

23.06.2022

24.08-12/30

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

Институт современных образовательных технологий (ИСОТ)



Первый проректор –
проректор по учебной работе
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Б.В. Падалкин
2022 г.

Дополнительное профессиональное образование

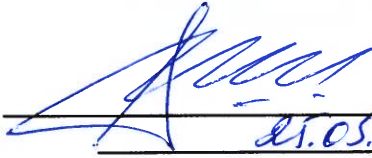
**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
*Введение в лазерные аддитивные технологии***

Регистрационный № 220612

Москва, 2022

СОГЛАСОВАНО:

**Директор НОЦ «ЦАТ»
МГТУ им. Н.Э. Баумана
к.т.н.**


_____ **А.Ю. Шишов**
25.05.2022 (дата)

**Начальник УМО ИСОТ
МГТУ им. Н.Э. Баумана**


_____ **А.Н. Козлова**
20.06.2022 (дата)

Оглавление

| | |
|--|----|
| 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ..... | 4 |
| 1.1. Цель ДПП..... | 4 |
| 1.2. Планируемые результаты обучения..... | 4 |
| 1.3. Дополнительные характеристики ДПП..... | 4 |
| 1.4. Перечень профессиональных компетенций в рамках имеющейся квалификации, качественное изменение которых осуществляется в результате обучения. Характеристика компетенций, подлежащих совершенствованию, и/или перечень новых компетенций, формирующихся в результате освоения программы | 5 |
| 1.5. Соответствие видов деятельности и профессиональных компетенций и их составляющих | 5 |
| 2. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДПП | 6 |
| 2.1. Категория слушателей ДПП | 6 |
| 2.2. Общая трудоёмкость программы, аудиторная и самостоятельная работа | 6 |
| 2.3. Форма обучения..... | 6 |
| 2.4. Учебный план..... | 6 |
| 3. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК | 7 |
| 4. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДПП..... | 7 |
| 4.1. Рабочая программа модуля..... | 7 |
| 5. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ДПП..... | 11 |
| 5.1. Организационные условия реализации ДПП..... | 11 |
| 5.2. Педагогические условия реализации ДПП | 11 |
| 5.3. Учебно-методическое обеспечение ДПП..... | 12 |
| 5.4. Методические рекомендации | 12 |
| 6. ФОРМЫ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ДПП..... | 12 |
| 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ | 12 |
| 7.1. Паспорт комплекта оценочных средств..... | 12 |
| 7.2. Комплект оценочных средств | 13 |

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дополнительная профессиональная программа (ДПП) подготовлена на основе:

- Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- требований Приказа Минобрнауки России от 01.07.2013 № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам»;
- методических рекомендаций-разъяснений Минобрнауки России по разработке дополнительных профессиональных программ на основе профессиональных стандартов Минобрнауки России от 22 апреля 2015 г. № ВК-1030/06;
- приказа Минобрнауки России от 23 августа 2017 года № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ».

Реализация ДПП направлена на совершенствование имеющихся и/или получение новых компетенций, необходимых для профессиональной деятельности и повышения профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации.

1.1. Цель ДПП

Совершенствовать у слушателей профессиональных компетенций в области лазерных аддитивных технологий.

Целью ДПП является формирование знаний в области лазерных аддитивных технологий: изучение основных понятий, возможностей, технологических особенностей лазерной обработки при выращивании изделий с помощью лазерных аддитивных технологий (ЛАТ).

1.2. Планируемые результаты обучения

Планируемые результаты обучения по ДПП:

- успешное освоение профессиональных компетенций в процессе изучения перечисленных в учебном плане тем;
- успешное освоение программы повышения квалификации;
- успешное прохождение итоговой аттестации.

Обучающимся, успешно прошедшим обучение, сдавшим текущие контрольные задания и выдержавшим предусмотренные учебным планом итоговую аттестацию (зачет) выдается удостоверение о повышении квалификации образца, установленного в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

1.3. Дополнительные характеристики ДПП

Перечень профессиональных компетенций в рамках имеющейся квалификации, качественное изменение которых осуществляется в результате обучения, определен Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 05.10.2020 № 697н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист по аддитивным технологиям», регистрационный № 962 (зарегистрировано в Минюсте России 05.11.2020, регистрационный № 60744).

Наименование вида профессиональной деятельности: Производство изделий методами аддитивных технологий (Код 40.159).

Обобщенная трудовая функция: Производство несложных изделий методами аддитивных технологий.

Трудовые функции: Проектирование модели несложного изделия, изготавливаемого методами аддитивных технологий (В/01.5).

1.4. Перечень профессиональных компетенций в рамках имеющейся квалификации, качественное изменение которых осуществляется в результате обучения. Характеристика компетенций, подлежащих совершенствованию, и/или перечень новых компетенций, формирующихся в результате освоения программы

Реализация ДПП направлена на совершенствование имеющихся и/или получение новых компетенций, необходимых для профессиональной деятельности и повышения профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации.

Профессиональные компетенции базируются на основании Приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 09.08.2021 № 728 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и комплексы» (зарегистрировано в Минюсте России 7 сентября 2021 года, регистрационный № 64910).

Перечень профессиональных компетенций:

– способен разрабатывать комплексные технологические процессы изготовления промышленных изделий методами лазерных аддитивных технологий (ПК-1).

Профессиональные компетенции определяются Университетом на основе анализа требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда, обобщения отечественного и зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники, иных источников.

1.5. Соответствие видов деятельности и профессиональных компетенций и их составляющих

| Трудовые функции | | | |
|--|---|--|--|
| Проектирование модели несложного изделия, изготавливаемого методами аддитивных технологий (В/01.5) | | | |
| Код компетенций | Практический опыт | Умения | Знания |
| ПК-1 | Проектирование конструкции несложного изделия аддитивного производства. Выбор аддитивной технологии и источника энергии для формообразования несложного изделия аддитивного производства. Выбор исходного материала для изготовления несложного изделия | Выбирать способ формообразования несложного изделия методами аддитивных технологий с использованием имеющегося в организации оборудования. Определять потребный источник энергии для изготовления несложного изделия: в виде непосредственного нагрева, лазерного, электронного или оптического луча. | Особенности аддитивных технологий по сравнению с традиционными методами формообразования несложных изделий машиностроения. Особенности методов селективного лазерного плавления, селективного электронно-лучевого плавления, прямого лазерного нанесения металла и их возможности. Достоинства и |

| | | | |
|--|--|---|---|
| | методами аддитивных технологий в зависимости от заданных эксплуатационных свойств. | Выбирать параметры режима аддитивной технологии изготовления несложного изделия: мощность источника энергии, расход материала, толщину слоя, скорость охлаждения. | недостатки различных методов аддитивных производств. Физические явления, происходящие в ходе изготовления изделий аддитивными методами. |
|--|--|---|---|

2. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДПП

2.1. Категория слушателей ДПП

Имеющаяся квалификация (требования к слушателям): лица, имеющие среднее профессиональное и (или) высшее образование; лица, получающие среднее профессиональное и (или) высшее образование.

2.2. Общая трудоёмкость программы, аудиторная и самостоятельная работа

Общая трудоёмкость программы 39 часов, из них 28 часов аудиторной лекционной части, 2 часа практических занятий и 9 часов самостоятельной работы.

2.3. Форма обучения

ДПП реализуется по очной форме обучения, с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

2.4. Учебный план

ДПП «Введение в лазерные аддитивные технологии» реализуется одним модулем.

| № п/п | Наименование темы | Форма контроля | Всего, час | В том числе | | |
|-------|---|----------------|------------|-------------|----------------------|------------------------|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Самостоятельная работа |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Введение в аддитивные технологии | – | 2 | 2 | – | – |
| 2 | Разновидности аддитивных технологий | – | 2 | 2 | – | – |
| 3 | Лазерные аддитивные технологии | – | 2 | 2 | – | – |
| 4 | Этапы лазерных аддитивных технологий | устный опрос | 3 | 2 | – | 1 |
| 5 | Материалы для лазерных аддитивных технологий | – | 2 | 2 | – | – |
| 6 | Лазерная стереолитография | – | 2 | 2 | – | – |
| 7 | Технология селективного лазерного выращивания | устный опрос | 7 | 4 | – | 3 |
| 8 | Технология прямого лазерного выращивания | – | 4 | 4 | – | – |
| 9 | Измерение и контроль изделий аддитивного производства | устный опрос | 5 | 2 | – | 3 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------------|--|--------------|----|----|---|---|
| 10 | Знакомство с технологией и оборудованием для прямого лазерного выращивания | – | 2 | – | 2 | – |
| 11 | Оптические системы в лазерных аддитивных технологиях | – | 3 | 3 | – | – |
| 12 | Оборудование для лазерных аддитивных технологий | устный опрос | 5 | 3 | – | 2 |
| ИТОГО | | зачет | 39 | 28 | 2 | 9 |

3. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

| № п/п | Наименование модуля | 1 день | 2 день | 3 день | 4 день |
|----------------------------|--|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Введение в аддитивные технологии | | | | |
| 2 | Разновидности аддитивных технологий | | | | |
| 3 | Лазерные аддитивные технологии | | | | |
| 4 | Этапы лазерных аддитивных технологий | | | | |
| 5 | Материалы для лазерных аддитивных технологий | | | | |
| 6 | Лазерная стереолитография | | | | |
| 7 | Технология селективного лазерного выращивания | | | | |
| 8 | Технология прямого лазерного выращивания | | | | |
| 9 | Измерение и контроль изделий аддитивного производства | | | | |
| 10 | Знакомство с технологией и оборудованием для прямого лазерного выращивания | | | | |
| 11 | Оптические системы в лазерных аддитивных технологиях | | | | |
| 12 | Оборудование для лазерных аддитивных технологий | | | | |
| ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ | | | | | |

Минимальный срок освоения ДПП – 4 дня.

Фактическое расписание занятий утверждается при заключении договора или при формировании группы.

4. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДПП

4.1. Рабочая программа модуля

4.1.1. Цель модуля: формирование знаний в области ЛАТ: изучить основные понятия, возможности, технологические особенности лазерной обработки при выращивании изделий с помощью ЛАТ.

4.1.2. Задачи изучения модуля:

- изучить принципы аддитивных технологий;
- изучить особенности ЛАТ;
- изучить этапы и принципы ЛАТ;
- ознакомиться с видами и спецификой ЛАТ;

- изучить методы контроля полученных изделий после ЛАТ;
- изучить технологии подготовки материалов к ЛАТ;
- изучить технологические и конструктивные особенности комплексов в ЛАТ.

4.1.3. Планируемые результаты обучения

Процесс изучения модуля направлен на формирование следующих профессиональных компетенций.

| Код компетенции | Перечень планируемых результатов обучения по модулю | Методы и формы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции |
|-----------------|--|--|
| ПК-1 | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – возможности ЛАТ; – требования, предъявляемые к лазерному оборудованию аддитивных производств, встраиваемому в производственные линии; – отечественный и зарубежный опыт разработки оборудования аддитивных производств и технологий; – конструктивные особенности оборудования, реализующих ЛАТ. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выбирать оборудование для аддитивных производств, с учетом требуемого качества готовой продукции, затрат и промышленной безопасности. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами выбора исходных материалов для изготовления изделия методами ЛАТ в зависимости от заданных эксплуатационных свойств; – навыками определения потребности в дополнительной обработке изделий, полученных лазерными аддитивными методами; – навыками выбора оборудования, реализующего аддитивные технологии. | <p>Пассивные: лекционные занятия</p> <p>Активные: практические занятия, самостоятельная работа с материалами аудиторных занятий и дополнительными источниками информации</p> |

4.1.4. Содержание модуля

Тема 1. Введение в аддитивные технологии

1. Лекции (2 ч.). Введение в аддитивные технологии. История развития аддитивных технологий. Их место в современном мире. Преимущества и недостатки данного направления. Перспективы развития и применения.

Тема 2. Разновидности аддитивных технологий

Лекции (2 ч.). 3д печать. Основные виды аддитивных технологий. Что такое лазер и его особенности. Место лазеров в аддитивных технологиях.

Тема 3. Лазерные аддитивные технологии

2. Лекции (2 ч.). Типы ЛАТ. Особенности ЛАТ, технологические параметры процессов в ЛАТ. Влияние параметров лазера на процессы. Особенности процесса ЛАТ. Особенности и типы применяемых лазеров при ЛАТ.

Тема 4. Этапы ЛАТ

Лекции (2 ч.). Этапы, их особенности, оборудование и специфика ЛАТ (лекция с применением дистанционных образовательных технологий).

Самостоятельная работа (1 ч.)

| Наименование темы | Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение | Формы самостоятельной работы | Учебно-методическое обеспечение | Форма контроля |
|--------------------------------|---|--|-----------------------------------|----------------|
| Лазерные аддитивные технологии | ЛАТ, преимущества, недостатки, виды, типы, особенности и пр. | проработка материалов аудиторных занятий и информационных источников | материалы аудиторных занятий, [1] | устный опрос |

Примерные вопросы для устного опроса:

1. ЛАТ, преимущества и недостатки.
2. ЛАТ, перспективы развития.
3. ЛАТ, особенности.
4. Лазер и его особенности
5. Влияние параметров лазера на процессы создания изделий

Тема 5. Материалы для лазерных аддитивных технологий

Лекции (2 ч.). Материалы, которые применяются при изготовлении изделий в ЛАТ. Их особенности, методы оценки. Подготовка к работе (лекция с применением дистанционных образовательных технологий). Принципы подбора материалов

Тема 6. Лазерная стереолитография

Лекции (2 ч.). Особенности технологии лазерной стереолитографии, процесс выращивания, параметры, тип лазеров, необходимость постобработки, оборудование.

Тема 7. Технология селективного лазерного выращивания

Лекции (4 ч.). Принцип технологии селективного лазерного выращивания. Особенности процесса. Технологические параметры. Конструктивные особенности технологических комплексов. Постобработка

Самостоятельная работа (2 ч.)

| Наименование темы | Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение | Формы самостоятельной работы | Учебно-методическое обеспечение | Форма контроля |
|---|--|--|-----------------------------------|----------------|
| Технология селективного лазерного выращивания | технологические особенности процесса, используемые материалы, конструктивные особенности | проработка материалов аудиторных занятий и информационных источников | материалы аудиторных занятий, [1] | устный опрос |

Примерные вопросы для устного опроса:

1. Технология селективного лазерного выращивания
2. Особенности подготовки материала к выращиванию
3. Типы селективного выращивания и их особенности

4. Материалы и технологии их обработки
5. Материалы для прямого выращивания, принципы выбора
6. Постобработка
7. Стереолитография и её особенности
8. Технология создания изделий методом стереолитографии и её применение

Тема 8. Технология прямого лазерного выращивания

Лекции (4 ч.). Принцип технологии прямого выращивания. Методы подачи порошка. Технологические параметры. Конструктивные особенности оборудования. Лазерная наплавка. Необходимость постобработки. (Лекция с применением дистанционных образовательных технологий).

Тема 9. Измерение и контроль изделий аддитивного производства

Лекции (2 ч.). Измерения и контроль получаемых изделий методом ЛАТ. Возможные оценочные результаты, неразрушающий контроль, изучение микроструктур и подготовки шлифов. Методики измерений, техники оценки качества изделий. (Лекция с применением дистанционных образовательных технологий).

Самостоятельная работа (2 ч.)

| Наименование темы | Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение | Формы самостоятельной работы | Учебно-методическое обеспечение | Форма контроля |
|---|---|--|--|-----------------------|
| Технология прямого лазерного выращивания, контроль полученных изделий | Комплексы, методы электронной микроскопии, химического анализа, газоанализатора, томографии и пр. | проработка материалов аудиторных занятий и информационных источников | материалы аудиторных занятий, [1] | устный опрос |

Примерные вопросы для устного опроса:

1. Технология прямого лазерного выращивания
2. Особенности подготовки материала к выращиванию
3. Типы прямого выращивания и их особенности
4. Методы контроля получаемых изделий.
5. Методы изучения структур и подготовки шлифов.
6. Возможные техники оценки качества изделий

Тема 10. Знакомство с технологией и оборудованием для прямого лазерного выращивания

Практические занятия (2 ч.) Демонстрация работы оборудования и технологии для прямого лазерного выращивания и стереолитографии. Оценка порошковых материалов для выращивания методами электронной микроскопии, химического анализа, газоанализатора, томографии. Подготовка порошка к выращиванию: просеивание и отжиг. Лазерное прямое выращивание – демонстрации на комплексе КЛП. Знакомство с постобработкой. Демонстрация оборудования для стереолитографии.

Тема 11. Оптические системы в лазерных аддитивных технологиях

Лекции (3 ч.). Особенности фокусирующих и оптических систем для ЛАТ. Конструктивные особенности, принципы работы. Транспортировка излучения.

Тема 12. Оборудование для лазерных аддитивных технологий

Лекции (3 ч.). Основные части комплексов, принцип работы и конструктивные особенности. Разбор комплексов по технологиям на примерах.

Самостоятельная работа (2 ч.)

| Наименование темы | Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение | Формы самостоятельной работы | Учебно-методическое обеспечение | Форма контроля |
|--------------------------|---|--|-----------------------------------|----------------|
| Оптические системы в ЛАТ | оптические системы в ЛАТ, особенности, принцип работы и др. | проработка материалов аудиторных занятий и информационных источников | материалы аудиторных занятий, [1] | устный опрос |

Примерные вопросы для устного опроса:

1. Фокусирующие схемы лазерной обработки.
2. Системы транспортировки излучения.
3. Особенности лазерного излучения
4. Комплексы для ЛАТ и их конструкционные особенности
5. Принцип создания технологических комплексов для ЛАТ
6. Источники излучения для ЛАТ

5. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ДПП

5.1. Организационные условия реализации ДПП

| Наименование аудитории | Вид занятия | Наименование оборудования, программного обеспечения |
|------------------------------|------------------------------|---|
| Специализированная аудитория | Лекции, практические занятия | Мультимедийный проектор, компьютер, PowerPoint, интерактивная доска, видеочамера, микрофон Специализированное оборудование лаборатории Научно-образовательного центра «Центр аддитивных технологий», Научно-учебного комплекса «Машиностроительные технологии» |

5.2. Педагогические условия реализации ДПП

Реализация программы обеспечивается преподавательским составом, удовлетворяющим следующим условиям:

- наличие высшего образования, соответствующее профилю программы, из числа штатных преподавателей, или привлеченных на условиях почасовой оплаты труда;
- опыт практической деятельности в соответствующей сфере из числа штатных преподавателей или привлеченных на условиях почасовой оплаты труда.

В реализации программы принимают участие высококвалифицированные преподаватели кафедры «Лазерные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана, имеющие большой опыт научной работы в области аддитивных технологий, в частности, являющиеся основоположниками новых направлений, а также авторами монографий по лазерному направлению.

5.3. Учебно-методическое обеспечение ДПП

1. Лазерные аддитивные технологии в машиностроении: учеб. пособие / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров, Р.С. Третьяков; под ред. А.Г. Григорьянца. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 278 с.

2. Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники: учеб. пособие для вузов / А.Л. Галиновский, Е.С. Голубев, Н.В. Коберник, А.С. Филимонов; под общ. ред. А.Л. Галиновского. М.: Юрайт, 2020. 115 с.

3. Волоконные технологические лазеры: учеб. пособие / Ю.В. Голубенко, А.В. Богданов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. С. 25–31.

5.4. Методические рекомендации

ДПП построена по тематическому принципу, каждая тема представляет собой логически завершённый раздел.

Преподавание программы основано на лично-ориентированной технологии образования.

Занятия проводятся с использованием активных методов обучения, примеров из жизни, видео материалов с производства, что позволяет обеспечить высокий уровень усвоения материала.

Самостоятельная работа слушателей предназначена для проработки материалов аудиторных занятий и дополнительных источников информации.

Текущий контроль самостоятельной работы слушателей проводится на занятиях в виде устного опроса по изучаемым темам ДПП.

6. ФОРМЫ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ДПП

Итоговая аттестация проводится в форме зачета.

На зачете присутствуют только преподаватели, принимающие участие в реализации программы. Время для подготовки к зачету – 40 минут на два вопроса.

По результатам итоговой аттестации слушателю выставляется оценка «ЗАЧТЕНО/НЕ ЗАЧТЕНО»:

Оценка «ЗАЧТЕНО» выставляется слушателю, который продемонстрировал необходимые систематизированные знания и достаточную степень владения принципами предметной области программы, понимание их особенностей и взаимосвязь между ними в течение всего срока обучения по ДПП.

Оценка «НЕ ЗАЧТЕНО» выставляется слушателю, который имеет крайне слабые теоретические и практические знания, обнаруживает неспособность к построению самостоятельных заключений.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Паспорт комплекта оценочных средств

| Предметы оценивания | Объекты оценивания | Показатели оценки |
|---------------------|--------------------|--|
| ПК-1 | зачет | <ul style="list-style-type: none"> – умение сравнивать и анализировать, разделять типы технологий; – умение выбирать технологию под задачу; – уметь ориентироваться в современных системах ЛАТ; – знать принципы технологий и особенности её проведения; – понимать специфику ЛАТ; – знать, как выбрать материал и подготовить его для ЛАТ |

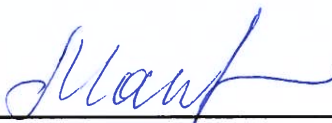
7.2. Комплект оценочных средств

Вопросы для подготовки к зачету:

1. Чем ограничен размер поля обработки установки для коаксиального лазерного плавления и селективного лазерного плавления?
2. Классификация лазерных аддитивных технологий.
3. Конструктивные особенности комплексов для аддитивного производства.
4. Какие схемы подачи порошка существуют в комплексах прямого выращивания?
5. В чём основные отличия процессов прямого лазерного плавления и лазерной наплавки?
6. Какова последовательность работы при выращивании методом КЛП.
7. Можно ли создавать изделия из пластика методом аддитивных технологий. Как?
8. Какие типы порошков используются в аддитивных технологиях?
9. Какой метод является наиболее подходящим для выращивания мелких деталей?
10. История развития аддитивных технологий.
11. Конструктивные особенности комплексов селективного лазерного выращивания.
12. Место и значение лазеров для аддитивного производства в процессе изготовления деталей и узлов.
13. Как влияют параметры процесса КЛП на качество получаемых деталей?
14. Особенности технологии, технологические параметры процессов в ЛАТ.
15. Этапы ЛАТ.
16. Материалы, применяемые при изготовлении изделий в ЛАТ.
17. Стереолитография.
18. Технология селективного лазерного выращивания.
19. Технология прямого лазерного выращивания.
20. Оборудование для ЛАТ.
21. Основные части комплексов и принцип работы для ЛАТ.
22. Оптические системы в ЛАТ.
23. Особенности лазерных головок для ЛАТ
24. Приведите примеры комплексов для ЛАТ и их конструктивные особенности
25. Способы подачи порошка при различных ЛАТ
26. Особенности подготовки к выращиванию
27. Этапы ЛАТ
28. Особенности и типы применяемых лазеров при ЛАТ
29. Виды нелазерных АТ
30. Комплексы для ЛАТ и их конструкционные особенности
31. Принцип создания технологических комплексов для ЛАТ
32. Источники излучения для ЛАТ
33. Методы контроля получаемых изделий.
34. Методы изучения структур и подготовки шлифов.
35. Возможные техники оценки качества изделий

Авторы программы:

**инженер НОЦ «ЦАТ»
доцент кафедры МТ12
МГТУ им. Н.Э. Баумана
к.т.н.**



М.А. Мельникова

**инженер НОЦ «ЦАТ»
МГТУ им. Н.Э. Баумана**



А.В. Кривошеев