

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Производство энергетического оборудования

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

|   |   |
|---|---|
| <b>Блок:</b>  | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                             |
| <b>Часть образовательной программы:</b>   | <b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b> |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>  | <b>Б1.Ч.10.01.02</b>  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>  | <b>3 семестр - 4;</b>   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>   | <b>144 часа</b>   |
| <b>Лекции</b>   | <b>3 семестр - 32 часа;</b>                                     |
| <b>Практические занятия</b>   | <b>3 семестр - 32 часа;</b>                                     |
| <b>Лабораторные работы</b>  | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Консультации</b>   | <b>3 семестр - 2 часа;</b>                                      |
| <b>Самостоятельная работа</b>   | <b>3 семестр - 77,5 часа;</b>                                   |
| <b>в том числе на КП/КР</b>   | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Иная контактная работа</b>   | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>             |
| <b>включая:</b><br><b>Коллоквиум</b><br><b>Контрольная работа</b><br><b>Расчетно-графическая работа</b> |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>  |   |
| <b>Экзамен</b>  | <b>3 семестр - 0,5 часа;</b>                                    |

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

|   |  |                               |
|---|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|   | Владелец   | Родякина Р.В.                 |
|   | Идентификатор                                      | R768be585-RodiakinaRV-b3c4458 |

Р.В. Родякина


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

|   |  |                             |
|---|--|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                             |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                             |
|   | Владелец   | Волков П.В.                 |
|   | Идентификатор                                      | Rae5921e8-VolkovPV-971cc7f4 |

П.В. Волков

Заведующий выпускающей  
кафедрой

|   |  |                               |
|---|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|   | Владелец   | Гончаров А.Л.                 |
|   | Идентификатор                                      | R1e4b7e3c-GoncharovAL-b043abe |

А.Л. Гончаров

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Цель освоения дисциплины состоит в изучении основных видов новейших аддитивных технологий, их достоинств, недостатков, основных областей применения и особенностей применения в современном производстве энергетического оборудования

### Задачи дисциплины

- приобретение знаний о существующих видах аддитивных технологий, которые могут быть использованы при производстве энергетического оборудования;
- приобретение знаний об особенностях применения этих технологий в современном технологическом производстве;
- приобретение навыков расчета режимов и анализа получаемых результатов при использовании отдельных видов аддитивных технологий, которые могут быть использованы в ходе производства энергетического оборудования.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Запланированные результаты обучения   |
|---|---|---|
| ПК-2 Способен участвовать в разработке технологий производства, ремонта и контроля энергетического оборудования | ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Принимает обоснованные технические решения при разработке технологий производства, ремонта и контроля энергетического оборудования | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- общую последовательность процесса аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования, этапы аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования;</li><li>- особенности применения аддитивных технологий в современном технологическом производстве для послойного формирования изделий энергетического оборудования и их возможности;</li><li>- основные узлы установок для послойного формирования изделий энергетического оборудования;</li><li>- существующие виды аддитивных технологий, возможные области их применения для послойного формирования изделий энергетического оборудования, их достоинства и недостатки.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- анализировать получаемые при реализации отдельных видов аддитивных технологий результаты;</li><li>- выбирать оборудование и материалы, необходимое для проведения процесса в каждом конкретном случае;</li><li>- выстраивать общую последовательность процесса</li></ul> |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения  |
|--------------------------------|--|--|
|                                |  | <p>аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования с указанием ее этапов для конкретных деталей;</p> <p>- выбирать вид аддитивной технологии, который может быть в каждом конкретном случае использован для производства энергетического оборудования.</p> |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Производство энергетического оборудования (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные показатели качества размерной обработки деталей энергетического оборудования
- знать общие основы программирования станков с ЧПУ
- знать общие понятия о прочности, твердости и механико-технологических испытаниях и свойствах материалов
- знать влияние нагрева и охлаждения на механические свойства конструкционных материалов
- знать основные характеристики дуговых, плазменных, электронно-лучевых и лазерных технологических установок как объектов управления, основные задачи и алгоритмы управления ими
- знать функциональные возможности и области применения компьютерных и микропроцессорных средств контроля и автоматизации
- знать состав, функциональные возможности и основные технические характеристики исполнительных устройств систем автоматического управления
- уметь принимать обоснованные решения по использованию современных наукоемких технологий для производства энергетического оборудования
- уметь анализировать результаты экспериментов по исследованию механических и технологических свойств материалов
- уметь выполнять расчеты на прочность типовых деталей и конструкций
- уметь идентифицировать технологические процессы и установки как объекты управления, выбирать средства контроля и автоматизации

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации   | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | Содержание самостоятельной работы/ методические указания   |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|
|       |  |                       |         | Контактная работа  |     |    |              |   |     |    | СР |                   |                                   |  |
|       |  |                       |         | Лек  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль |  |
| КПР   | ГК   | ИККП                  | ТК      |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   |  |
| 1     | 2  | 3                     | 4       | 5  | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                | 14                                | 15   |
| 1     | Общие представления о процессе аддитивного производства. Различия между аддитивным производством и обработкой на станках с ЧПУ. Развитие аддитивных технологий и их применение для производства энергетического оборудования | 14                    | 3       | 4  | -   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 6                 | -                                 | <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b><br/>Изучение теоретического материала с целью подготовки к контрольной работе «Общие представления о процессе аддитивного производства»</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к коллоквиуму «Общие представления о процессе аддитивного производства. Развитие аддитивных технологий и их применение для производства энергетического оборудования»</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], с. 28-35<br/>[2], с.7-30</p> |
| 1.1   | Общие представления о процессе аддитивного производства. Различия между аддитивным производством и обработкой на станках с ЧПУ. Развитие аддитивных технологий и их применение для производства                              | 14                    |         | 4  | -   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 6                                 |  |

|     |  |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |    |   |  |
|-----|--|----|----|---|----|---|---|---|---|---|---|----|---|--|
|     | энергетического оборудования   |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |    |   |  |
| 2   | Общая последовательность процесса аддитивного производства при производстве энергетического оборудования; этапы аддитивного производства при производстве энергетического оборудования. Различия технологий аддитивного производства | 34 | 10 | - | 10 | - | - | - | - | - | - | 14 | - | <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b><br/>Изучение теоретического материала с целью подготовки к контрольной работе «Общая последовательность процесса аддитивного производства; этапы аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования. Различия технологий аддитивного производства»)»</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к коллоквиуму «Общая последовательность процесса аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования. Этапы аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования»</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], с. 21-53<br/>[2], с.21-53</p> |
| 2.1 | Общая последовательность процесса аддитивного производства при производстве энергетического оборудования; этапы аддитивного производства при производстве энергетического оборудования. Различия технологий аддитивного производства | 34 | 10 | - | 10 | - | - | - | - | - | - | 14 | - | <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], с. 21-53<br/>[2], с.21-53</p>   |
| 3   | Знакомство с основными видами аддитивных технологий (фотополимеризация, плавление порошков в сформированном  | 32 | 10 | - | 10 | - | - | - | - | - | - | 12 | - | <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b><br/>Изучение теоретического материала с целью подготовки к контрольной работе «Задачи программного обеспечения в аддитивном производстве. Рекомендации по выбору технологии для аддитивного производства элементов энергетического оборудования»)»</p>   |



|     |   |       |    |   |    |   |   |   |   |     |      |      |  |
|-----|---|-------|----|---|----|---|---|---|---|-----|------|------|--|
|     | Проектирование для аддитивного производства. Рекомендации по выбору технологии для аддитивного производства элементов энергетического оборудования  |       |    |   |    |   |   |   |   |     |      |      | аддитивном выращивании изделия методом селективного лазерного сплавления (СЛС)»<br><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Тема расчетно-графического задания: "Расчет параметров модели процесса нагрева, плавления и остывания частиц порошка в слое порошкового материала при аддитивном выращивании изделия методом селективного лазерного сплавления (СЛС)" |
| 4.1 | Задачи программного обеспечения в аддитивном производстве. Прямое цифровое производство. Проектирование для аддитивного производства. Рекомендации по выбору технологии для аддитивного производства элементов энергетического оборудования | 28    | 8  | - | 8  | - | - | - | - | -   | 12   | -    | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к коллоквиуму «Задачи программного обеспечения в аддитивном производстве. Прямое цифровое производство. Проектирование для аддитивного производства»<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], с. 140-155; 185-230<br>[2], с. 140-155; 185-230                           |
|     | Экзамен   | 36.0  | -  | - | -  | - | 2 | - | - | 0.5 | -    | 33.5 |  |
|     | Всего за семестр  | 144.0 | 32 | - | 32 | - | 2 | - | - | 0.5 | 44   | 33.5 |  |
|     | Итого за семестр  | 144.0 | 32 | - | 32 | 2 | - | - | - | 0.5 | 77.5 |      |  |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация



### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Общие представления о процессе аддитивного производства. Различия между аддитивным производством и обработкой на станках с ЧПУ. Развитие аддитивных технологий и их применение для производства энергетического оборудования

1.1. Общие представления о процессе аддитивного производства. Различия между аддитивным производством и обработкой на станках с ЧПУ. Развитие аддитивных технологий и их применение для производства энергетического оборудования

Аддитивное производство и области его использования. Различия между аддитивным производством и обработкой на станках. Этапы развития аддитивных технологий. Общее представление процесса аддитивного производства. Преимущества и недостатки процессов аддитивного производства. Развитие аддитивных технологий и их применение для производства энергетического оборудования.

#### 2. Общая последовательность процесса аддитивного производства при производстве энергетического оборудования; этапы аддитивного производства при производстве энергетического оборудования. Различия технологий аддитивного производства

2.1. Общая последовательность процесса аддитивного производства при производстве энергетического оборудования; этапы аддитивного производства при производстве энергетического оборудования. Различия технологий аддитивного производства

Этапы аддитивного производства, общая последовательность аддитивного производства. Различия технологий аддитивного производства (системы с использованием фотополимеров, порошковые системы, системы с расплавленным материалом, твердые листовые материалы, системы с использованием металлов). Общее оборудование, используемое в аддитивном производстве.

#### 3. Знакомство с основными видами аддитивных технологий (фотополимеризация, плавление порошков в сформированном слое, экструзионные процессы, струйная печать, процессы направленного энерговклада, технологии прямой записи), которые могут быть использованы при производстве элементов энергетического оборудования

3.1. Знакомство с основными видами аддитивных технологий (фотополимеризация, плавление порошков в сформированном слое, экструзионные процессы, струйная печать, процессы направленного энерговклада, технологии прямой записи), которые могут быть использованы при производстве элементов энергетического оборудования

Взаимосвязь этапов проектирования, технологической подготовки и изготовления деталей с помощью различных видов аддитивных технологий (взаимосвязь обработки, структуры и свойств). Возможности аддитивных технологий, которые могут быть использованы при производстве элементов энергетического оборудования, их особенности, области применения, схема построения процесса, используемые материалы и оборудование, достоинства и недостатки каждого из видов аддитивных технологий.

#### 4. Задачи программного обеспечения в аддитивном производстве. Прямое цифровое производство. Проектирование для аддитивного производства. Рекомендации по выбору технологии для аддитивного производства элементов энергетического оборудования

4.1. Задачи программного обеспечения в аддитивном производстве. Прямое цифровое производство. Проектирование для аддитивного производства. Рекомендации по выбору технологии для аддитивного производства элементов энергетического оборудования

Подготовка моделей САПР; формат файлов аддитивного производства. Создание файлов STL из системы САПР. Зависящие от технологии элементы. Моделирование процесса аддитивного производства с помощью конечно-элементного анализа. Прямое цифровое производство и его перспективы. Методы выбора для изделий, планирование и контроль производства. Проектирование с учетом требований производства и сборки. Основные принципы, цели и возможности проектирования для аддитивного производства элементов энергетического оборудования.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Занятие №5. Различные технологии аддитивного производства (системы с использованием фотополимеров, порошковые системы) (2 часа).;
2. Занятие №12. Взаимосвязь обработки, структуры и свойств (2 часа);
3. Занятие №11. Знакомство с основными видами аддитивных технологий (технологии прямой записи) (2 часа).;
4. Занятие №10. Знакомство с основными видами аддитивных технологий (процессы направленного энерговклада – с применением лазерного и электронного пучка) (2 часа).;
5. Занятие №9. Знакомство с основными видами аддитивных технологий (экструзионные процессы, струйная печать) (2 часа).;
6. Занятие №7. КМ № 4 (контрольная работа) (2 часа).;
7. Занятие №16. КМ № 8 (Защита РГР) (2 часа).;
8. Занятие №15. Рекомендации по выбору технологии (2 часа).;
9. Занятия №3-4. КМ № 2 (контрольная работа) (1 час). Общая последовательность аддитивного производства, его этапы (3 часа);
10. Занятие №2. Этапы развития аддитивных технологий (2 часа);
11. Занятие №1. Аддитивное производство и области его использования (2 часа);
12. Занятие №8. Знакомство с основными видами аддитивных технологий и используемым оборудованием (фотополимеризация, плавление порошков в сформированном слое)(2 часа).;
13. Занятие №13. КМ № 6 (контрольная работа) (1 час). Задачи программного обеспечения в аддитивном производстве (1 час).;
14. Занятие №6. Различные технологии аддитивного производства (системы с расплавленным материалом, твердые листовые материалы, системы с использованием металлов) (2 часа).;
15. Занятие №14. Прямое цифровое производство. Проектирование для аддитивного производства (2 часа)..

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Групповая консультация по разделу "Общие представления о процессе аддитивного производства. Различия между аддитивным производством и обработкой на станках с ЧПУ. Развитие аддитивных технологий и их применение для производства энергетического оборудования" проводится перед экзаменом
2. Групповая консультация по разделу "Общая последовательность процесса аддитивного производства при производстве энергетического оборудования; этапы

- аддитивного производства при производстве энергетического оборудования. Различия технологий аддитивного производства" проводится перед экзаменом
3. Групповая консультация по разделу "Знакомство с основными видами аддитивных технологий (фотополимеризация, плавление порошков в сформированном слое, экструзионные процессы, струйная печать, процессы направленного энерговклада, технологии прямой записи), которые могут быть использованы при производстве элементов энергетического оборудования" проводится перед экзаменом
  4. Групповая консультация по разделу "Задачи программного обеспечения в аддитивном производстве. Прямое цифровое производство. Проектирование для аддитивного производства. Рекомендации по выбору технологии для аддитивного производства элементов энергетического оборудования" проводится перед экзаменом

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)   | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   | Оценочное средство<br>(тип и наименование)   |
|--|------------------|---|---|---|---|--|
|  |                  | 1   | 2 | 3 | 4 |  |
| <b>Знать:</b>  |                  |   |   |   |   |  |
| существующие виды аддитивных технологий, возможные области их применения для послойного формирования изделий энергетического оборудования, их достоинства и недостатки   | ИД-1ПК-2         | +   |   |   |   | Коллоквиум/Коллоквиум № 1 «Общие представления о процессе аддитивного производства. Развитие аддитивных технологий и их применение для производства энергетического оборудования»  |
| основные узлы установок для послойного формирования изделий энергетического оборудования   | ИД-1ПК-2         |   |   | + |   | Коллоквиум/Коллоквиум № 3 «Основные виды аддитивных технологий, их достоинства и недостатки. Области применения, используемое оборудование»  |
| особенности применения аддитивных технологий в современном технологическом производстве для послойного формирования изделий энергетического оборудования и их возможности  | ИД-1ПК-2         |   |   |   | + | Коллоквиум/Коллоквиум № 4 «Задачи программного обеспечения в аддитивном производстве. Прямое цифровое производство. Проектирование для аддитивного производства»   |
| общую последовательность процесса аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования, этапы аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования | ИД-1ПК-2         |   | + |   |   | Коллоквиум/Коллоквиум № 2 «Общая последовательность процесса аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования. Этапы аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования» |
| <b>Уметь:</b>  |                  |   |   |   |   |  |
| выбирать вид аддитивной технологии, который может быть в каждом конкретном случае использован для производства энергетического оборудования  | ИД-1ПК-2         | +   |   |   |   | Контрольная работа/Контрольная работа № 1 «Общие представления о процессе аддитивного производства»  |
| выстраивать общую последовательность   | ИД-1ПК-2         |   | + |   |   | Контрольная работа/Контрольная работа № 2 «Общая   |

|   |          |  |  |   |   |
|---|----------|--|--|---|---|
| процесса аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования с указанием ее этапов для конкретных деталей |          |  |  |   | последовательность процесса аддитивного производства; этапы аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования. Различия технологий аддитивного производства»                              |
| выбирать оборудование и материалы, необходимое для проведения процесса в каждом конкретном случае   | ИД-1ПК-2 |  |  | + | Контрольная работа/Контрольная работа № 3 «Задачи программного обеспечения в аддитивном производстве. Рекомендации по выбору технологии для аддитивного производства элементов энергетического оборудования»                      |
| анализировать получаемые при реализации отдельных видов аддитивных технологий результаты  | ИД-1ПК-2 |  |  | + | Расчетно-графическая работа/Защита РГР «Разработка модели процесса нагрева, плавления и остывания частиц порошка в слое порошкового материала при аддитивном выращивании изделия методом коаксиального лазерного плавления (КЛП)» |

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **3 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Коллоквиум № 1 «Общие представления о процессе аддитивного производства. Развитие аддитивных технологий и их применение для производства энергетического оборудования» (Коллоквиум)
2. Коллоквиум № 2 «Общая последовательность процесса аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования. Этапы аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования» (Коллоквиум)
3. Коллоквиум № 3 «Основные виды аддитивных технологий, их достоинства и недостатки. Области применения, используемое оборудование» (Коллоквиум)
4. Коллоквиум № 4 «Задачи программного обеспечения в аддитивном производстве. Прямое цифровое производство. Проектирование для аддитивного производства» (Коллоквиум)
5. Контрольная работа № 1 «Общие представления о процессе аддитивного производства» (Контрольная работа)
6. Контрольная работа № 2 «Общая последовательность процесса аддитивного производства; этапы аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования. Различия технологий аддитивного производства» (Контрольная работа)
7. Контрольная работа № 3 «Задачи программного обеспечения в аддитивном производстве. Рекомендации по выбору технологии для аддитивного производства элементов энергетического оборудования» (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита РГР «Разработка модели процесса нагрева, плавления и остывания частиц порошка в слое порошкового материала при аддитивном выращивании изделия методом коаксиального лазерного плавления (КЛП)» (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Экзамен (Семестр №3)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### 5.1 Печатные и электронные издания:

1. Гибсон, Я. Технологии аддитивного производства : [трехмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство] : пер. с англ. / Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер . – Москва : Техносфера, 2020 . – 648 с. – (Мир станкостроения) . - ISBN 978-5-94836-447-6 .;
2. Лазерные аддитивные технологии в машиностроении : учебное пособие / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров, Р. С. Третьяков ; ред. А. Г. Григорьянц . – Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018 . – 278 с. - ISBN 978-5-7038-4976-7 .;
3. С. В. Каменев, К. С. Романенко- "Технологии аддитивного производства", Издательство: "Оренбургский государственный университет", Оренбург, 2017 - (145 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481769>.

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
12. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
13. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
14. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - [Http://proinfosoft.ru](http://proinfosoft.ru);  
<http://docs.cntd.ru/>
15. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
16. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
17. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения         | Номер аудитории, наименование | Оснащение           |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------|
| Учебные аудитории для | Ж-120, Машинный               | сервер, кондиционер |

|  |   |  |
|--|---|--|
| проведения лекционных занятий и текущего контроля              | зал ИВЦ   |  |
|  | Х-101в, Лаборатория неразрушающего контроля     | парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный   |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                         | сервер, кондиционер  |
|  | Х-101в, Лаборатория неразрушающего контроля     | парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный   |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации      | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                         | сервер, кондиционер  |
|  | Х-101в, Лаборатория неразрушающего контроля     | парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный   |
| Помещения для самостоятельной работы                           | НТБ-303, Компьютерный читальный зал             | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер                               |
| Помещения для консультирования                                 | Х-101а, Лаборатория неразрушающего контроля     | кресло рабочее, стол, стол для работы с документами, стул, шкаф для документов, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, компьютер персональный |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря       | Х-202в, Помещение кафедры "Технологии металлов" | стол, стул, шкаф   |



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Аддитивные технологии в современном производстве

(название дисциплины)

#### 3 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Коллоквиум № 1 «Общие представления о процессе аддитивного производства. Развитие аддитивных технологий и их применение для производства энергетического оборудования» (Коллоквиум)
- КМ-2 Контрольная работа № 1 «Общие представления о процессе аддитивного производства» (Контрольная работа)
- КМ-3 Коллоквиум № 2 «Общая последовательность процесса аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования. Этапы аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования» (Коллоквиум)
- КМ-4 Контрольная работа № 2 «Общая последовательность процесса аддитивного производства; этапы аддитивного производства для послойного формирования изделий энергетического оборудования. Различия технологий аддитивного производства» (Контрольная работа)
- КМ-5 Коллоквиум № 3 «Основные виды аддитивных технологий, их достоинства и недостатки. Области применения, используемое оборудование» (Коллоквиум)
- КМ-6 Контрольная работа № 3 «Задачи программного обеспечения в аддитивном производстве. Рекомендации по выбору технологии для аддитивного производства элементов энергетического оборудования» (Контрольная работа)
- КМ-7 Коллоквиум № 4 «Задачи программного обеспечения в аддитивном производстве. Прямое цифровое производство. Проектирование для аддитивного производства» (Коллоквиум)
- КМ-8 Защита РГР «Разработка модели процесса нагрева, плавления и остывания частиц порошка в слое порошкового материала при аддитивном выращивании изделия методом коаксиального лазерного плавления (КЛП)» (Расчетно-графическая работа)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины  | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 | КМ-8 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|               |  | Неделя КМ: | 3    | 4    | 7    | 7    | 13   | 14   | 16   | 16   |
| 1             | Общие представления о процессе аддитивного производства. Различия между аддитивным производством и обработкой на станках с ЧПУ. Развитие аддитивных технологий и их применение для производства энергетического оборудования |            |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.1           | Общие представления о процессе аддитивного производства. Различия между аддитивным производством и   |            | +    | +    |      |      |      |      |      |      |

|     |  |  |  |   |   |   |   |  |  |
|-----|--|--|--|---|---|---|---|--|--|
|     | обработкой на станках с ЧПУ.<br>Развитие аддитивных технологий и их применение для производства энергетического оборудования   |  |  |   |   |   |   |  |  |
| 2   | Общая последовательность процесса аддитивного производства при производстве энергетического оборудования; этапы аддитивного производства при производстве энергетического оборудования. Различия технологий аддитивного производства   |  |  |   |   |   |   |  |  |
| 2.1 | Общая последовательность процесса аддитивного производства при производстве энергетического оборудования; этапы аддитивного производства при производстве энергетического оборудования. Различия технологий аддитивного производства   |  |  | + | + |   |   |  |  |
| 3   | Знакомство с основными видами аддитивных технологий (фотополимеризация, плавление порошков в сформированном слое, экструзионные процессы, струйная печать, процессы направленного энерговклада, технологии прямой записи), которые могут быть использованы при производстве элементов энергетического оборудования |  |  |   |   |   |   |  |  |
| 3.1 | Знакомство с основными видами аддитивных технологий (фотополимеризация, плавление порошков в сформированном слое, экструзионные процессы, струйная печать, процессы направленного энерговклада, технологии прямой записи), которые могут быть использованы при производстве элементов энергетического оборудования |  |  |   |   | + | + |  |  |
| 4   | Задачи программного обеспечения в аддитивном производстве. Прямое  |  |  |   |   |   |   |  |  |

|            |  |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|
|            | цифровое производство.<br>Проектирование для<br>аддитивного производства.<br>Рекомендации по выбору<br>технологии для аддитивного<br>производства элементов<br>энергетического оборудования  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 4.1        | Задачи программного<br>обеспечения в аддитивном<br>производстве. Прямое<br>цифровое производство.<br>Проектирование для<br>аддитивного производства.<br>Рекомендации по выбору<br>технологии для аддитивного<br>производства элементов<br>энергетического оборудования |    |    |    |    |    |    | +  | +  |
| Вес КМ, %: |  | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 30 |