

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

К.Т.Н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«17» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Аддитивное производство»

(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	13.05.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Специальные электромеханические системы
Наименование направленности	Электромеханические системы специальных устройств и изделий
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Санкт-Петербург – 2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

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


(подпись, дата) 17.02.2025

А.В. Рысин
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«17» февраля 2025 г, протокол № 5

Заведующий кафедрой № 32

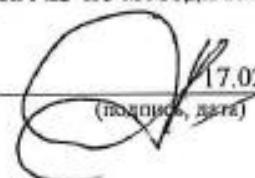
к.т.н., доц.
(уч. степень, звание)


(подпись, дата) 17.02.2025

С.В. Солёный
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

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


(подпись, дата) 17.02.2025

Н.В. Решетникова
(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Аддитивное производство» входит в образовательную программу высшего образования – программу специалитета по направлению подготовки/ специальности 13.05.02 «Специальные электромеханические системы» направленности «Электромеханические системы специальных устройств и изделий». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способность принимать участие в проектировании электротехнических и электроэнергетических устройств, специальных электромеханических систем в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования»

ПК-3 «Аддитивное производство»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами проектирования электротехнической и электромеханической продукции 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, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

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 электроэнергетике.

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-1 Способность принимать участие в проектировании электротехнических и электроэнергетических устройств, специальных электромеханических систем в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	ПК-1.3.2 знает оборудование аддитивного производства и исходные материалы для изготовления объектов профессиональной деятельности из композиционных материалов аддитивными методами ПК-1.У.3 умеет выполнять расчеты и проектирование объектов профессиональной деятельности, изготавливаемых методами аддитивных технологий, с использованием систем автоматизированного проектирования ПК-1.В.2 владеет навыком представления этапов реализации проекта и результата своей работы с использованием современных текстовых и графических редакторов
Профессиональные компетенции	ПК-3 Аддитивное производство	ПК-3.Д.1 выбирает и настраивает оборудование аддитивного производства и исходные материалы для изготовления объектов профессиональной деятельности из композиционных материалов аддитивными методами ПК-3.Д.2 анализирует источники энергии и физические явления, происходящие в ходе изготовления объектов профессиональной деятельности из композиционных материалов аддитивными методами ПК-3.Д.3 выполняет расчеты и проектирование объектов профессиональной деятельности, изготавливаемых методами аддитивных технологий, с использованием систем

		автоматизированного проектирования ПК-3.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»,
- «Прикладная механика»,
- «Материаловедение».

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

- «Производственная преддипломная практика»,
- «Написание ВКР».

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
		№8
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	3/ 108	3/ 108
Из них часов практической подготовки	34	34
Аудиторные занятия, всего час.	51	51
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
Самостоятельная работа, всего (час)	21	21
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	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 8					
Раздел 1. Введение в аддитивные технологии	4	2			4
Тема 1.1. Общие термины, классификация					

аддитивных технологий. Тема 1.2. Основы автоматизации процессов. Тема 1.3. Обобщенная схема операций при прототипировании. Тема 1.4. Специфика работы на разных устройствах аддитивных технологий.					
Раздел 2. Основы аддитивных технологий Тема 2.1. Фотополимеризационные материалы. Лазерная стереолитография. Тема 2.2. Лучевые системы прототипирования. Методы прототипирования на порошковой основе. Тема 2.3. Требования к применяемым материалам в электроэнергетике, применяемых для изготовления компонентов аппаратов защиты и преобразователей. Тема 2.4. Этапы технологического процесса изготовления интегральных микросхем.	6	5	4		6
Раздел 3. Применение аддитивных технологий в электроэнергетике Тема 3.1. Выбор материалов, конструирование и дизайн. Тема 3.2. Подготовка 3D моделей, подготовка управляющих программ. Тема 3.3. Применение прототипирования в машиностроении и электроэнергетике. Тема 3.4. Анализ и планирование, производство оснастки в промышленности.	5	10	4		7
Раздел 4. Постобработка изделий, после изготовления методами аддитивных технологий. Тема 4.1. Постобработка электротехнических изделий после применения аддитивных технологий. Тема 4.2. Технологии очистки и защиты изделия для дальнейшей эксплуатации.	2		9		4
Итого в семестре:	17	17	17		21
Итого	17	17	17	0	21

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	Введение в аддитивные технологии, общие термины, классификация аддитивных технологий, основы автоматизации процессов, обобщенная схема операций при прототипировании, специфика работы на разных устройствах аддитивных технологий.
2	Основы аддитивных технологий, фотополимеризационные материалы, лазерная стереолитография, лучевые системы прототипирования, методы прототипирования на порошковой основе, требования к применяемым материалам в электроэнергетике,

	применяемых для изготовления компонентов аппаратов защиты и преобразователей, этапы технологического процесса изготовления интегральных микросхем.
3	Применение аддитивных технологий в электроэнергетике, выбор материалов, конструирование и дизайн, подготовка 3D моделей, подготовка управляющих программ, применение прототипирования в машиностроении и электроэнергетике, анализ и планирование, производство оснастки в промышленности.
4	Постобработка изделий, после изготовления методами аддитивных технологий, постобработка электротехнических изделий после применения аддитивных технологий, технологии очистки и защиты изделия для дальнейшей эксплуатации.

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
Семестр 8					
1	Выбор аддитивной установки	Расчетно-графическая работа	2	2	1
2	Источники энергии аддитивных установок	Расчетно-графическая работа	2	2	2
3	Изготовление объектов электроэнергетики методом FDM	Расчетно-графическая работа	3	3	2
4	Производства элементов электрических машин методами аддитивных технологий	Расчетно-графическая работа	3	3	3
5	Настройка печати корпуса автоматического выключателя	Расчетно-графическая работа	3	3	3
6	Кейс «Внедрение аддитивных технологий в производственный процесс»	Расчетно-графическая работа	4	4	3
Всего			17		

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость,	Из них	№
---	---------------------------------	---------------	--------	---

п/п		(час)	практической подготовки, (час)	раздела дисциплины
Семестр 8				
1	Калибровка аддитивной установки	4	4	2
2	Печать на FDM принтере	4	4	3
3	Печать на LCD принтере	2	2	4
4	3D сканирование изделия	3	3	4
5	Реверсивный инжиниринг	4	4	4
Всего		17		

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 8, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	10	10
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	5	5
Домашнее задание (ДЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	6	6
Всего:	21	21

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)
621.3 Р 95	Аддитивные технологии в электроэнергетике : учебное пособие / А. В. Рысин, С. В. Солёный ; С.-Петерб. гос.	5

	ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - Санкт-Петербург : Изд-во ГУАП, 2023. - 66 с.	
681.5 О-75	Основы работы в NX Siemens : учебно-методическое пособие / А. В. Рысин, С. В. Солёный, О. Я. Солёная, В. П. Кузьменко ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - Санкт-Петербург : Изд-во ГУАП, 2021. - 53 с.	5
681.5 О-75	Проектирование и моделирование в T-Flex CAD : учебно-методическое пособие / А. В. Рысин, С. В. Солёный, В. П. Кузьменко ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - Санкт-Петербург : Изд-во ГУАП, 2023. - 78 с.	5
004 Р 95	Проектирование и моделирование в T-Flex CAD : учебно-методическое пособие / А. В. Рысин, С. В. Солёный, В. П. Кузьменко ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Санкт-Петербург : Изд-во ГУАП, 2023. - 78 с.	5

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
https://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 таблице12.

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»	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.

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	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«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; – 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;

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
	– 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	Быстрое прототипирование Аддитивные технологии Прототипирование Характеристики прототипа Шаги быстрого прототипирования Точность воспроизведения SLA метод FDM метод SLS метод Трехмерное моделирование средствами САПР	ПК-1.3.2
2	Конвертация и передача данных Проверка и подготовка к работе Послойное построение изделия Удаление поддержек и постобработка Ступенчатость Формат STL Управляющие команды Ориентация изделия Поддерживающие структуры Виды решеток заполнения	ПК-1.У.3
3	Фотополимеризационные материалы Механизмы и скорости реакций полимеризации Лазерная стереолитография Методы сканирования при лазерной стереолитографии	ПК-1.В.2

	Процесс изготовления интегральных микросхем Требования к материалам в энергетике Изготовление прототипов с использованием нескольких материалов Очистка и защита изделий Процесс экструзии Объемный расход и скорость печати	
4	Кристаллизация и охлаждение Ширина линий и прочность периметров Материалы для экструзии Оснастка для FDM печати Продольная и поперечная прочность Комбинг и откаты Печать с несколькими экструдерами Создание литевых форм Методы быстрого прототипирования на порошковой основе Виды порошков	ПК-3.Д.1
5	Макрокинетика спекания Твердофазное спекание Жидкофазное спекание Химическое спекание Электронно-лучевое плавление Кинематика движения головы Субтрактивные технологии быстрого прототипирования Конструирование и дизайн Серийное производство моделей при помощи аддитивных технологий Система управления 3D печатью	ПК-3.Д.2
6	Нагревательные элементы Экструдеры Bouden и Direct Hotend и Coldend Калибровка оборудования Linear advance Повышение качества печати Аддитивные технологии в энергетике Мосты и нависания Дефекты печати Химические способы обработки	ПК-3.Д.3
7	Механические способы обработки Зависимость толщины слоя и стенки от сопла Использование башен Режим разглаживания G-код для старта печати G-код для окончания печати ПИД-регулятор температуры Основные требования к CAD-моделям, используемых для аддитивного производства Твердотельная конструктивная геометрия? Контурное представление? В чем заключаются достоинства и недостатки формата ASCII? Каким образом осуществляется экспорт геометрических моделей в формат STL в современных CAD-системах? В чем заключается проблема избыточности данных при использовании STL интерфейса?	ПК-3.Д.4

	Какие топологические проблемы могут наблюдаться при использовании геометрических моделей в формате STL?	
--	---	--

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

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
	<i>1 тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора</i> 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-1.3.2
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-1.У.3
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-1.В.2
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.	ПК-3.Д.1

	4. Использовать слайсер для построение искусственных поддержек.	
5	Какой из перечисленных процессов использует фотополимеры и ультрафиолетовый свет для создания объектов? 1) FDM (Fused Deposition Modeling). 2) SLA (Stereolithography). 3) SLS (Selective Laser Sintering). 4) EBM (Electron Beam Melting).	ПК-3.Д.2
6	Что такое аддитивное производство? 1) Процесс удаления материала для создания детали. 2) Процесс послойного добавления материала для создания объекта. 3) Метод литья под давлением. 4) Технология механической обработки.	ПК-3.Д.3
7	Какая технология 3D-печати использует лазер для спекания порошка? 1) FDM (Fused Deposition Modeling). 2) SLA (Stereolithography). 3) SLS (Selective Laser Sintering). 4) DLP (Digital Light Processing).	ПК-3.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		
8	В каком формате экспортируется 3D модель для дальнейшего изготовления методами аддитивных технологий? 1. STL. 2. STEP. 3. 3DP. 4. CTL.	ПК-1.3.2
9	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-1.У.3
10	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-1.В.2
11	Зачем проводить статический анализ изделия? 1. Определение электромагнитных характеристик изделия. 2. Выявление максимальных напряжений и деформаций. 3. Расчет аэродинамических свойств.	ПК-3.Д.1

	4. Выбор материала.	
12	Какие из перечисленных этапов относятся к процессу 3D-печати? 1) Создание 3D-модели в CAD-программе. 2) Нарезка модели на слои (слайсинг). 3) Механическая обработка готового изделия. 4) Постобработка (удаление поддержек, шлифовка).	ПК-3.Д.2
13	Какие технологии 3D-печати используют лазер или источник света для создания объектов? 1) FDM (Fused Deposition Modeling). 2) SLA (Stereolithography). 3) SLS (Selective Laser Sintering). 4) DLP (Digital Light Processing).	ПК-3.Д.3
14	Какие из перечисленных материалов используются в 3D-печати? 1) Пластик (PLA, ABS). 2) Металлический порошок. 3) Фотополимеры. 4) Бетон.	ПК-3.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		
15	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-1.3.2
16	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.	ПК-1.У.3
17	Соотнесите материалы с технологиями 3D-печати, для которых они подходят. Категории: A. PLA B. Фотополимерная смола C. Нейлоновый порошок D. Металлический порошок Варианты ответов:	ПК-1.В.2

	1. FDM 2. SLA 3. SLS 4. DMLS (Direct Metal Laser Sintering)	
18	Соотнесите этапы аддитивного производства с их описаниями. Категории: А. Подготовка 3D-модели В. Печать С. 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-3.Д.1
19	Соотнесите преимущества аддитивного производства с их описанием: 1. Снижение отходов материала. 2. Возможность создания сложных форм. 3. Быстрое прототипирование. 4. Снижение затрат на инструментарий. а) Минимальное количество обрезков и стружки по сравнению с традиционными методами. б) Отсутствие необходимости в сложных формах и оснастке. с) Создание геометрически сложных деталей, которые невозможно изготовить традиционными методами. d) Ускорение процесса разработки и тестирования новых изделий.	ПК-3.Д.2
20	Соотнесите типы 3D-принтеров с их характеристиками: 1. Настольные FDM-принтеры. 2. Промышленные SLS-принтеры. 3. SLA-принтеры. 4. Строительные 3D-принтеры. а) Используют лазер для спекания порошков. б) Подходят для домашнего использования и хобби. с) Используют фотополимеры и ультрафиолетовый свет. d) Предназначены для печати крупных строительных конструкций.	ПК-3.Д.3
21	Соотнесите проблемы 3D-печати с их решениями: 1. Низкая скорость печати. 2. Недостаточная прочность изделий. 3. Ограниченный выбор материалов. 4. Высокая стоимость оборудования. а) Использование композитных материалов или армирование. б) Разработка более быстрых технологий печати. с) Постепенное снижение цен за счет развития технологий. d) Расширение ассортимента материалов для 3D-печати.	ПК-3.Д.4
<i>4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности</i> Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо		
22	Расставьте этапы работы FDM 3D-принтера в правильной	ПК-1.3.2

	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).	
23	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.	ПК-1.У.3
24	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.	ПК-1.В.2
25	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	ПК-3.Д.1
26	Укажите правильную последовательность этапов работы с SLS-принтером: 1) Нагревание камеры для предварительного спекания порошка. 2) Нанесение нового слоя порошка. 3) Удаление готового изделия из камеры и очистка от порошка. 4) Лазерное спекание слоя порошка.	ПК-3.Д.2
27	Укажите правильную последовательность развития технологий 3D-печати: 1) Появление SLA-технологии (стереолитография). 2) Разработка FDM-технологии (моделирование методом наплавления). 3) Создание первых промышленных SLS-принтеров. 4) Развитие металлической 3D-печати (DMLS, EBM).	ПК-3.Д.3
28	Укажите правильную последовательность шагов при создании 3D-модели для печати:	ПК-3.Д.4

	1) Экспорт модели в формате STL или OBJ. 2) Проверка модели на ошибки (например, "незамкнутые" поверхности). 3) Создание 3D-модели в CAD-программе. 4) Оптимизация модели для печати (уменьшение полигонов, добавление поддержек).	
<i>5 тип. Задание открытого типа с развернутым ответом</i> Инструкция: Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ или напишите пропущенное слово/словосочетание		
29	В аддитивном производстве для создания изделий используется метод послойного ().	ПК-1.3.2
30	Один из самых распространенных материалов в аддитивном производстве — это (), который используется для 3D-печати.	ПК-1.У.3
31	Для создания металлических деталей в аддитивном производстве часто применяется технология () лазерного спекания.	ПК-1.В.2
32	В аддитивном производстве для создания сложных геометрических форм часто используется () моделирование.	ПК-3.Д.1
33	В процессе FDM-печати материал подается через (), который нагревает и экструдировывает пластик.	ПК-3.Д.2
34	Для создания 3D-моделей чаще всего используются () программы, такие как SolidWorks, TFlex или Компас.	ПК-3.Д.3
35	После завершения печати часто требуется (), которая включает удаление поддержек, шлифовку и покраску.	ПК-3.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
	Не предусмотрено

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

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 электроэнергетике.

Задачами дисциплины является формирование у обучающихся понимания принципов работы оборудования, применяемых в аддитивных технологиях, формирование компетенции, позволяющей производить расчет и проектирование объектов электроэнергетики с использованием новых производственных технологий, формирование компетенции, позволяющей применять разные типы аддитивных технологий, материалы и программное обеспечение для использования аддитивных технологий, формирование у обучающихся способности осуществления технико-экономического обоснования проектов.

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;

- Основы аддитивных технологий;

- Применение аддитивных технологий в электроэнергетике;

- Постобработка объектов электроэнергетики, после изготовления методами аддитивных технологий.

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;

- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;

- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;

- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;

- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

1. Все студенты должны быть ознакомлены с темами практических занятий, приведенными в таблице 5.

2. Практические занятия целесообразно проводить по темам, предварительно изученными студентами на лекциях или самостоятельно.

3. С целью повышения эффективности практических занятий необходимо изучение каждой темы сопровождать решением задач. Темы практических занятий и номера заданий приведены в таблице 5.

11.3. 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

1. Приступать к работе можно только после ознакомления с рабочим местом.
2. Перед сборкой схем убедиться в том, что лабораторное оборудование отключено от источника питания.
3. Перед включением схемы убедиться в том, что вся включенная в схему коммутационная аппаратура (кнопки и др.) находится в исходном положении.
4. При включении и в процессе регулирования следить за показаниями основных измерительных приборов (цифровой осциллограф, мультиметр и др.) схемы.
5. В процессе работы не оставлять без присмотра рабочее место, которое находится под напряжением.
6. Не касаться неизолированных частей приборов и аппаратов, которые находятся под напряжением.
7. К лабораторным занятиям допускаются только те студенты, которые усвоили правила безопасности.
8. Лабораторные работы выполняются бригадой студентов в составе не менее двух человек.
9. Каждый студент должен подготовиться к лабораторной работе. При недостаточной подготовке студент не допускается к ее выполнению.
10. Собранная схема и написанная программа должна быть проверена преподавателем, который после проверки дает разрешение на проведение опытов.
11. Перед включением схемы студент, производящий данную операцию, должен предупредить членов своей бригады об этом фразой «Начинаем эксперимент».
12. После включения схемы без записи показаний приборов проверяется возможность выполнения лабораторной работы во всем заданном диапазоне изменения характеристик и показаний. Только после этого приступают к работе.
13. Результаты измерений по каждой характеристике должны быть проверены преподавателем.
14. Все переключения в схеме и ее окончательная разборка делается только с разрешения преподавателя. В случае неверности полученных данных работа переделывается.
15. После переключения схема должна быть проверена преподавателем.
16. В случае возникновения аварийной ситуации (появление дыма, запаха гари, несвойственных звуков, искры и др.) на рабочем месте необходимо немедленно отключить схему от напряжения и сообщить об этом событии преподавателю без любых изменений в схеме. Вместе с преподавателем надо найти причину аварии и устранить ее.
17. Студент должен бережно обращаться с предоставляемым ему оборудованием и компьютерной техникой, запрещается делать надписи мелом, карандашом или чернилами. Нельзя загромождать рабочее место приборами и аппаратами, которые не используются в лабораторной работе, оставлять на них книги, тетради и др. предметы.
18. К следующему занятию каждый студент должен составить отчет по предыдущей лабораторной работе в соответствии с установленной формой.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен содержать следующие обязательные разделы:

1. Титульный лист
2. Цель выполнения лабораторной работы
3. Принципиальные или функциональные схемы экспериментов
4. Результаты экспериментов в виде таблиц и графиков
5. Теоретические расчеты (при необходимости)
6. Выводы по лабораторной работе

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Оформление отчета по лабораторной работе должно соответствовать требованиям правилам оформления текстовых документов ГОСТ 7.32-2017, ГОСТ 2.105-2019 и нормативным документам ГУАП (new.guar.ru).

11.4. 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.

11.5. 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.

Для текущего контроля успеваемости используются комплекты тестовых заданий по темам. Тест состоит из 10-15 вопросов. Время выполнения 30 минут. Тест считается сданным, если выполнено не менее 70% заданий. Результаты текущего контроля сообщаются студентам непосредственно на следующем занятии.

Результаты текущего контроля успеваемости учитываются при проведении промежуточной аттестации. При непрохождении текущего контроля студенту ставится оценка «неудовлетворительно».

11.6. 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».

Промежуточная аттестация оценивается по результатам текущего контроля успеваемости и проводится в форме экзамена. Экзамен проводится в смешанной форме по вопросам, представленным в таблице 15, в виде подготовки и изложения развёрнутого ответа. Время на подготовку ответа - 90 минут.

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