ или напишите пропущенное слово/словосочетание		

17	В аддитивном производстве для создания изделий используется метод послойного _____. (Ответ: наращивания)	ПК-4.Д.1
18	Один из самых распространенных материалов в аддитивном производстве — это _____, который используется для 3D-печати. (Ответ: пластик)	ПК-4.Д.2
19	Для создания металлических деталей в аддитивном производстве часто применяется технология _____ лазерного спекания. (Ответ: селективного)	ПК-4.Д.3
20	В аддитивном производстве для создания сложных геометрических форм часто используется _____ моделирование. (Ответ: твердотельное)	ПК-4.Д.4

Примечание: Система оценивания тестовых заданий.

1-й тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2-й тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3-й тип. Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца).

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

4-й тип. Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5-й тип. Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте.

Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла.

Если допущена одна ошибка\неточность\ответ правильный, но не полный – 1 балл.

Если допущено более 1 ошибки\ответ неправильный\ответ отсутствует – 0 баллов.

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
1	Адаптация модели к изготовлению с помощью аддитивных технологий
2	Выбор материала изделия для изготовления с помощью аддитивных технологий

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- Введение в аддитивные технологии;
- Технологии и процессы аддитивного производства;
- Оборудование для аддитивного производства;
- Работа с исходными материалами;
- Подготовка оборудования к работе;
- Контроль процесса аддитивного производства;
- Техническое обслуживание и безопасность;
- Обработка изделий;
- Оформление документации;
- Интеграция в производство.

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой

эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Студенты разбиваются на подгруппы, по 3-4 человека. Перед проведением лабораторной работы обучающемуся следует внимательно ознакомиться с методическими указаниями по ее выполнению. В соответствии с заданием обучающиеся должны подготовить необходимые данные, получить от преподавателя допуск к выполнению лабораторной работы, выполнить указанную последовательность действий, получить требуемые результаты, оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен включать в себя: титульный лист, формулировку задания, теоретические положения, используемые при выполнении лабораторной работы, описание процесса выполнения лабораторной работы, полученные результаты и выводы.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

По каждой лабораторной работе выполняется отдельный отчет. Титульный лист оформляется в соответствии с шаблоном (образцом) приведенным на сайте ГУАП (www.guap.ru) в разделе «Сектор нормативной документации». Текстовые и графические материалы оформляются в соответствии с действующими ГОСТами и требованиями, приведенными на сайте ГУАП (www.guap.ru) в разделе «Сектор нормативной документации».

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;

– методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП». Проведение текущего контроля успеваемости осуществляется с помощью тестов, приведенных в таблице 18. Оценивание текущего контроля успеваемости оценивается по системе зачет/ не зачет. Положительный результат текущего контроля успеваемости дает студенту дополнительный балл при проведении промежуточной аттестации.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП». Промежуточная аттестация оценивается по результатам текущего контроля успеваемости.

Экзамен проводится в устной форме по билетам, представленным в таблице 15. В случае, если студент по уважительной причине не выполнил требования текущего контроля, ему предоставляется возможность сдать задолженности по пропущенным темам. Форма проведения промежуточной аттестации – письменная.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой