Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 01.04.2021 14:01:27
Уникальный программный ключ:
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 /

«_01_» _____ 2021 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## «Основы аддитивных технологий»

Направление подготовки
**15.03.01 Машиностроение**

Профиль
**«Комплексные технологические процессы и оборудование машиностроения»**

Квалификация (степень) выпускника
**Бакалавр**

Форма обучения
**Заочная**

Москва 2021

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение, профиль подготовки «Комплексные технологические процессы и оборудование машиностроения»

**Программу составил:**
к.т.н., доцент  /М.А. Петров/

Программа дисциплины «Основы аддитивных технологий» по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение утверждена на заседании кафедры «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»

Заведующий кафедрой  /П. А. Петров/

Программа дисциплины по направлению **15.03.01 "Машиностроение"** профиль подготовки **"Комплексные технологические процессы и оборудование машиностроения"** согласована с руководителем образовательной программы

 /С.А. Паршина/

«11» июня 2021 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета Машиностроения

Председатель комиссии  /А.Н. Васильев/

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению подготовки. Задачами дисциплины являются:

- формирование общеинженерных знаний и умений по аддитивному производству, охватывающему технологии с использованием порошковых, проволочных и фоточувствительных материалов;
- изучение методов компьютерного проектирования 3D-моделей и 3D-сборок, а также экспорта и импорта файлов;
- подготовка полигональной сеточной модели, исправление ошибок модели;
- подготовка управляющей программы (g-кода) для печати прототипа по технологии FFF;
- подготовка и настройка оборудования для 3D-печати;
- проведение пост-обработки: удаление поддержек, фотоотверждение в УФ-печах, работа с крепёжными элементами, покраска.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Основы аддитивных технологий» относится к числу учебных дисциплин блока 1 (Б1) базовой части (Б1.1) основной образовательной программы бакалавриата.

## 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, таблица 1:

Таблица 1. Формирование компетенций

| Коды компетенций | В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| ОПК-4 | умением применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий;<br>умением применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении | **знать:**<br>- методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий;<br>**уметь:**<br>- разрабатывать малоотходные и энергосберегающие технологии листовой штамповки;<br>**владеть:**<br>- способами рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении. |

## 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3 зачетные единицы. 108** академических часов, из них 16 часов аудиторных занятий и 92 самостоятельной работы.

Что такое технологии быстрого прототипирования и место аддитивных технологий в классификации процессов. Разновидности современных цифровых производственных технологий. Технологии 3D-печати из полимерных материалов. Технологии 3D-печати из металлических материалов. Основные схемы процессов 3D-печати (FDM, SLA, SLS, SLM, DMLS и др.). Применяемые материалы и их реологические свойства.

Классификация САПР. Алгоритм создания 3D-моделей и 3D-сборок в программах параметрического проектирования. Подготовка 3D-моделей формата STL к печати в ПО Nettfabb. Подготовка управляющего g-кода для принтера для трехмерной печати по технологии FDM.

Работа с принтером для трехмерной печати. Выбор рабочего режима для АБС- и ПЛА-полимеров. Общие настройки принтера. Окончание 3D-печати и отделение прототипов от платформы. Пост-обработка прототипа. Сборка прототипов.

Структура и содержание дисциплины «Основы аддитивных технологий» по срокам и видам работы отражены в **Приложении А.**

## 5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

Методика преподавания дисциплины «Основы аддитивных технологий» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных и внеаудиторных занятий:

- чтение лекций сопровождается показом мультимедийных лекций (презентации, видеофайлы) с помощью компьютерной и проекторной техники;
- проведение, обсуждение и защита лабораторных работ (АВ2514, межкафедральная лаборатория САПР на Автозаводской и БС105 в Технопарке на Б. Семеновской) с синхронным (вместе с преподавателем) или самостоятельным выполнением заданий в программах CAD/CAE;
- переписка по электронной почте для обеспечения помощи студентам (распределение заданий и дополнительного учебного материала, разъяснение и комментарии заданий, ответы на вопросы) в период самостоятельной работы вне аудиторных часов занятий и обеспечения непрерывного контакта преподавателя со студентами (например, оповещение об изменении в расписании).
- При проведении занятий по дисциплине применяется система СДО - lms.mospolytech.ru. На платформе СДО по дисциплине могут быть размещены учебные, методические и иные материалы способствующие освоению дисциплины студентом.
- При проведении занятий также могут быть реализованы такие формы как вебинары (на платформе ZOOM, Webinar, Webex), онлайн тестирование, промежуточная аттестация с применением электронных средств.

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

В процессе обучения используются оценочные средства рубежного контроля успеваемости: контрольные вопросы по каждому разделу программы и/или компьютерное тестирование, составление итогового отчета по результатам лабораторных или семинарских занятий, посещаемость. Вводится балльно-рейтинговая система с критериями оценки по таблице 2.

Балл за посещаемость высчитывается на основании простой пропорциональной зависимости:

$$РБ = (РП * МБ)/100,$$

где РБ – реальный балл; РП – реальный процент посещаемости; МБ – максимальный балл по критерию.

В конце семестра производится подсчёт набранных баллов. Если студент набирает максимально-возможное количество баллов за семестр, то он освобождается от ответа на дополнительные вопросы на экзамене. Оценка «отлично» ставится учащимся, которые набрали 5 баллов. Оценка «хорошо» и «удовлетворительно» ставится учащимся, набравших 4 и 3 балла соответственно. Оценка «неудовлетворительно» ставится учащемуся, если он набрал два и менее балла (таблица 3).

Таблица 2. Расширяемый список критериев оценки знаний студентов

| № | Критерий оценки | Макс. кол-во баллов |
|---|---|---|
| 1 | Посещаемость (100%) | 1 |
| 2 | Сдан отчёт по курсу лабораторных работ | 1,5 |
| 3 | Сдана презентация по результатам работ | 1,5 |
| 4 | Студент/-ка выполнили проектирование и печать собственного прототипа | 1 |
| 5 | Активная работа по пост-обработке прототипов и сборками | 0,5 |
| 6 | Студент/-ка вошел в соавторы статьи | 2 |

| Подгруппа | Номер сборки | Позиции сборки | № п/п | Отчет | | ФИО | 14.фев | 21.фев | 28.фев | 06.мар | 13.мар | 20.мар | 27.мар | 03.апр | 11.апр | 11.апр | 18.апр | 18.апр |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 13_40 | 3 | 1 | сборка | + | Вацуро Андрей | н | + | + | + | + | + | + | + | н | н | + | + |
| 1 | 2_7 | 9, 4 | 2 | свои модели | + | Винников Сергей | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 1 | 13_40 | 3 | 3 | сборка | + | Добросмыслов Валентин | н | + | + | + | + | н | н | + | н | н | н | н |
| 1 | | | 4 | сборка | + | Жариков Александр | + | + | + | + | + | н | + | н | + | + | н | н |
| 1 | 2_7 | 1 | 5 | сборка | + | Гладышева Кристина | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 2 | 13_40 | 6, 9, 8, 7, 13, 14, | 6 | свои модели | + | Камшилин Дмитрий | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 2 | 2_7 | 14 | 7 | сборка | + | Кли'нов Михаил | н | + | н | + | + | + | + | + | н | н | + | + |
| 2 | 13_40 | 3 | 8 | сборка | + | Мельников Дмитрий | н | + | + | н | + | н | н | + | н | н | + | + |
| 2 | 2_7 | 8, 3 | 9 | сборка | + | Митин Егор | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 2 | | | 10 | сборка | + | Муса'ров Валерий | н | н | н | + | н | н | н | н | н | н | н | н |
| 3 | 2_7 | 1 | 11 | свои детали | + | Осипов Артур | н | н | н | н | + | н | + | + | н | н | + | + |
| 3 | 2_7 | 3 | 12 | сборки | + | Прис Александр | + | + | н | + | + | + | + | + | н | н | + | + |
| 3 | 2_7 | 6, 10 | 13 | свои детали | + | Савинков Дмитрий | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 3 | 13_40 | 12, 19 | 14 | сборка | + | Самарьянов Денис | н | н | + | н | + | н | н | н | н | н | н | н |
| 3 | 2_7 | 8 | 15 | свои детали | + | Силенский Михаил | н | + | + | + | + | + | + | + | н | н | + | + |
| 4 | 2_7/13_40 | 5,7,11,12,13/8, | 16 | сборка | + | Смирнов Владислав | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 4 | 2_7/13_40 | 9, 4/4 | 17 | сборка | + | Федотов Илья | + | + | н | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 4 | 13_40 | 7,8 | 18 | сборка | + | Чирков Дмитрий | н | + | + | н | н | н | н | н | н | н | + | + |
| 4 | 2_7 | 2 | 19 | сборка | + | Журавлев Владислав | н | + | + | + | н | + | + | + | н | н | + | + |
| | | | | | | | ФЕВРАЛЬ | | | МАРТ | | | | АПРЕЛЬ | | | | |

| Занятия | | | | | | | | | | | | | | Количество пропусков | Посещаемость, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25.апр | 25.апр | 02.май | 02.май | 09.май | 09.май | 16.май | 16.май | 23.май | 23.май | 30.май | 30.май | | | | |
| + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | + | | | 3 | 86 |
| + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | + | | | 0 | 100 |
| + | + | + | + | | | н | н | + | + | + | + | | | 9 | 59 |
| + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | + | | | 4 | 82 |
| + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | + | | | 0 | 100 |
| + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | + | | | 0 | 100 |
| + | + | + | + | | | н | н | + | + | + | + | | | 6 | 73 |
| + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | + | | | 6 | 73 |
| + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | + | | | 0 | 100 |
| н | н | н | н | | | н | н | н | н | н | н | | | 21 | 5 |
| + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | + | | | 7 | 68 |
| + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | + | | | 3 | 86 |
| + | + | + | + | | | + | + | + | + | н | н | | | 2 | 91 |
| + | + | + | + | | | + | + | н | н | + | + | | | 12 | 45 |
| + | + | + | + | | | + | + | н | н | + | + | | | 5 | 77 |
| + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | + | | | 0 | 100 |
| + | + | + | + | | | н | н | + | + | + | + | | | 3 | 86 |
| + | + | н | н | | | + | + | н | н | н | н | | | 14 | 36 |
| + | + | + | + | | | н | н | + | + | + | + | | | 6 | 73 |
| | | МАЙ | | | | | | | | | | | | | |

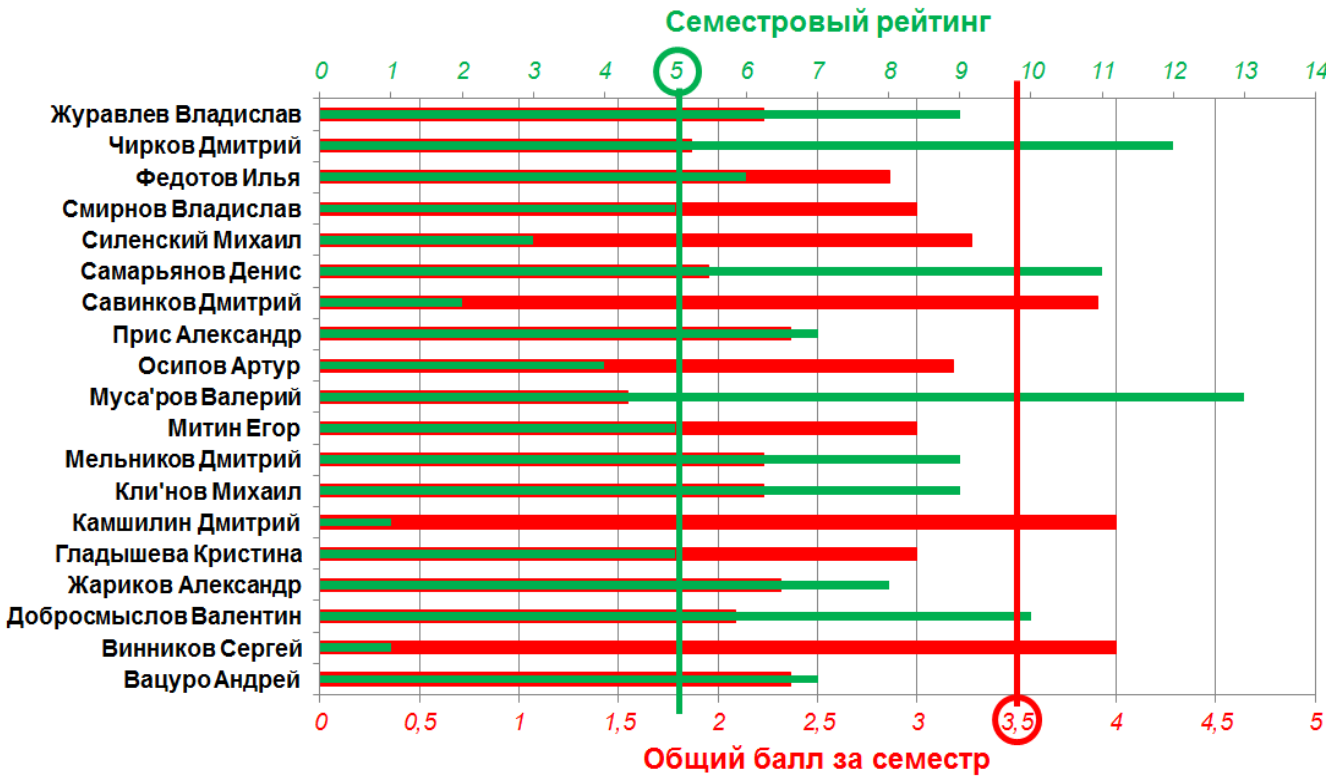
ПРАЗДНИЧНЫЙ ДЕНЬ

а) контроль посещаемости

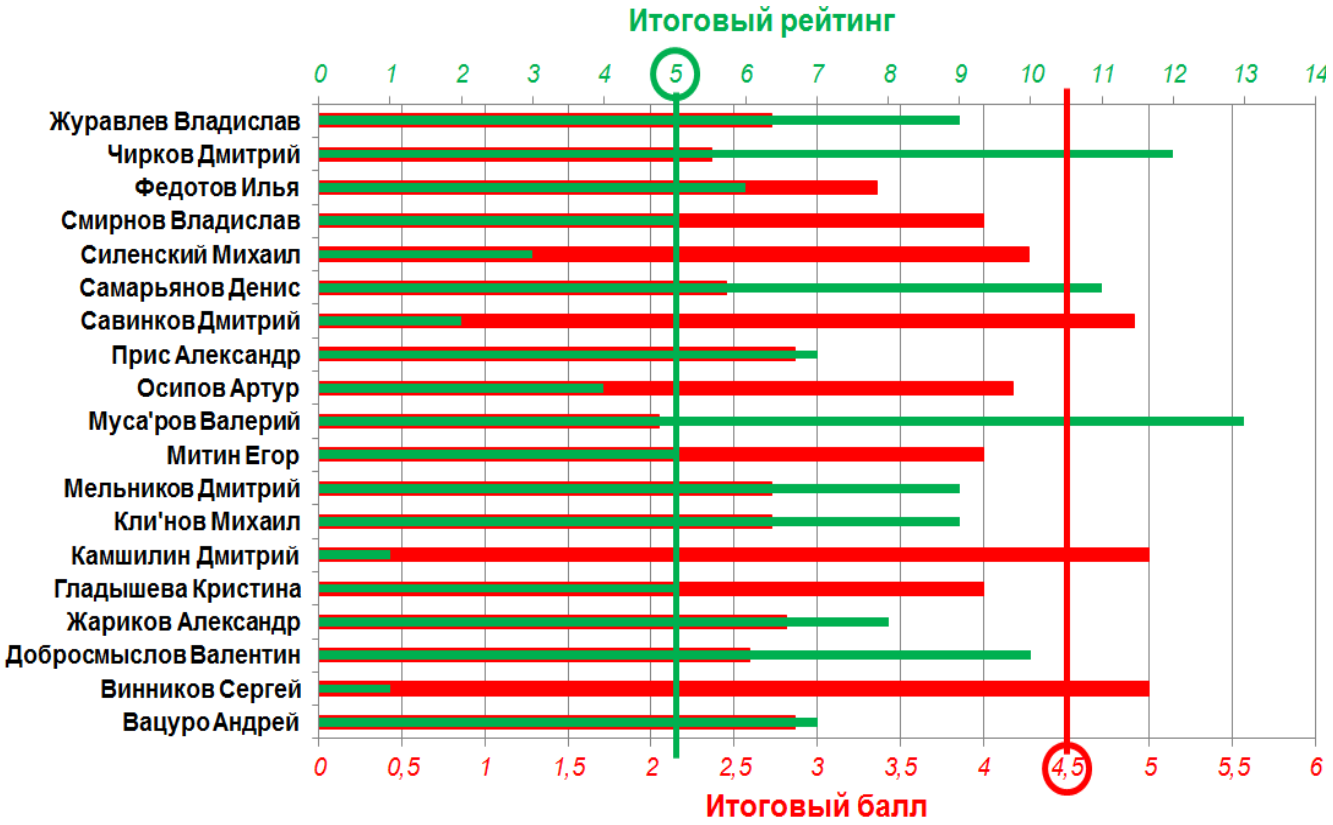
| ФИО | Количество пропусков | Посещаемость | Балл за посещаемость | Собственный прототип | Отчек по лабораторным работам | Презентация по результатам работ | Соавтор статьи |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Вацуро Андрей | 3 | 86 | 0,86 | 0 | 1,5 | 0 | 0 |
| Винников Сергей | 0 | 100 | 1,00 | 1 | 1,5 | 0 | 0 |
| Добросмыслов Валентин | 9 | 59 | 0,59 | 0 | 1,5 | 0 | 0 |
| Жариков Александр | 4 | 82 | 0,82 | 0 | 1,5 | 0 | 0 |
| Гладышева Кристина | 0 | 100 | 1,00 | 0 | 1,5 | 0 | 0 |
| Камшилин Дмитрий | 0 | 100 | 1,00 | 1 | 1,5 | 0 | 0 |
| Кли'нов Михаил | 6 | 73 | 0,73 | 0 | 1,5 | 0 | 0 |
| Мельников Дмитрий | 6 | 73 | 0,73 | 0 | 1,5 | 0 | 0 |
| Митин Егор | 0 | 100 | 1,00 | 0 | 1,5 | 0 | 0 |
| Муса'ров Валерий | 21 | 5 | 0,05 | 0 | 1,5 | 0 | 0 |
| Осипов Артур | 7 | 68 | 0,68 | 1 | 1,5 | 0 | 0 |
| Прис Александр | 3 | 86 | 0,86 | 0 | 1,5 | 0 | 0 |
| Савинков Дмитрий | 2 | 91 | 0,91 | 1 | 1,5 | 0 | 0 |
| Самарьянов Денис | 12 | 45 | 0,45 | 0 | 1,5 | 0 | 0 |
| Силенский Михаил | 5 | 77 | 0,77 | 1 | 1,5 | 0 | 0 |
| Смирнов Владислав | 0 | 100 | 1,00 | 0 | 1,5 | 0 | 0 |
| Федотов Илья | 3 | 86 | 0,86 | 0 | 1,5 | 0 | 0 |
| Чирков Дмитрий | 14 | 36 | 0,36 | 0 | 1,5 | 0 | 0 |
| Журавлев Владислав | 6 | 73 | 0,73 | 0 | 1,5 | 0 | 0 |

| Пост-обработка прототипов и сборка | Общий балл за семестр | Семестровый рейтинг | Экзамен, макс. 1 | | Итоговый балл | Итоговый рейтинг | Комментарии | Оценка |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | вопрос №1, макс. 0,5 | вопрос №2 (детали), макс. 0,5 | | | | |
| 0 | 2,36 | 7 | 0,00 | 0,50 | 2,86 | 7 | | хорошо |
| 0,5 | 4,00 | 1 | 0,50 | 0,50 | 5,00 | 1 | | отлично |
| 0 | 2,09 | 10 | 0,00 | 0,50 | 2,59 | 10 | отв. на доп. вопросы | хорошо |
| 0 | 2,32 | 8 | 0,00 | 0,50 | 2,82 | 8 | отв. на доп. вопросы | отлично |
| 0,5 | 3,00 | 5 | 0,50 | 0,50 | 4,00 | 5 | | отлично |
| 0,5 | 4,00 | 1 | 0,50 | 0,50 | 5,00 | 1 | | отлично |
| 0 | 2,23 | 9 | 0,00 | 0,50 | 2,73 | 9 | отв. на доп. вопросы | отлично |
| 0 | 2,23 | 9 | 0,00 | 0,50 | 2,73 | 9 | | хорошо |
| 0,5 | 3,00 | 5 | 0,50 | 0,50 | 4,00 | 5 | | отлично |
| 0 | 1,55 | 13 | 0,00 | 0,50 | 2,05 | 13 | отв. на доп. вопросы | хорошо |
| 0 | 3,18 | 4 | 0,50 | 0,50 | 4,18 | 4 | | отлично |
| 0 | 2,36 | 7 | 0,00 | 0,50 | 2,86 | 7 | | хорошо |
| 0,5 | 3,91 | 2 | 0,50 | 0,50 | 4,91 | 2 | | отлично |
| 0 | 1,95 | 11 | 0,00 | 0,50 | 2,45 | 11 | отв. на доп. вопросы | хорошо |
| 0 | 3,27 | 3 | 0,50 | 0,50 | 4,27 | 3 | | отлично |
| 0,5 | 3,00 | 5 | 0,50 | 0,50 | 4,00 | 5 | | отлично |
| 0,5 | 2,86 | 6 | 0,00 | 0,50 | 3,36 | 6 | отв. на доп. вопросы | отлично |
| 0 | 1,86 | 12 | 0,00 | 0,50 | 2,36 | 12 | отв. на доп. вопросы | хорошо |
| 0 | 2,23 | 9 | 0,00 | 0,50 | 2,73 | 9 | | хорошо |

б) таблица подсчета баллов и определения рейтинга




в) контроль успеваемости (за семестр)




г) контроль успеваемости (итоговый)

На усмотрение преподавателя и по результатам ответов на экзаменационные вопросы балл обучающегося может быть повышен, но не более, чем на 1 единицу!

Таблица 3. Оценочная шкала

| Оценка | Описание |
|---|---|
| Отлично (ТОП-5, 4 ≤ общий балл ≤ 5) | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой, таблица 2. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблице 1. Могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Хорошо (3 ≤ общий балл < 4) | Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, таблица 2. Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний, таблица 1, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях. |
| Удовлетворительно (2 ≤ общий балл < 3) | Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, таблица 2. Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, таблица 1, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации. |
| Неудовлетворительно (общий балл < 2) | Не выполнены обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, таблица 2. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков, приведенным в таблице 1, допускаются значительные ошибки, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |

Фонды оценочных средств представлены в **Приложении В** к рабочей программе.

**Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации**

1. Что такое быстрое прототипирование, приведите примеры процессов?
2. Что такое аддитивные технологии, приведите примеры процессов?
3. Технология 3D-печати: принцип реализации, разновидность применяемых материалов.
4. Технология FDM: принцип действия и особенности печати.
5. Технология FDM: разновидность машин.
6. Технология FDM: разновидность применяемых материалов.
7. Оптическое сканирование: разновидности 3D-сканеров.
8. Оптическое сканирование: алгоритм построения твердотельной 3D-модели по результатам сканирования.
9. Общая классификация САПР.
10. Что такое параметрическое проектирование, приведите примеры параметризации?
11. Построение 3D-моделей: основные 3D-операции.

12. Построение 3D-моделей: алгоритм (методика) построения произвольной 3D-модели по чертежу детали.
13. Опишите подробный алгоритм печати 3D-модели.
14. Что такое пост-обработка и для чего она нужна? Назовите основные инструменты для её проведения.
15. Особенности, которые необходимо учитывать при подготовке моделей к 3D-печати.
16. Назовите основные конструктивные элементы экструдера и их назначение.
17. Из каких узлов и агрегатов состоит принтер, печатающий по технологии FDM?
18. Из каких узлов и агрегатов состоит принтер, печатающий по технологии SLA?
19. Назовите основные направления развития аддитивных технологий и объясните почему?
20. Создание 3D-сборок: алгоритм (методика) построения произвольной 3D-сборки по чертежу сборки.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

***а) основная литература:***

1. 1. Гибсон Я., Розен Д., Стакер Б., Мир станкостроения. Технологии аддитивного производства, пер. с англ. И.В. Шишковского, Издательство «Техносфера», Москва, 2016, с. 656.

***б) дополнительная литература***

1. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н., Аддитивные технологии в машиностроении, уч. пособие, Издательство политехнического университета, Санкт-Петербург, 2013, с. 2213. Стинрод Н., Чинн У., Первые понятия топологии, серия «Современная математика», Издательство «Мир», 1967, с. 225.

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

Операционная система, Windows 7 (или ниже) - Microsoft Open License Лицензия № 61984214, 61984216,61984217, 61984219, 61984213, 61984218, 61984215

Офисные приложения, Microsoft Office 2013 (или ниже) - Microsoft Open License Лицензия № 61984042 Антивирусное ПО, Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Лицензии № 17521611170601569601 64

Специализированные программы: T-Flex, Inventor, Fltair Hypervorks.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте Мосполитеха в разделе:

- «Библиотека. Электронные ресурсы» http://lib.mospolytech.ru/lib/content/elektronnyy-katalog
- «Библиотека. Электронно-библиотечные системы» http://lib.mospolytech.ru/lib/ebs
- ЭБС «ЛАНЬ». Коллекция «Инженерно-технические науки» (http://e.lanbook.com);
- БД полных текстов национальных стандартов (ГОСТ, СНиП, РД, РДС и др.) «Техэксперт» (http://www.kodeks.ru);
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://elibrary.ru);
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн (www.biblioclub.ru);

- ЭБС «ZNANIUM.COM» (www.znanium.com);
- ЭБС «ЮРАЙТ» (www.biblio-online.ru);
- Реферативная наукометрическая электронная база данных «Scopus» (http://www/scopus.com);
- База данных «Knovel» (http://www.knovel.com)

– свободная энциклопедия
https://ru.wikipedia.org
– производителей ПО
http://www.autodesk.ru/
https://www.microsoft.com
– тематические/профильные форумы
http://www.autodeskforum.ru/
https://forums.autodesk.com

***г) список видеоматериалов (неполный, расширяемый)***

- Stratasys uPrint SE Plus vs 3DS CubePro Trio
- A demonstration of the SLA manufacturing technology used to build a Lava™ C.O.S. dental model
- Additive Manufacturing of 3D-parts in Milling quality - LASERTEC 65 3D
- Autodesk Generative Design
- Selective Laser Melting - SLM 500-800
- Stereolithography (SL - SLA)
- Multi-metal printing by InssTek's DMT technology
- Laser metal deposition manufacturing (LMD)
- 3D Printing ColorFabb Time-lapse Contest 2015 by Tristan Robitaille (4K) - Spacex Falcon 9 v1.1
- The 3D Printed Jet Engine
- GE FIRES UP ALL-3D-PRINTED JET ENGINE
- GE GEnx-1B 3D Printed B787 Jet Engine Model with Thrust Reverser
- GE is revolutionizing jet engine production with 3D printing
- NASA flying first zero gravity 3D printer into space
- T FLEX CAD- Photorealistic View
- Autodesk Inventor
- About FDM Technology
- FDM Technology (Fused Deposition Modeling)
- Fused Deposition Modeling (FDM) Technology
- Fused Deposition Modeling (FDM)
- 6 Tips to Help You Get the Most From FDM 3D Printing Materials
- 3D Printing- Titanium, Carbon Fiber, & The One-1 - -INSIDE KOENIGSEGG
- Selective Laser Sintering (SLS) Technology
- 17 Incredible 3D Printed Objects

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Специализированные аудитории кафедры «ОМДиАТ» (ав2509, ав2508) и межкафедральная лаборатория «САПР-ТП» оснащены компьютерным и проекционным оборудованием, современным специализированным программным

обеспечением. Лаборатории кафедры «ОМДиАТ» (А-ОМД, ав2102) оснащены штамповочным, заготовительным и испытательным оборудованием, лабораторной и экспериментальной оснасткой, контрольно-измерительными приборами, стендами и наглядными пособиями. Их применение позволяет вести полноценный учебный процесс, проводить практические занятия, а также заниматься с участием студентов исследованиями технологических свойств (штампуемость, сопротивление деформации) металлов, исследованием методов обработки давлением, опытно-конструкторскими работами, прививая обучающимся навыки самостоятельной научно-исследовательской деятельности и профессиональной деятельности. Данные о программном обеспечении, лабораторном оборудовании представлены в справке МТО.

## 9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Задачей самостоятельной работы студента являются:

- закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- формирование навыков использования справочной и специальной литературы для написания реферата и подготовки к аттестации (зачет/экзамен)

Изучение дисциплины должно сопровождаться самостоятельной работой студентов для усвоения лекционного материала и материала, полученного на лабораторных и практических занятиях.

Планирование самостоятельной работы должно включать регулярную работу с материалами, полученными на лекциях и практических занятиях; работу с литературными источниками, рекомендованными преподавателем и работу с научно-технической информацией по изучаемому предмету.

Организация самостоятельной работы включает место, время и эргономику рабочего места. Это позволяет создать комфортные условия для творческой работы.

## 10. Методические рекомендации для преподавателя

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих: лекции, практические и лабораторные занятия, консультации, защита отчета, тестирование, аттестация (зачет/экзамен).

На первой лекции преподаватель должен ознакомить студентов с объемом изучаемого материала; с системой оценки полученных знаний; и с рейтинговой системой, которая формируется в соответствии с рабочей программой.

В процессе изучения разделов курса, преподаватель должен информировать студентов о литературе, которую целесообразно просмотреть для закрепления знаний по каждому из разделов. Чтение лекций должно сопровождаться показом слайдов и видео материалов.

Начиная со второй лекции, студенты выполняют контрольные работы по предыдущему материалу лекции. Одновременно, на второй лекции студенты получают тему курсовой работы и/или реферата.

Практические и лабораторные занятия направлены на изучение стандартов, технической документации, методов практического измерения физических

величин технологического процесса и реализации оптимизации реального оборудования. Преподаватель дает задание оптимизировать один из параметров оборудования с учетом стандартов.

Основная цель практических работ заключается в развитии понимания возможности применения и взаимодействия методов решения задач естественно-научного, численного (виртуального или компьютерного) и практического уровней для получения оборудования с улучшенными показателями.

Аттестация (экзамен) проводится в форме диалога. Учитывается рейтинг студента. Рассматриваются результаты контрольных работ и обсуждается выполненная курсовая работа (реферат). Исходя из рейтинга студента, предлагаются тесты в компьютерной форме. По результатам собеседования студент получает или не получает зачет.

**ПРИЛОЖЕНИЯ к рабочей программе:**

А. Структура и содержание дисциплины

Б. Тематика лабораторных работ

В. Фонд оценочных средств

Приложение А.

Структура и содержание дисциплины «Основы аддитивных технологий»
по направлению подготовки **15.03.01. Машиностроение**
Профиль подготовки **Комплексные технологические процессы и оборудование машиностроения** (бакалавр)
Заочная форма обучения

| п/п | Раздел | Семестр | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах | | | | | Виды самостоятельной работы студентов | | | | | Формы аттестации | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Л | П/С | Лаб. | СРС | КСР | К.Р. | К.П. | О/т | Реферат | К/р | Э | З |
| 1. | Что такое технологии быстрого прототипирования и место аддитивных технологий в классификации процессов? Разновидности современных цифровых производственных технологий. Технологии 3D-печати из полимерных материалов. | 3 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 2. | Технологии 3D-печати из металлических материалов. Проектирование в ПО Инвентор | 3 | 1 | | 2 | | | | | | | | | |
| 3. | Основные схемы процессов 3D-печати (FDM, SLA, SLS, SLM, DMLS и др.). | 3 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 4. | Применяемые материалы и их реологические свойства. | 3 | 1 | | 2 | | | | | | | | | |
| 5. | Классификация САПР. Применяемые материалы и их реологические свойства. Проектирование в ПО Инвентор | 3 | 1 | | 2 | | | | | | | | | |
| 6. | Алгоритм создания 3D-моделей и 3D-сборок в программах параметрического проектирования. Подготовка 3D-моделей формата STL к печати. Подготовка управляющего g-кода. Печать прототипов по технологии FDM. Пост-обработка прототипов и создание сборок | 3 | 1 | | 4 | | | | | | | | | |
| | **Промежуточный итог:** | | | | | | | | | | | | | |
| | **Итого:** | | **6** | | **10** | **92** | | | | | | | **+** | |

Приложение Б

Тематика лабораторных и практических занятий по дисциплине «Основы аддитивных технологий» по направлению подготовки **15.03.01. Машиностроение**
Профиль подготовки
**Комплексные технологические процессы и оборудование машиностроения** (бакалавр)
Заочная форма обучения

| № | Наименование работы | Место проведения | Кол-во часов | Отчетность |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Проектирование в ПО Инвентор | БС, АВ | 2 | входит в общий отчет (в электронном виде) |
| 2 | Печать прототипов по технологии FDM | БС, АВ | 4 | входит в общий отчет (в электронном виде) |
| 3 | Пост-обработка прототипов и создание сборок | БС, АВ | 4 | входит в общий отчет (в электронном виде) |
| | ИТОГО | | 10 | |

Приложение В

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**
**Московский политехнический университет**

Направление подготовки:
**15.03.01. Машиностроение**
ОП (профиль): **«Комплексные технологические процессы и оборудование машиностроения»**
Кафедра: **«Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»**

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Основы аддитивных технологий»**

**Состав:**
**1. Паспорт фонда оценочных средств**
**2. Описание оценочных средств:**
- контрольные вопросы
- лабораторные работы

**Составитель:**

к.т.н., доцент М.А. Петров

**Москва 2020**

Паспорт ФОС по дисциплине «Основы аддитивных технологий»

| Код компетенции | Элементы компетенции (части компетенции) | Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины по рабочей программе | Период. контроля | Виды контроля | Способы контроля | Средства контроля |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| ОПК-4 | ***знать:***<br>- методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий;<br>***уметь:***<br>- разрабатывать малоотходные и энергосберегающие аддитивные технологии;<br>***владеть:***<br>- способами рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении | Алгоритм создания 3D-моделей и 3D-сборок в программах параметрического проектирования. | ТЕК<br>ПА | КВ<br>Э | У<br>П<br>КТ | |

**Описание оценочных средств**

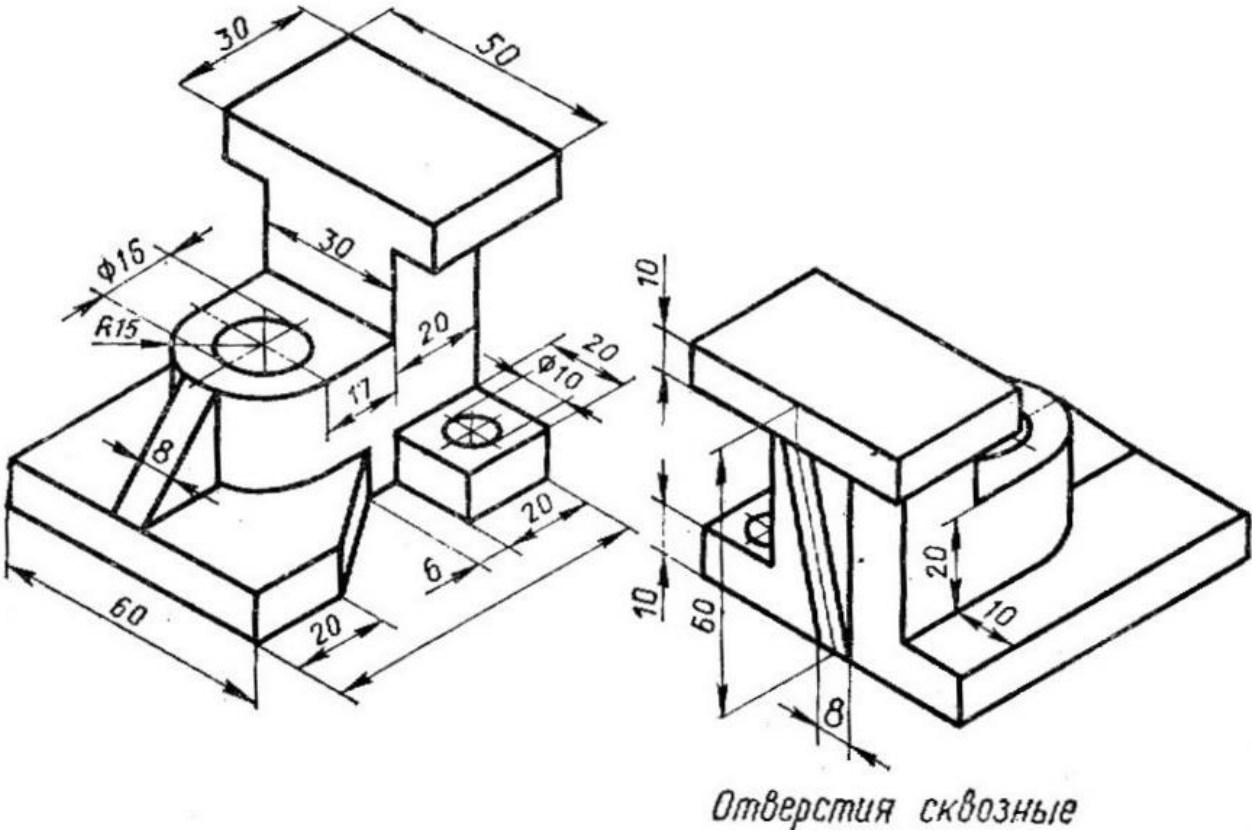
| № п/п | Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства | Представление оценочного средства в ФОС |
|---|---|---|---|
| 1 | Контрольная работа | Проверка усвоения лекционного материала предыдущих разделов дисциплины. Выполняется каждым студентом письменно в лекционной аудитории после завершения чтения лекционного материала за 20 минут до окончания занятия. Цель: проверка усвоения студентами предыдущего материала и выяснение преподавателем вопросов, на которые студенты отвечают неправильно или затрудняются ответить. Какие действия преподавателя: разъяснение непонятных вопросов предыдущего материала на следующем занятии. | Комплект контрольных вопросов по каждому разделу дисциплины прилагается. Шкала оценки по п.6 рабочей программы |
| 2 | Лабораторные и практические работы | Закрепление навыков трехмерного проектирования деталей и сборок, учет зазоров с учетом точности 3D-печати, подготовка моделей для 3D-печати, подготовка g-кода, печать прототипов, пост-обработка прототипов и сборка конструкции изделия, предложенной преподавателем. Отчетность: составление отчета объёмом не менее 20 страниц. | Темы лабораторных и практических работ в приложении Б рабочей программы. Шкала оценки по п.6 рабочей программы |

## Контрольные вопросы

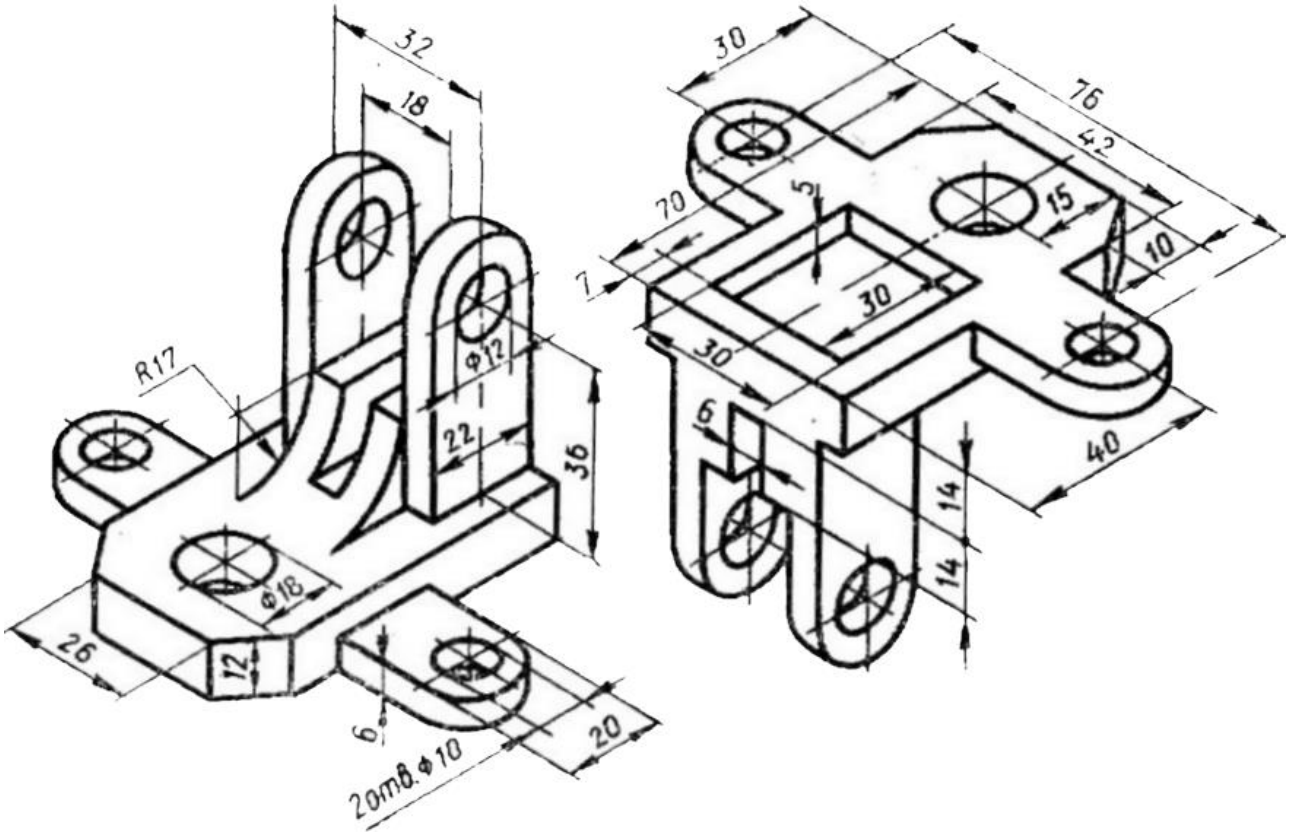
1. Что такое быстрое прототипирование, приведите примеры процессов?
2. Что такое аддитивные технологии, приведите примеры процессов?
3. Технология 3D-печати: принцип реализации, разновидность применяемых материалов.
4. Технология FDM: принцип действия и особенности печати.
5. Технология FDM: разновидность машин.
6. Технология FDM: разновидность применяемых материалов.
7. Оптическое сканирование: разновидности 3D-сканеров.
8. Оптическое сканирование: алгоритм построения твердотельной 3D-модели по результатам сканирования.
9. Общая классификация САПР.
10. Что такое параметрическое проектирование, приведите примеры параметризации?
11. Построение 3D-моделей: основные 3D-операции.
12. Построение 3D-моделей: алгоритм (методика) построения произвольной 3D-модели по чертежу детали.
13. Опишите подробный алгоритм печати 3D-модели.
14. Что такое пост-обработка и для чего она нужна? Назовите основные инструменты для её проведения.
15. Особенности, которые необходимо учитывать при подготовке моделей к 3D-печати.
16. Назовите основные конструктивные элементы экструдера и их назначение.
17. Из каких узлов и агрегатов состоит принтер, печатающий по технологии FDM?
18. Из каких узлов и агрегатов состоит принтер, печатающий по технологии SLA?
19. Назовите основные направления развития аддитивных технологий и объясните почему?
20. Создание 3D-сборок: алгоритм (методика) построения произвольной 3D-сборки по чертежу сборки.

## Примеры практических заданий

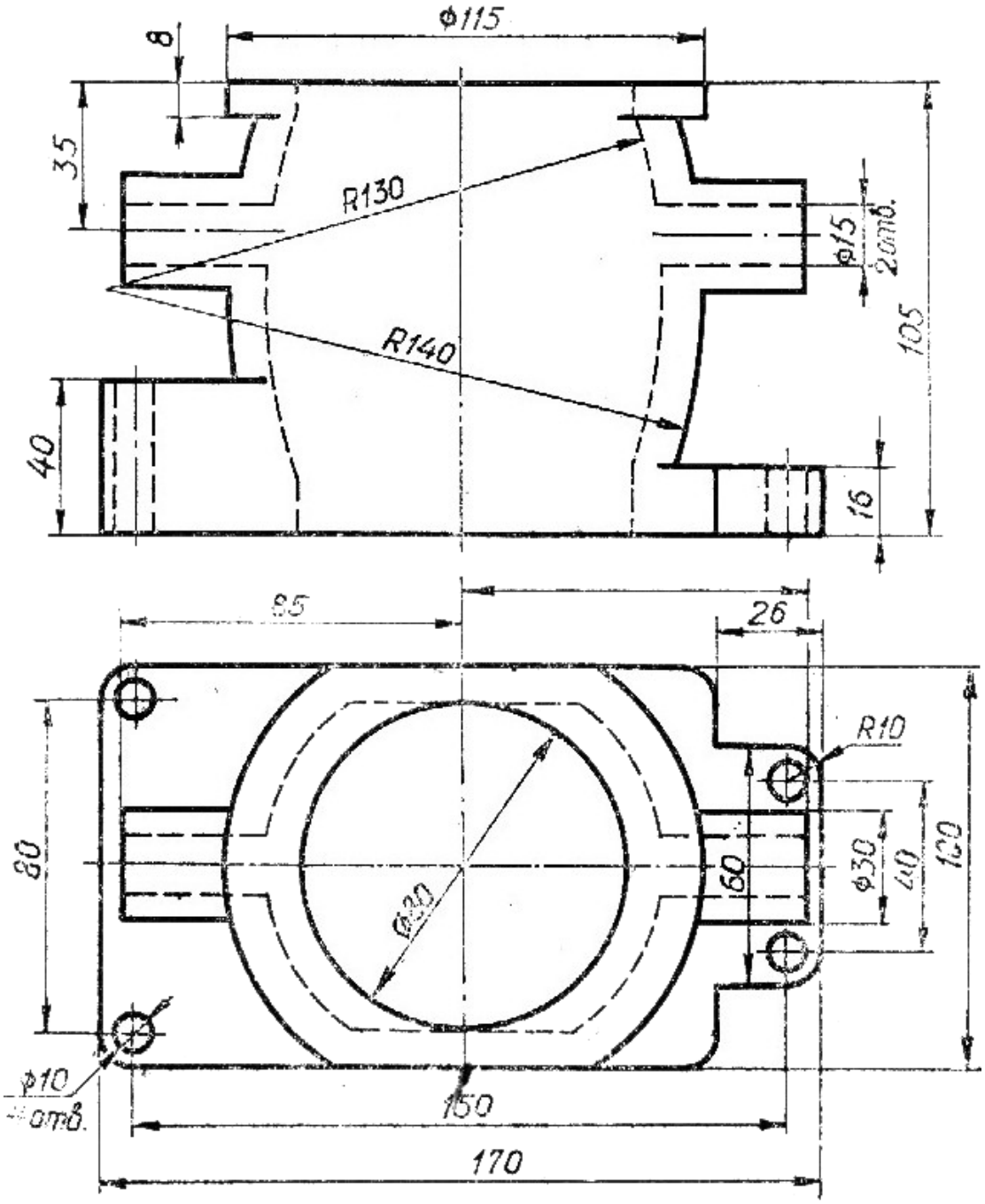
*отдельные детали*




деталь №1

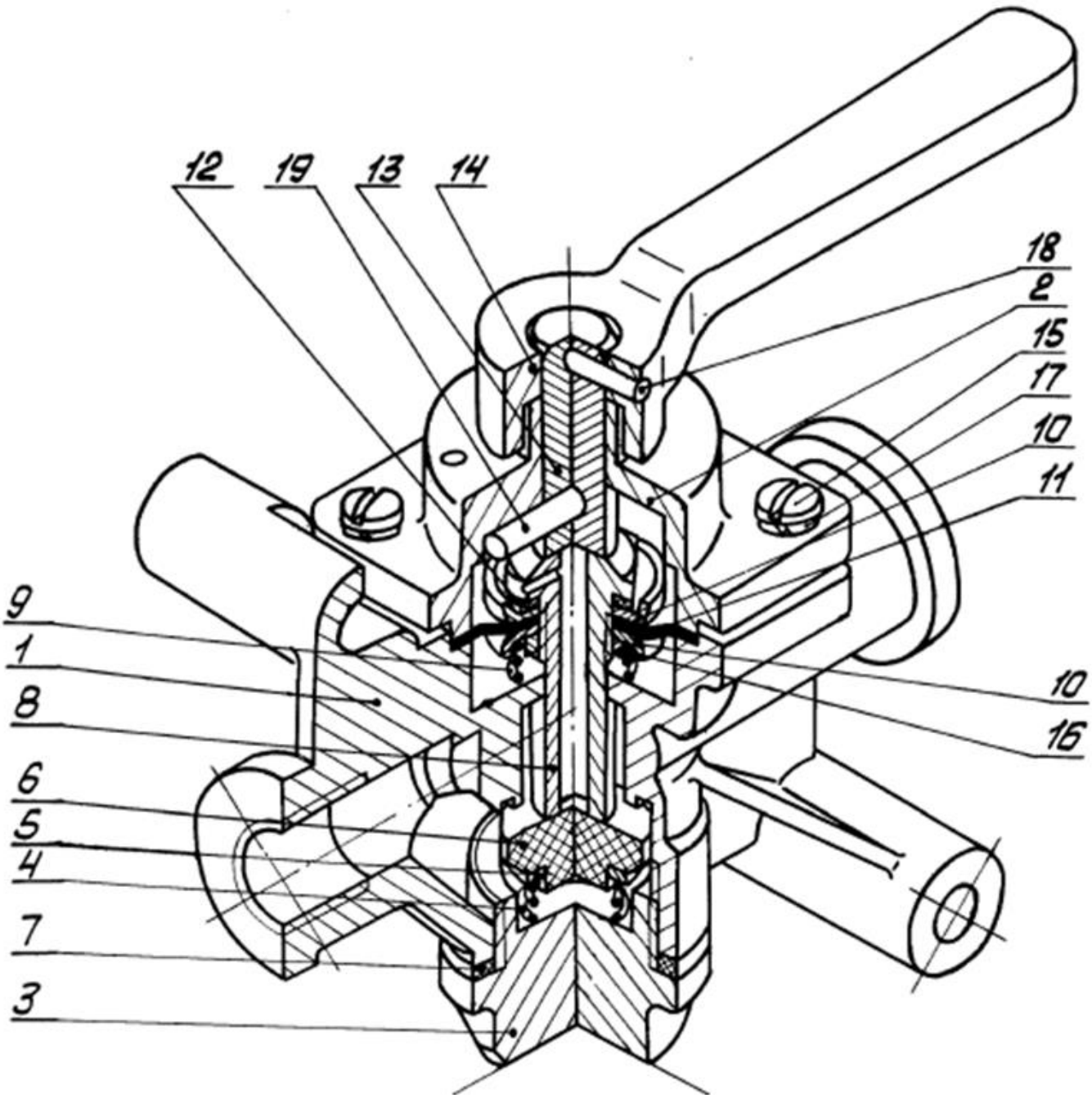



деталь №2


ф115
8
35
R130
R140
ф15
2отв.
105
40
16
85
26
R10
80
60
ф30
40
120
ф30
ф10
4 отв.
150
170

деталь №3

*сборка «Кран разобщительный» с деталировкой*



## Кран разобщительный 00-000.06.02.02.00

Кран разобщительный ставится на воздухопроводах для разобщения пневмоприемников от компрессора на тяжелых грузовых автомобилях и паровозах. Краны соединяются с воздухопроводом при помощи двух резьбовых отверстий G¼"-B .

В сборочную единицу входят следующие стандартные детали:

поз. 15 – винт ВМ6–8g×20.58 ГОСТ 17473–80 (4 шт.);

поз. 16 – гайка М16×1,5–6Н.5 ГОСТ 5916–70 (1 шт.);

поз. 17 – шайба 6.65Г ГОСТ 6402–70 (4 шт.);

поз. 18 – штифт 4h11×30 ГОСТ 3128–70 (1 шт.);

поз. 19 – штифт 6h11×40 ГОСТ 3128–70 (1 шт.).

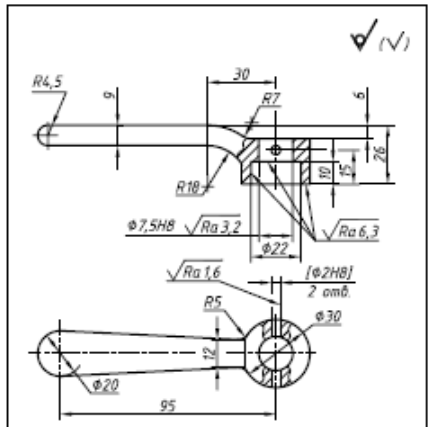
Сборка крана осуществляется в следующей последовательности:

В нижнее резьбовое отверстие М16×1,5–6Н корпуса 1 крана ввинчивается пробка 3 с резиновой прокладкой 7. Она поджимает пружину 4, которая, в свою очередь, поджимает клапан 6, конусный перекрывает отверстие Ф24 в корпусе 1. Между клапаном и пружиной ставится опорное кольцо 5. Сверху в корпус вставляется шток 8, на который нарезана резьба М16×1,5–6g. На шток устанавливается прокладка 11 между двумя шайбами 10 и закатывается гайкой 16. Прокладка служит для предотвращения утечки сжатого воздуха через отверстие под шток в крышке крана. На штоке имеется горизонтально расположенное отверстие диаметром 3 мм, соединяющееся с осевым отверстием штока. Это отверстие служит для соединения выходной полости крана с верхней полостью в положении крана "закрыто". Крышка 2 крепится к корпусу 1 четырьмя винтами 15 с пружинными шайбами 17. В крышке имеются винтовая поверхность, по которой движется штифт 19, соединенный с кронштейном 13. Толкатель 13 соединяется с ручкой 14 при помощи штифта 18. В крышке 2 имеется отверстие диаметром 6 мм, соединяющее верхнюю полость крана с атмосферой. В положении ручки 14 вдоль оси входного и выходного отверстий – кран "открыт", при повороте ручки на 90° по часовой стрелке – кран "закрыт".

Все фаски для внутренней непрогической резьбы выполнены согласно ГОСТ 10549–80 и на чертежах не указаны.

Копировал Формат А4

---

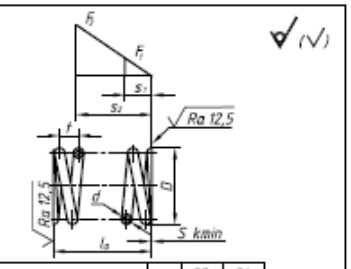



1. Обработку по размерам в квадратных скобках производить совместно с дет. поз. 13.
2. Детали применять совместно.
3. H14, h14, ±IT14/2

| | | | |
|---|---|---|---|
| 00-000.06.02.02.14 | | | |
| Ручка | Лит. | Масса | Масштаб 1:1 |
| | Лист | Листов 1 | |
| ВЧ38-17 ГОСТ 7293-85 | | | |

Копировал Формат А4

---



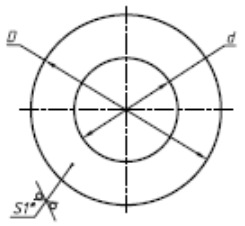

| | поз. | 09 | 04 |
|---|---|---|---|
| 1. Длина развернутой пружины | l | 600 | 380 |
| 2. Число рабочих витков | n | 4 | 4 |
| 3. Число витков полное | n1 | 5,5 | 5,5 |
| 4. Направление навивки | | правое | правое |
| 5. Деформация пружины предварительная | s1 | 4 | 3 |
| 6. Деформация пружины рабочая | s2 | 6 | 8 |
| 7. Усилие пружины предварительное | F1 | 6кН | 5кН |
| 8. Усилие пружины рабочее | F2 | 13кН | 12кН |
| 9. Длина пружины в свободном состоянии | l0 | 16 | 18 |
| 10. Диаметр пружины наружный | D | 32±0,5 | 28±0,5 |
| 11. Диаметр проволоки | d | 3,6±0,1 | 3,6±0,1 |
| 12. Шаг пружины | t | 3,5 | 4 |
| 13. Толщина конца опорного витка | s kmin | 0,4 | 0,4 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 00-000.06.02.02.09/04 | | | |
| Пружина | Лит. | Масса | Масштаб |
| | Лист | Листов 1 | |
| Проволока 3,6-А5 ГОСТ 17305-91 | | | |

Копировал Формат А4

---

Ra 12,5 (√)




*Размер для справок.

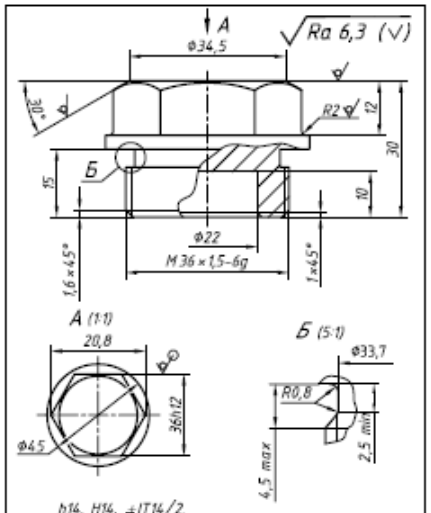
| №поз | d | D | s | Материал |
|---|---|---|---|---|
| 05 | 16,5 | 26 | 2 | Сталь 20 ГОСТ 1050-88 |
| 07 | 34$^{+0,5}$ | 45-0,5 | 4 | Пластина I, лист, ОМБ-С-4×250×500-4,8 ГОСТ 7338-90 |
| 11 | 16 | 60 | 1 | |
| 12 | 16$^{+0,5}$ | 24-0,5 | 1 | Кожа техническая 1 ГОСТ 20836-75 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 00-000.06.02.02.05/07/11/12 | | | |
| Прокладка | Лит. | Масса | Масштаб |
| | Лист | Листов 1 | |

Копировал Формат А4

---

Ra 6,3 (√)



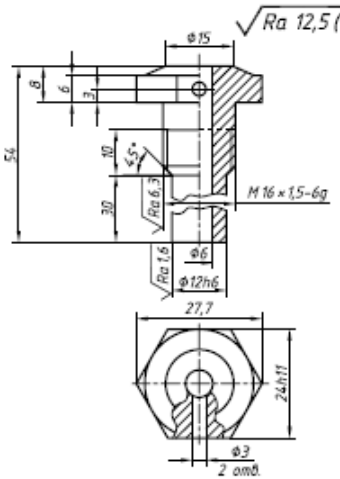

h14, H14, ±IT14/2.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 00-000.06.02.02.03 | | | |
| Пробка | Лит. | Масса | Масштаб 2:1 |
| | Лист | Листов 1 | |
| Отливка 45Л-I ГОСТ 977-88 | | | |

Копировал Формат А4

---

Ra 12,5 (√)

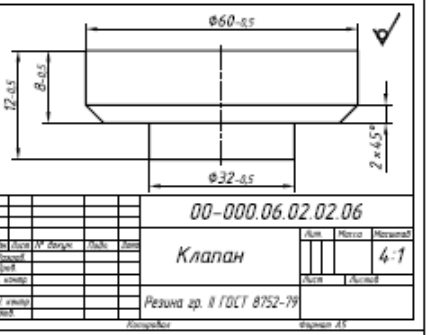



h14, H14, ±IT14/2.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 00-000.06.02.02.08 | | | |
| Шток | Лит. | Масса | Масштаб 2:1 |
| | Лист | Листов 1 | |
| Сталь 35 ГОСТ 1050-88 | | | |

Копировал Формат А4

---

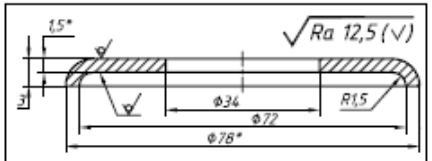



| | | | |
|---|---|---|---|
| 00-000.06.02.02.06 | | | |
| Клапан | Лит. | Масса | Масштаб 4:1 |
| | Лист | Листов 1 | |
| Резина гр. II ГОСТ 8752-79 | | | |

Копировал Формат А5

---

Ra 12,5 (√)



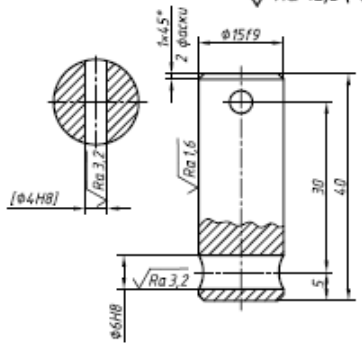

*Размеры для справки.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 00-000.06.02.02.10 | | | |
| Шайба | Лит. | Масса | Масштаб 4:1 |
| | Лист | Листов 1 | |
| Лист 1,5х100х1000 ГОСТ 19903-74 Сталь 08кп ГОСТ 16523-89 | | | |

Копировал Формат А5

---

Ra 12,5 (√)




1. Обработку по размерам в квадратных скобках производить совместно с дет. поз. 14.
2. Детали применять совместно.
3. H14, h14, ±IT14/2

| | | | |
|---|---|---|---|
| 00-000.06.02.02.13 | | | |
| Толкатель | Лит. | Масса | Масштаб 2,5:1 |
| | Лист | Листов 1 | |
| Сталь 35 ГОСТ 1050-88 | | | |

Копировал Формат А4



**Пример тестовых вопросов**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1) Что такое быстрое прототипирование? | | | | | | | |
| ☐ | САПР | ☐ | единичное производство + САПР | ☐ | массовое производство + САПР | ☐ | вид управления производством |
| 2) Назовите технологию 3D-печати? | | | | | | | |
| ☐ | FFF | ☐ | ABS | ☐ | PLA | ☐ | ERP |
| 3) Принцип реализации технологии FFF/FDM? | | | | | | | |
| ☐ | расплавление и выдавливание полимера | ☐ | спекание полимера | ☐ | спекание порошка | ☐ | отверждение в UV |
| 4) Принцип реализации технологии DMLS? | | | | | | | |
| ☐ | расплавление и выдавливание полимера | ☐ | спекание полимера | ☐ | отверждение полимера в UV | ☐ | спекание порошка |
| 5) Для чего нужны поддерживающие структуры? | | | | | | | |
| ☐ | красоты и эстетики | ☐ | предотвращения обрушения | ☐ | стабилизации температуры | ☐ | генерируются всегда |
| 6) Какие формы поставки материалов существуют? | | | | | | | |
| ☐ | порошок | ☐ | проволока | ☐ | волокно | ☐ | прутки |
| 7) Что такое iges? | | | | | | | |
| ☐ | вид 3D-печати | ☐ | название группы прототипов | ☐ | формат данных | ☐ | род 3D-принтеров |
| 8) В каких программах ведется подготовка gcode? | | | | | | | |
| ☐ | Polygon | ☐ | CraftWare | ☐ | WarCraft | ☐ | CoD |
| 9) Построение 3D-моделей в ПО Инвентор: что такое дерево построения? | | | | | | | |
| ☐ | история 3D-построений | ☐ | древовидная конструкция | ☐ | алгоритм работы 3D-принтера | ☐ | порядок генерации gcode |
| 10) Алгоритм (методика) подготовки gcode? | | | | | | | |
| ☐ | загрузка модели-выбор параметров печати-генерация поддержек | ☐ | выгрузка модели-генерация поддержки | ☐ | генерация поддержки-выбор параметров печати | ☐ | создание stl модели-генерация поддержек |

## Примеры экзаменационных билетов

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

Институт/Факультет Машиностроения Кафедра ОМДиАТ
Дисциплина ОСНОВЫ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
Образовательная программа Комплексные технологические процессы и оборудование машиностроения
Курс __, группа ___, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № А**

1. Что такое быстрое прототипирование, приведите примеры процессов?

2. Создать 3D-модель/-ли в ПО Инвентор по чертежу/эскизу, предложенному преподавателем.

Утверждено на заседании кафедры «___» _____ 20___ г., протокол № ____

Зав. кафедрой _____ / П.А. Петров /

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

Институт/Факультет Машиностроения Кафедра ОМДиАТ
Дисциплина ОСНОВЫ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
Образовательная программа Машины и технология обработки металлов давлением
Курс __, группа ___, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № Б**

1. Что такое быстрое прототипирование, приведите примеры процессов?

2. В ПО Инвентор построить три детали из деталировки (выдаётся преподавателем) и произвести их сборку.

Утверждено на заседании кафедры «___» _____ 20___ г., протокол № ____

Зав. кафедрой _____ / П.А. Петров /