

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

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ

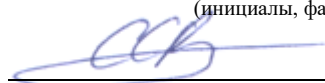
Руководитель направления

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«22» июня 2023 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Аддитивное производство»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки	13.03.02
Наименование направления подготовки	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности	Цифровая энергетика
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург– 2023

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

ст.преп

(должность, уч. степень, звание)



(подпись, дата)

А.В. Рысин

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«24» апреля 2023 г, протокол № 6

Заведующий кафедрой № 32

к.т.н., доц.

(уч. степень, звание)



(подпись, дата)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 13.03.02(03)

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



(подпись, дата)

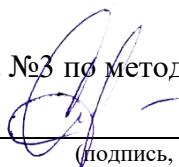
О.Я. Солёная

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

ст. преп.

(должность, уч. степень, звание)



(подпись, дата)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

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

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-4 «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 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 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-4 Аддитивное производство	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»;
- «Теоретические основы электротехники»;
- «Промышленная электроника».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться 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
		№7
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	4/ 144	4/ 144
<b>Из них часов практической подготовки</b>	34	34
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	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
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	57	57
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> 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 7					
Раздел 1. Введение в аддитивные технологии 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.	4	2			10
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		17

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		20
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		10
Итого в семестре:	17	17	17		57
Итого	17	17	17	0	57

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
<b>1</b>	Введение в аддитивные технологии, общие термины, классификация аддитивных технологий, основы автоматизации процессов, обобщенная схема операций при прототипировании, специфика работы на разных устройствах аддитивных технологий.
<b>2</b>	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.
<b>3</b>	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.
<b>4</b>	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 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 7					
1	Выбор аддитивной	Расчетно-	2	6	1

	установки	графическая работа			
2	Источники энергии аддитивных установок	Расчетно-графическая работа	2	6	2
3	Изготовление объектов электроэнергетики методом FDM	Расчетно-графическая работа	3	6	2
4	Производства элементов электрических машин методами аддитивных технологий	Расчетно-графическая работа	3	6	3
5	Настройка печати корпуса автоматического выключателя	Расчетно-графическая работа	3	5	3
6	Кейс «Внедрение аддитивных технологий в производственный процесс»	Расчетно-графическая работа	4	5	3
Всего			17	34	

#### 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 7				
1	Калибровка аддитивной установки	4	6	2
2	Печать на FDM принтере	4	7	3
3	Печать на LCD принтере	2	7	4
4	3D сканирование изделия	3	7	4
5	Реверсивный инжиниринг	4	7	4
Всего		17	34	

#### 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 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала	17	17

дисциплины (ТО)		
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	20	20
Домашнее задание (ДЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	20	20
Всего:	57	57

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. Из-во 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
<a href="https://support.ultimaker.com/hc/en-us">https://support.ultimaker.com/hc/en-us</a>	Справочные материалы Ultimaker Cura
<a href="https://www.thingiverse.com/">https://www.thingiverse.com/</a>	Платформа для обмена STL моделями Thingiverse
<a href="https://tflexcad.ru/download/documentation/">https://tflexcad.ru/download/documentation/</a>	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»	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; Примерный перечень вопросов для тестов.

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;

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
	– 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	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Быстрое прототипирование</li> <li>2. Аддитивные технологии</li> <li>3. Прототипирование</li> <li>4. Характеристики прототипа</li> <li>5. Шаги быстрого прототипирования</li> <li>6. Точность воспроизведения</li> <li>7. SLA метод</li> <li>8. FDM метод</li> <li>9. SLS метод</li> <li>10. Трехмерное моделирование средствами САПР</li> <li>11. Конвертация и передача данных</li> <li>12. Проверка и подготовка к работе</li> <li>13. Послойное построение изделия</li> <li>14. Удаление поддержек и постобработка</li> <li>15. Ступенчатость</li> <li>16. Формат STL</li> </ol>	ПК-4. Д.1

	<ul style="list-style-type: none"> <li>17. Управляющие команды</li> <li>18. Ориентация изделия</li> <li>19. Поддерживающие структуры</li> <li>20. Виды решеток заполнения</li> <li>21. Фотополимеризационные материалы</li> <li>22. Механизмы и скорости реакций полимеризации</li> <li>23. Лазерная стереолитография</li> <li>24. Методы сканирования при лазерной стереолитографии</li> <li>25. Процесс изготовления интегральных микросхем</li> </ul>	
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>26. Требования к материалам в энергетике</li> <li>27. Изготовление прототипов с использованием нескольких материалов</li> <li>28. Очистка и защита изделий</li> <li>29. Процесс экструзии</li> <li>30. Объемный расход и скорость печати</li> <li>31. Кристаллизация и охлаждение</li> <li>32. Ширина линий и прочность периметров</li> <li>33. Материалы для экструзии</li> <li>34. Оснастка для FDM печати</li> <li>35. Продольная и поперечная прочность</li> <li>36. Комбинг и откаты</li> <li>37. Печать с несколькими экструдерами</li> <li>38. Создание литевых форм</li> <li>39. Методы быстрого прототипирования на порошковой основе</li> <li>40. Виды порошков</li> <li>41. Макрокинетика спекания</li> <li>42. Твердофазное спекание</li> <li>43. Жидкофазное спекание</li> <li>44. Химическое спекание</li> <li>45. Электронно-лучевое плавление</li> <li>46. Кинематика движения головы</li> <li>47. Субтрактивные технологии быстрого прототипирования</li> <li>48. Конструирование и дизайн</li> <li>49. Серийное производство моделей при помощи аддитивных технологий</li> <li>50. Система управления 3D печатью</li> </ul>	ПК-4. Д.2
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>51. Нагревательные элементы</li> <li>52. Экструдеры Bouden и Direct</li> <li>53. Hotend и Coldend</li> <li>54. Калибровка оборудования</li> <li>55. Linear advance</li> <li>56. Повышение качества печати</li> <li>57. Аддитивные технологии в энергетике</li> <li>58. Мосты и нависания</li> <li>59. Дефекты печати</li> <li>60. Химические способы обработки</li> <li>61. Механические способы обработки</li> <li>62. Зависимость толщины слоя и стенки от сопла</li> <li>63. Использование башен</li> <li>64. Режим разглаживания</li> <li>65. G-код для старта печати</li> <li>66. G-код для окончания печати</li> </ul>	ПК-4. Д.3

	<p>67. ПИД-регулятор температуры</p> <p>68. Основные требования к CAD-моделям, используемых для аддитивного производства</p> <p>69. Твердотельная конструктивная геометрия?</p> <p>70. Контурное представление?</p> <p>71. В чем заключаются достоинства и недостатки формата ASCII?</p> <p>72. Каким образом осуществляется экспорт геометрических моделей в формат STL в современных CAD-системах?</p> <p>73. В чем заключается проблема избыточности данных при использовании STL интерфейса?</p> <p>74. Какие топологические проблемы могут наблюдаться при использовании геометрических моделей в формате STL?</p> <p>75. Какие геометрические проблемы могут иметь место при использовании геометрических моделей в формате STL?</p>	
4	<p>76. Какие основные характеристики определяют ориентацию детали при ее построении аддитивными методами?</p> <p>77. Какие функции выполняет поддержка детали при ее построении аддитивными методами?</p> <p>78. Из каких функциональных зон состоит поддержка детали?</p> <p>79. Какие виды поддерживающих структур используются при построении деталей аддитивными методами?</p> <p>80. Каким образом осуществляется разрезка модели на слои одинаковой толщины при подготовке к построению аддитивными методами?</p> <p>81. Каким образом осуществляется учет требований допуска при вычислении контуров сечений модели?</p> <p>82. На чем основан алгоритм идентификации внешних и внутренних контуров модели?</p> <p>83. Какие этапы включает в себя процедура адаптивной разрезки модели на слои переменной толщины?</p> <p>84. Каким образом производится генерация траекторий движения инструмента при использовании растрового сканирования?</p> <p>85. Каким образом производится генерация траекторий движения инструмента при использовании периметрического сканирования?</p> <p>86. Каким образом производится генерация траекторий движения инструмента при использовании направленного сканирования?</p> <p>87. В каких случаях используются зигзагообразные траектории инструмента при построении моделей?</p> <p>88. В каких случаях используется построчное сканирование при построении моделей?</p> <p>89. Основы автоматизации процесса БП</p> <p>90. Обобщенная схема операций при БП</p> <p>91. Требования к электрическим аппаратам.</p> <p>92. Требования к изоляторам ВЛЭП.</p> <p>93. Методы проверки изоляции</p> <p>94. Методы изготовления полупроводниковых преобразователей.</p> <p>95. Использование аддитивных технологий в энергетическом машиностроении</p> <p>96. Магнитная проводимость материалов в энергетических установках</p> <p>97. Ферритовые материалы</p> <p>98. Проверка электротехнического оборудования, выполненного</p>	ПК-4. Д.4

методами аддитивных технологий 99. Селективность аппаратов защиты 100. Аддитивные технологии в изготовлении плат преобразователей.	
--	--

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
1	Тест 1. Терминология 1. Выбрать один верный ответ. Что такое быстрое прототипирование? 2. Выбрать один верный ответ. Что такое FreeForm Fabrication? 3. Выбрать один верный ответ. Что такое Layer-based Additive Manufacturing? 4. Выбрать один верный ответ. Что такое аддитивные технологии? 5. Выбрать один верный ответ. Что такое прототип? 6. Выбрать один верный ответ. Что такое прототипирование? 7. Выбрать все верные ответы. Какие аспекты характеризуют прототип? 8. Выбрать один верный ответ. Что такое виртуальный прототип? 9. Выбрать все верные ответы. Для чего нужна технология БП? 10. Выбрать все верные ответы. Для чего служат прототипы в производственном процессе?	ПК-4. Д.1
2	Тест 2. Методы автоматизации производства 1. Выбрать один верный ответ. Для какой технологии 3D-печати характерна подача металла? 2. Выбрать один верный ответ. Какое максимальное количество материалов может быть использовано при использовании Polyjet технологии? 3. Выбрать один верный ответ. Как скорость печати влияет на качество печати? 4. Выбрать один верный ответ. Какое свойство характерно для пластика ABS? 5. Выбрать один верный ответ. Какой материал из перечисленных еще не доступен для 3D-печати? 6. Выбрать один верный ответ. Какое утверждение верное? 7. Выбрать один верный ответ. Что необходимо, чтобы провести	ПК-4. Д.1

	<p>статический анализ?</p> <p>8. Выбрать один верный ответ. Какие элементы электропривода не изготавливают методами аддитивных технологий?</p> <p>9. Выбрать один верный ответ. Как вычислить толщину стенок изделия, с помощью САПР?</p>	
3	<p>Тест 3. Порядок действий при прототипировании</p> <p>1. Выбрать один верный ответ. Какую точность имеет FDM технология?</p> <p>2. Выбрать один верный ответ. Какую точность имеет SLS технология?</p> <p>3. Выбрать один верный ответ. Какую точность имеет SLA технология?</p> <p>4. Выбрать один верный ответ. Как можно делать резьбовые отверстия в деталях, изготавливаемых методами аддитивных технологий?</p> <p>5. Выбрать один верный ответ. Что необходимо сделать перед 3D печатью?</p> <p>6. Выбрать один верный ответ. Каким образом можно увеличить прочность детали при 3D печати?</p> <p>7. Выбрать один верный ответ. Как можно соединить 2 напечатанные детали?</p> <p>8. Выбрать один верный ответ. В чем проблема печати круглых деталей?</p> <p>9. Выбрать один верный ответ. Каким образом при проектировании деталей следует учитывать температурное расширение материала?</p> <p>10. Выбрать один верный ответ. Как удаляется поддержка из PVA?</p>	ПК-4. Д.2
4	<p>Тест 4. Оборудование для аддитивных технологий</p> <p>1. Выбрать один верный ответ. В каком формате должна быть сохранена модель для печати?</p> <p>2. Выбрать все верные ответы. Какие САПР используют для создания 3D моделей?</p> <p>3. Выбрать один верный ответ. Какая толщина слоев первого SLS принтера?</p> <p>4. Выбрать все верные ответы. Из чего состоял первый SLS принтер?</p> <p>5. Выбрать один верный ответ. В каком виде представлена обратная связь первого SLS принтера оси Z?</p> <p>6. Выбрать все верные ответы. Какие проблемы не возникают при использовании аддитивных технологий?</p> <p>7. Выбрать все верные ответы. На какие группы можно разбить варианты применения быстрого проектирования?</p> <p>8. Выбрать один верный ответ. Что такое ступенчатость?</p> <p>9. Выбрать один верный ответ. Какая самая быстрая технология печати?</p> <p>10. Выбрать один верный ответ. Какая самая медленная технология печати?</p>	ПК-4. Д.2
5	<p>Тест 5. Очистка и защита изделий</p> <p>1. Выбрать один верный ответ. Чем растворяется ABS?</p> <p>2. Выбрать один верный ответ. Под воздействием чего с детали удаляются фотополимерные смолы?</p> <p>3. Выбрать один верный ответ. Чем растворяется PLA?</p> <p>4. Выбрать один верный ответ. Чем растворяется PETG?</p>	ПК-4. Д.3

	<p>5. Выбрать один верный ответ. Как удаляется PVA с детали?</p> <p>6. Выбрать один верный ответ. Какие есть методы постобработки изделий?</p> <p>7. Выбрать один верный ответ. Какое утверждение верно?</p> <p>8. Выбрать один верный ответ. Как тестировать корпус автоматического выключателя, произведенного методом аддитивных технологий?</p> <p>9. Выбрать один верный ответ. Что необходимо для удаления изделия со стола?</p> <p>10. Выбрать один верный ответ. Какое утверждение неверно?</p>	
6	<p>Тест 6. Аддитивные установки</p> <p>1. Выбрать один верный ответ. В каком формате экспортируется 3D модель для дальнейшего изготовления методами аддитивных технологий?</p> <p>2. Выбрать один верный ответ. Какое программное обеспечение используется для проектирования 3D модели, с целью ее дальнейшего изготовления методами аддитивных технологий?</p> <p>3. Выбрать один верный ответ. Как нельзя изготовить изделие с нависающими элементами используя FDM технологию?</p> <p>4. Выбрать один верный ответ. Как рассчитать необходимое заполнение изделия, изготавливаемого методами аддитивных технологий?</p> <p>5. Выбрать один верный ответ. Какие преимущества изготовления полимерных магнитов SLS технологией в энергетическом машиностроении?</p> <p>6. Выбрать один верный ответ. Недостатки изделия, изготавливаемого FDM технологией:</p> <p>7. Выбрать один верный ответ. Как происходит печать SLA технологией?</p> <p>8. Выбрать один верный ответ. Как происходит печать SLS технологией?</p> <p>9. Выбрать один верный ответ. Какие материалы не применяются в аддитивных технологиях?</p> <p>10. Выбрать один верный ответ. Какие правила эксплуатации жидких фотополимеров?</p>	ПК-4. Д.3
7	<p>Тест 7. Изготовление объектов электроэнергетики методами аддитивных технологий</p> <p>1. Выбрать один верный ответ. Зачем проводить статический анализ изделия?</p> <p>2. Выбрать один верный ответ. Что необходимо сделать перед введением в эксплуатацию энергоустановок с элементами, изготовленными аддитивными технологиями?</p> <p>3. Выбрать один верный ответ. Кто принимает в эксплуатацию электротехническое оборудование?</p> <p>4. Выбрать один верный ответ. Какие требования предъявляются к электрическим выключателям?</p> <p>5. Выбрать один верный ответ. Какие дефекты образуются при повышении температуры материала во время спекания порошка методом SLS?</p>	ПК-4. Д.4

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, приходиться 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 обучающимся 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

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](http://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](http://www.guap.ru)) в разделе «Сектор нормативной документации».

#### 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.

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.

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.

#### 11.6. 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».

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