

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 27.09.2023 15:46:45  
Уникальный идентификатор:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан факультета машиностроения



/Е.В. Сафонов /

2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Введение в технологии прототипирования**

Направление подготовки

**27.03.05 «Инноватика»**

Профиль

**«Аддитивные технологии»**

Квалификация (степень) выпускника

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Москва 2020

Программа дисциплины «Введение в технологии прототипирования» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 27.03.05 «Инноватика» по профилю подготовки «Аддитивные технологии».

Программу составил:

Старший преподаватель



/ Б.Ю. Сапрыкин/

Доцент, к.т.н.

/ Д.А. Гневашев/

Программа дисциплины «Введение в технологии прототипирования» по направлению 27.03.05 «Инноватика» по профилю подготовки «Аддитивные технологии» утверждена на заседании кафедры «Технологии и оборудование машиностроения»

« 10 » июня 2020 г. протокол № 12

Заведующий кафедрой  
доцент, к.т.н.



/П.А. Петров/

Программа дисциплины «Введение в технологии прототипирования» по направлению 27.03.05 «Инноватика» по профилю подготовки «Аддитивные технологии» согласована с руководителем образовательной программы по направлению подготовки.



/П.А. Петров/

« 10 » июня 2020г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения

Председатель комиссии



/ А.Н. Васильев /

« 04 » сентября 2020г.

Протокол: № 14-00

## 1. Цели освоения дисциплины.

Целями освоения дисциплины «Введение в технологии прототипирования» является:

- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению;
- формирование общеинженерных знаний и умений по данному направлению;
- изучение современных технологий аддитивного производства.

К основным задачам освоения дисциплины «Введение в технологии прототипирования» относятся:

- овладение теоретическими и практическими методами применения технологий Аддитивного производства;
- получение навыков создания прототипов машиностроительных изделий, в т.ч. формообразующих поверхностей инструмента методом быстрого прототипирования.

Следует отметить, что изучение курса «Введение в технологии прототипирования» способствует расширению научного кругозора и дает тот минимум фундаментальных знаний, на базе которых сформируется четкое представление о современных технологиях аддитивного производства.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.

Дисциплина «Введение в технологии прототипирования» относится базовой части основной образовательной программы бакалавра по направлению.

Дисциплина имеет классическую структуру – состоит из курса лекций, лабораторной и самостоятельной работы. При этом рекомендуется, чтобы самостоятельной работе студентов предшествовал ряд лекций (не менее двух-трех). Часть лекций студент может освоить самостоятельно с помощью онлайн курса представленной в системе LMS. Самостоятельная работа студентов выполняется индивидуально. Выполненные задания (контрольные вопросы) и итоговый тест студент выполняет в системе LMS и оцениваются преподавателем. Все это позволяет преподавателю иметь представление об уровне усвоения изучаемого материала и при необходимости вносить коррективы перед итоговой формой контроля - экзаменом. Требования к экзамену определены в соответствии с положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов. Для допуска к экзамену необходимо выполнить самостоятельную работу в системе LMS, а так же представить в виде доклада презентацию самостоятельно выполненного ЭССЕ.

Дисциплина «Введение в технологии прототипирования» взаимосвязана со следующими дисциплинами ООП:

- Проектная деятельность;
- Физика;
- Химия и физическая химия;
- Теоретическая механика;
- Оборудование для аддитивного производства;
- Программирование и алгоритмизация;
- Основы компьютерного параметрического инжиниринга (2D/3D)/ Основы компьютерного моделирования (2D/3D);
- 3D-моделирование изделий и основы подготовки данных для 3D-печати/ Основы подготовки 3D-моделей для 3D-печати.

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОК-7	Способностью к самоорганизации и самообразованию	<i>знать:</i> - методы и способы организации самостоятельной работы и самообразования. <i>уметь:</i> - применять методы и способы организации самостоятельной работы и самообразования. <i>владеть:</i> - методами и способами организации самостоятельной работы и самообразования.
ОПК-4	Способностью обосновывать принятие технического решения при разработке проекта, выбирать технические средства и технологии, в том числе с учетом экологических последствий их применения	<i>знать:</i> - методы проведения анализа проекта для обоснований проектных решений. <i>уметь:</i> - проводить техническое обоснования проектных решений. <i>владеть:</i> - методами выбора технических средств и технологии обоснований проектных решений.
ПК-2	Способностью использовать инструментальные средства (пакеты прикладных программ) для решения	<i>знать:</i> - основы применения инструментальных средств (пакетов прикладных программ) для решения прикладных инженерно-технических

	прикладных инженерно-технических и технико-экономических задач, планирования и проведения работ по проекту	задач и для проведения работ по проекту; <i>уметь:</i> - применять инструментальные средства (пакеты прикладных программ) для решения прикладных инженерно-технических задач и для проведения работ по проекту; <i>владеть:</i> - инструментальными средствами (пакетами прикладных программ) для решения прикладных инженерно-технических задач и для проведения работ по проекту.
--	--	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы (72 академических часа; из них – 36 часов аудиторных занятий, в том числе: 18 часов лекций, 18 часов лабораторных работ).

Дисциплина «Введение в технологии прототипирования» изучается на первом курсе в втором семестре.

**Второй семестр:** Аудиторных занятий – 2 часа в неделю (36 часов), лекций – 1 час в неделю (18 часов), лабораторные работы – 1 час в неделю (18 часов), форма контроля - экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Введение в технологии прототипирования» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

#### Содержание разделов дисциплины

Дисциплина включает в себя следующие темы:

##### Тема 1. Введение в быстрое прототипирование.

- Аддитивное производство как процесс быстрого прототипирования;
- Основные шаги при применении аддитивных технологий, в том числе технологий быстрого прототипирования;
- Классификация по виду процесса;
- Виды и наименования аддитивных технологий.

Что такое аддитивные производство. Что необходимо для аддитивные производства. Базовые процессы аддитивного производства. Почему используют термин аддитивное производство. Преимущество аддитивного производства.

##### Тема 2. Классификация аддитивного производства.

- Классификация по состоянию материала;
- Классификация ASTM F2792;
- Комплексный метод классификации.

Основные процессы, применяемые в технологиях быстрого прототипирования. Основной принцип построения физического объекта

методом быстрого прототипирования и аддитивного производства. Области применения прототипов. Введение и базовые принципы.

Физические процессы, лежащие в основе технологий быстрого прототипирования. Особенности технологий, преимущества и недостатки технологий. Материалы и их характеристики.

### **Тема 3. Технология фотополимеризации.**

- Схемы выращивания прототипа с использованием технологии SLA;
- Материалы применяемые в фотополимеризации;
- Исходные данные применяемые в процессе фотополимеризации.

Процесс Фотополимеризации. История. Обзор химического состава фотополимеров. Основные способы фотополимеризации. Масочное излучение. DLP технологии. LED излучение.

Технологии прототипирования основанные на процессе фотополимеризации. Технология SLA. Технология SGC, FTI, DLP. Технология MJM. Технология PolyJet.

### **Тема 4. Экструзия как процесс быстрого прототипирования.**

- Технологии прототипирования основанные на процессе экструзии
- Технология FDM и FFF;
- Контроль перемещение. Расчет траектории;
- Материалы применяемые при экструзии в аддитивном производстве.

### **Тема 5. Процесс ламинирования листовых материалов.**

- Адгезивное связывание (LOM);
- Процессы склеивание материалов;
- Ультразвуковое аддитивное производство (УАП).

### **Тема 6. Процессы направленного энерговклада.**

- Общее описание процесса DED;
- Процесс лазерной наплавки материала;
- Технология осаждения/наплавки проволоки методом дуговой сварки 3DMP.

### **Тема 7. Плавление порошков в сформированном слое.**

- Виды спекания порошковых материалов;
- Порошковые материалы применяемые в аддитивном производстве;
- Параметры технологических процессов;
- Технологии SLS, SLM.

Технологии прототипирования, основанные на спекании и плавлении порошкообразных материалов. Технология SLS. Технология SLM/EBM/DMD.

Механизм спекания порошка. Переработка порошков Подходы к изготовлению металлических и керамических прототипов.

### **Тема 8. Пост-обработка.**

- Удаление поддерживающего материала;
- Повышение точности поверхности изделия;
- Механическая обработка.

**Тема 9. Прототипирование как процесс изготовления инструмента.**  
Оборудование применяемое при быстром прототипировании.

## **5. Образовательные технологии.**

Методика преподавания дисциплины «Введение в технологии прототипирования» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– чтение лекций и проведение семинарских занятий сопровождается показом мультимедийных материалов с помощью компьютерной и мультимедийной техники, иллюстрируется наглядными пособиями и примерами применения современных технологий аддитивного производства;

- подготовка к выполнению лабораторных работ в лабораториях вуза;

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Введение в технологии прототипирования» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- подготовка и выполнение лабораторных работ, их защита.
- Эссе
- Экзамен

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы, тестирование (возможно тестирование на площадке LMS системы университета) написание ЭССЕ и подготовка презентаций с обязательной защитой. Для закрепления материала студент может подготовить презентацию и реферат используя материал предложенный преподавателем, найденный им периодических изданиях или в интернете. Примерные темы для ЭССЕ представлены в паспорте ФОС.

Образцы контрольные вопросов, и задания для проведения текущего контроля, вопросы экзаменационных билетов, приведены в приложении 2.

**6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).**

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОК-7	Способностью к самоорганизации и самообразованию
ОПК-4	Способностью обосновывать принятие технического решения при разработке проекта, выбирать технические средства и технологии, в том числе с учетом экологических последствий их применения
ПК-2	Способность использовать инструментальные средства (пакеты прикладных программ) для решения прикладных инженерно-технических и технико-экономических задач, планирования и проведения работ по проекту

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

**6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.**

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Показатель	Критерии оценивания			
	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
ОК-7 - Способностью к самоорганизации и самообразованию				



<p><b>знать:</b> - методы и способы организации самостоятельной работы и самообразования.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методов и способов организации самостоятельной работы и самообразования</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методов и способов организации самостоятельной работы и самообразования. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методов и способов организации самостоятельной работы и самообразования, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при описании основ работы различных Аддитивных технологий</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методов и способов организации самостоятельной работы и самообразования, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>
<p><b>уметь:</b> - применять методы и способы организации самостоятельной работы и самообразования.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: для применения методов и способов организации самостоятельной работы и самообразования.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методов и способов организации самостоятельной работы и самообразования.. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методов и способов организации самостоятельной работы и самообразования., но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при описании основ работы различных Аддитивных технологий</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методов и способов организации самостоятельной работы и самообразования, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>
<p><b>владеть:</b> - методами и способами организации самостоятельной работы и самообразования</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: владение</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: владение методами и способами организации самостоятельной работы и самообразования. Допускаются значительные</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: владение методами и способами организации самостоятельной</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: владение методами и способами организации</p>

	методами и способами организации самостоятельной работы и самообразования	ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	работы и самообразования, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при описании основ работы различных Аддитивных технологий	самостоятельной работы и самообразования, свободно оперирует приобретенными знаниями.
--	---	---	---	---

**ОПК-4** - Способностью обосновывать принятие технического решения при разработке проекта, выбирать технические средства и технологии, в том числе с учетом экологических последствий их применения

<b>знать:</b> - методы проведения анализа проекта для обоснований проектных решений.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методов проведения анализа проекта для обоснований проектных решений	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методов проведения анализа проекта для обоснований проектных решений. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методов проведения анализа проекта для обоснований проектных решений, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при описании основ работы различных Аддитивных технологий	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методов проведения анализа проекта для обоснований проектных решений, свободно оперирует приобретенными знаниями.
<b>уметь:</b> - проводить техническое обоснования проектных решений.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: проведение технического обоснования проектных решений	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: проводить техническое обоснования проектных решений. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: проводить техническое обоснования проектных решений, но допускаются незначительные ошибки, неточности,	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: проводить техническое обоснования проектных решений, свободно оперирует приобретенными

		при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	затруднения при описании основ работы различных Аддитивных технологий	знаниями.
<b>владеть:</b> - методами выбора технических средств и технологии обоснований проектных решений	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методов выбора технических средств и технологии обоснований проектных решений	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методов выбора технических средств и технологии обоснований проектных решений. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методов выбора технических средств и технологии обоснований проектных решений, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при описании основ работы различных Аддитивных технологий	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методов выбора технических средств и технологии обоснований проектных решений, свободно оперирует приобретенными знаниями.
<b>ПК-2</b> - Способность использовать инструментальные средства (пакеты прикладных программ) для решения прикладных инженерно-технических и технико-экономических задач, планирования и проведения работ по проекту				
<b>знать:</b> Основы применения инструментальных средств (пакетов прикладных программ) для решения прикладных инженерно-технических задач и для проведения работ по проекту	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: Основных принципов получения изделия с использованием технологий прототипирования и, в частности, аддитивных технологий	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: Основных принципов получения изделия с использованием технологий прототипирования и, в частности, аддитивных технологий. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: Основных принципов получения изделия с использованием технологий прототипирования и, в частности, аддитивных технологий, но допускаются	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: Основных принципов получения изделия с использованием технологий прототипирования и, в частности, аддитивных технологий;

		знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	незначительные ошибки, неточности, затруднения при описании основ работы различных Аддитивных технологий.	свободно оперирует приобретенными знаниями.
<b>уметь:</b> Применять инструментальные средства (пакеты прикладных программ) для решения прикладных инженерно-технических задач и для проведения работ по проекту	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выбрать технологию прототипирования и, в частности, аддитивную технологию, для получения изделия с применением инструментальных средств (пакетов прикладных программ)	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: выбрать технологию прототипирования и, в частности, аддитивную технологию, для получения изделия с применением инструментальных средств (пакетов прикладных программ). Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: выбрать технологию прототипирования и, в частности, аддитивную технологию, для получения изделия с применением инструментальных средств (пакетов прикладных программ). Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: выбрать технологию прототипирования и, в частности, аддитивную технологию, для получения изделия с применением инструментальных средств (пакетов прикладных программ). Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
<b>владеть:</b> Инструментальными средствами (пакетами прикладных программ) для решения прикладных	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами оптимизации геометрии и подбора аддитивного	Обучающийся владеет методами оптимизации геометрии и подбора технологии аддитивного производства для выполнения задачи с применением инструментальных	Обучающийся частично владеет методами оптимизации геометрии и подбора технологии аддитивного производства для выполнения задачи с	Обучающийся в полном объеме владеет методами оптимизации геометрии и подбора технологии аддитивного производства для

инженерно-технических задач и для проведения работ по проекту	производства для выполнения задачи с применением инструментальных средств (пакетов прикладных программ)	средств (пакетов прикладных программ); допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	применением инструментальных средств (пакетов прикладных программ); навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	выполнения задачи с применением инструментальных средств (пакетов прикладных программ); свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
---	---	--	--	--

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка.

<i>Шкала оценивания</i>	<i>Описание</i>
<i>Отлично</i>	<i>Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.</i>

<p><i>Хорошо</i></p>	<p>Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: Основных принципов и функций, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>
<p><i>Удовлетворительно</i></p>	<p>Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основных принципов и функций маркетинга. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>
<p><i>Неудовлетворительно</i></p>	<p>Не выполнены обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, ИЛИ Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.</p>

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение студентом: всех видов учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине.

Фонды оценочных средств представлены в Приложении 2 к рабочей программе.

#### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер. Технологии Аддитивного производства, М.: Техносфера, 2016. – 646 с.

**б) дополнительная литература:**

1. Chee Kai Chua, Kah Fai Leong. 3D Printing and Additive Manufacturing. Principles and applications – World Scientific Publishing, 2015 – 518 с.

2. Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении. Пособие для инженеров. М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.

3. Петров П.А., Сапрыкин Б.Ю. Технологии быстрого прототипирования. – М.: МГТУ «МAMI», 2011

**в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:**

<http://www.rp-lab.ru/>

<http://www.rp-center.com/>

<http://3dtoday.ru/wiki/>

<http://vk.com/club87329516>

<http://3d-expo.ru>

<http://www.metal-am.com/>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%BF%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5>

[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%8B%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B5\\_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%BF%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%8B%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%BF%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5)

Программное обеспечение включает учебно-методические материалы в электронном виде, лицензионное программное обеспечение для САД-моделирования и управления 3Д-моделью при подготовке задания для 3Д-печати и прототипирования.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

Аудитории и лаборатории кафедры «ОМДиАТ» АВ2508, АВ2509, а также лаборатория «Аддитивные технологии» АВ1707 и АВ5001(1). Аудитории оснащены, компьютерной и проекционной техникой.

### **Оборудование и аппаратура:**

- Оборудование для Аддитивного производства 3Д принтеры fabbster
- Оборудование для Аддитивного производства 3Д принтеры picaso;
- Оборудование для Аддитивного производства 3Д принтеры wanhao;

- Оборудование для Аддитивного производства 3Д принтеры V-Flash;
- Оборудование для постобработки прототипов
- расходные материалы;
- проектор с компьютером и подборкой материалов для лекций и лабораторных работ;

#### **Лабораторные материалы:**

- Примеры объектов, полученных методами Аддитивного производства по различным технологиям;

Выполнение лабораторных и практических занятий предполагает использовать специализированные лаборатории предприятий и организаций, имеющие современное оборудование и опыт проведения испытаний.

### **9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов связанных с Аддитивным производством рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия, для самостоятельной работы студентам рекомендуется воспользоваться электронными онлайн курсами университета в LMS системе университета по ссылке

<https://lms.mospolytech.ru/>

Кроме этого можно воспользоваться списком рекомендуемой литературы.

Для подготовке к определенной теме студенту следует изучить лекционный материал, прослушив или прочитав лекцию на заданную тему, ответить на контрольные вопросы курса и после этого приступить к выполнению практических занятий по тематике курса.

#### **Задачи самостоятельной работы студента:**

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;



- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к дифференцированному зачету или экзамену.

#### **Виды внеаудиторной самостоятельной работы:**

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- написать эссе

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя)

над заданием;

- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- презентация работы.

#### **Вопросы, выносимые на самостоятельную работу (Эссе)**

Применение аддитивных технологий в прямом цифровом производстве изделий. (ОК-7).

Использование и применение оборудования аддитивного производства в машиностроении и иных сферах (ОК-7).

### **10. Методические рекомендации для преподавателя**

Основное внимание при изучении дисциплины «Введение в технологии прототипирования» При изучении раздела **«Введение в технологии прототипирования»** следует уделять внимание изучению основных понятий в области быстрого прототипирования, основного принципа и применения технологий

При изучении раздела **«Процессы»** необходимо познакомить учащихся с процессами которые заложены в основе технологий аддитивного производства

При изучении раздела **«Технологии»** основное внимание необходимо уделять существующим технологиям, оборудованию, материалам, которые используются при аддитивных производствах

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам лекций и лабораторных работ.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:

- учебники, информационные ресурсы Интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация;
- методические указания для выполнения лабораторных работ.

**ПРИЛОЖЕНИЯ к рабочей программе**

1. Структура и содержание дисциплины
2. Фонд оценочных средств





7	<p><b>Тема 7. Плавление порошков в сформированном слое.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Виды спекания порошковых материалов;</li> <li>- Порошковые материалы применяемые в аддитивном производстве;</li> <li>- Параметры технологических процессов;</li> <li>- Технологии SLS, SLM.</li> </ul> <p>Технологии прототипирования, основанные на спекании и плавлении порошкообразных материалов. Технологии SLS. Технология SLM/EBM/DMD.</p> <p>Механизм спекания порошка. Переработка порошков Подходы к изготовлению металлических и керамических прототипов.</p>	2	13-14	2	2	4										
8	<p><b>Тема 8. Пост-обработка.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Удаление поддерживающего материала;</li> <li>- Повышение точности поверхности изделия;</li> <li>- Механическая обработка.</li> </ul>	2	15-16	2	2	4										
9	<p><b>Тема 9. Прототипирование как процесс изготовления инструмента.</b></p> <p>Оборудование применяемое при быстром прототипировании.</p>	2	17-18	2	2	4										
	<b>Итого:</b>		<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>									<b>9</b>	

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Направление подготовки: 27.03.05 "Инноватика"

ОП (профиль): «Аддитивные технологии»

Форма обучения: очная

Вид профессиональной деятельности:

производственно-технологическая, экспериментально-исследовательская, проектно-  
конструкторская деятельность

Кафедра: Обработка материалов давлением и аддитивные технологии

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

#### **Введение в технологии прототипирования**

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

перечень контрольных/экзаменационных вопросов

темы эссе

перечень лабораторных работ

#### **Составители:**

Старший преподаватель Сапрыкин Б. Ю.

Доцент, к.т.н. Петров П.А.

Доцент, к.т.н. Гвсвашев Д.А.

Таблица 1

## ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ Введение в технологии прототипирования

КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства <sup>1,4</sup>	Степени уровней освоения компетенций
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ПК-2	Способность использовать инструментальные средства (пакеты прикладных программ) для решения прикладных инженерно-технических и экономический задач, планирования и проведения работ по проекту	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы примененная инструментальных средств (пакетов прикладных программ) для решения инженерно-технических задач и для проведения работ по проекту;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять инструментальные средства (пакеты прикладных программ) для решения инженерно-технических задач и для проведения работ по проекту;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- инструментальными средствами (пакетами прикладных программ) для решения инженерно-технических задач и для проведения работ по</li> </ul>	лекция,	Э	<p><b>Базовый уровень:</b></p> <p>воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля; умение решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам</p> <p><b>Повышенный уровень:</b></p> <p>практическое применение полученных знаний и готовность решать практические задачи повышенной сложности, типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении</p>

ФГОС ВО 27.03.05 Информатика

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:

ОПК-4	Способность обосновывать принятие технического решения при разработке проекта, выбирать технические средства и технологии, в том числе с учетом экологических последствий их применения	<p>проекту.</p> <p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы проведения анализа проекта для обоснований проектных решений.</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить техническое обоснования проектных решений.</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами выбора технических средств и технологий обоснований проектных решений.</li> </ul>	лекция, лабораторные работы	Э, ЛР.	<p><b>Базовый уровень:</b></p> <p>воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля; умение решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам</p> <p><b>Повышенный уровень:</b></p> <p>практическое применение полученных знаний в процессе выполнения лабораторных работ и; готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении</p>
ОК-7	Способность самоорганизации и самообразованию	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы и способы организации самостоятельной работы и самообразования.</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять методы и способы организации самостоятельной работы и самообразования.</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами и способами организации самостоятельной</li> </ul>	лекция, эссе,	Э, Эс.	<p><b>Базовый уровень:</b></p> <p>воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля; умение решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам</p> <p><b>Повышенный уровень:</b></p> <p>практическое применение</p>



			работы и самообразования.				полученных знаний и готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении
--	--	--	---------------------------	--	--	--	--

**Перечень оценочных средств по дисциплине  
«Введение в технологии прототипирования»**

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос (Э -Экзамен)	Диалог преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала	Комплект экзаменационных билетов
2	Лабораторные работы (ЛР)	Оценка способности студента применить полученные ранее знания для проведения анализа, опыта, эксперимента и выполнения последующих расчетов, а также составления выводов	Перечень лабораторных работ и их оснащение
3	Эссе (Эс)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее	Вариант задания
4	Тестирование (Т)	Ответы на тесты в LMS системе (данное тестирование может заменять Устный опрос).	Тесты в LMS системе

## Перечень контрольных вопросов

	Вопросы к экзамену	Код компетенции
1	Общее представление о процессе прототипирования. Этапы процесса изготовления прототипа.	ОПК-4
2	Аддитивное производство как вид процесса прототипирования. Основные виды аддитивного производства.	ОПК-4
3	Быстрое прототипирование. Различие между аддитивным производством и обработкой изделий на станках с ЧПУ.	ОПК-4
4	Реверс-Инжиниринг как вид процесса прототипирования. Создание трехмерных объектов.	ОПК-4
5	Создание изделий (прототипов) с использованием ЧПУ (гравировальный, фрезерный станок). Этапы процесса изготовления прототипа.	ОПК-4
6	Стереолитография (SLA-технология). Оборудование. Материал применяемый при Стереолитографии.	ОПК-4
7	Общая последовательность аддитивного производства. Этапы последовательности.	
8	Экструзия как вид процесса прототипирования. Принцип действия. Управление ориентации изделия при экструзии.	ОПК-4
9	Технология 3D-печати FDM (Fused Deposition Modeling) . Оборудование. Материал.	ОПК-4
10	Процесс плавления порошков в сформированном слое. Виды спекания (SLS,SLM- технологии).	ОПК-4
11	Процесс ламинирования листовых(слоистых) материалов (Laminated Object Manufacturing (LOM). Технология, материалы применяемые при LOM.	ОПК-4
12	Технология MJM,PolyJet. Принципиальная схема. Особенности. Материалы.	ПК-2
13	Электронно-лучевое плавление (ElectronBeamMelting или EBM). Сравнение плавления порошков методом EBM с методом лазерного спекания SLM-технологии.	ОПК-4
14	Плавление порошков в сформированном слое как технология аддитивного производства.	ОПК-4
15	Процессы направленного энерговклада (DED-Directedenergydeposition). Общее описание процесса.	ОПК-4
16	Ультразвуковое аддитивное производство (УАП). Параметры процесса УАП.	ОПК-4
17	Материалы применяемые при быстром прототипировании.	ОПК-4
18	Плавление порошков в сформированном слое как технология аддитивного производства.	ОК-7
19	Работа с порошками при технологиях лазерного спекания. Выбор способа подачи, системы подачи порошка. Восстановление остатка порошка после обработки.	ОК-7

20	Селективное спекание порошков (SLS-технология). Методика процесса. Материалы	ПК-2
21	Материалы применяемые при технологиях спекания(плавления) порошков.	ПК-2
22	Параметры влияющие на технологию процесса плавления порошков на подложке	ПК-2
23	Технология компьютерного моделирования и проектирования в аддитивном производстве.	ПК-2
24	Области применения прототипирования в среде САПР.	ПК-2
25	Системы учитывающие изготовления прототипа (использование подложек, энергия, материал, точность, скорость производства).	ПК-2
26	Изготовление инструмента – методом быстрого прототипирования.	ПК-2
27	Технологии и процессы проекционной фотополимеризации в ванне с использованием масок.	ПК-2
28	Постобработка как этап получения прототипа. Методы постобработки при быстром прототипировании.	ПК-2
29	Постобработка как этап получения прототипа. Удаление естественной и искусственной поддержки.	ПК-2
30	Принцип фотополимеризации. Основные способы, оборудование, виды излучения, расходуемые материалы.	ПК-2
31	Оборудование применяемое при изготовлении прототипа методами аддитивного производства.	ПК-2
32	Селективное спекание порошков (SLS-технология). Методика процесса. Материалы.	ПК-2
33	Жидкофазное спекание порошка, частичное плавление. Технология SLS.	ПК-2
34	Технология 3D-печати FDM. Параметры влияющие на точность выращивания изделий методом FDM.	ПК-2
35	Ультразвуковая консолидация- гибридный процесс ламинирования листовых материалов.	ПК-2
35	Процесс сварки как метод прототипирования. Сварка лазерным лучом (LBW – LaserBeamWelding).	ПК-2

### Перечень тем Эссе

1. Применение аддитивных технологий в прямом цифровом производстве (ОК-7).
2. Использование и применение оборудования аддитивного производства в машиностроении и иных сферах (ОК-7).

### Перечень лабораторных работ

№ п.п.	Перечень лабораторных работ	Количество часов	Используемое оборудование
1	Настройка процесса печати на персональном принтере	6	-3Д принтер Fabbster/Picaso

	Лабораторная работа №1		-Ноутбук Lenovo -ПК
2	Печать на персональном принтере Лабораторная работа №2	6	-3Д принтер Fabbster/Picasso -Ноутбук Lenovo -ПК
4	Подготовка полигональной модели к 3Д печати Лабораторная работа №3	6	Ноутбук Lenovo -netfabb

### Вариант экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Машиностроение, кафедра «ОМДиАТ»  
Дисциплина «Введение в технологии прототипирования»  
Направление (специальность) 27.03.05 «Иноватика»  
Образовательная программа «Аддитивные технологии»  
Курс 1, группа 121-271, форма обучения очная

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Общее представление о процессе прототипирования. Этапы процесса изготовления прототипа.
2. Процесс сварки как метод прототипирования. Сварка лазерным лучом (LBW – Laser Beam Welding).

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / П.А. Петров /