

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Максимов Алексей Бурилович

Должность: директор департамента по образовательной политике

Дата подписания: 01.11.2023 17:52:47

Уникальный идентификатор документа:

8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета машиностроения

/Е.В. Сафонов /

2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«3D-сканирование и основы
обратного инжиниринга»**

Направление подготовки
27.03.05 «Инноватика»

Профиль
«Аддитивные технологии»

Квалификация (степень) выпускника
бакалавр

Форма обучения
очная

Москва 2021

1. Цели и задачи дисциплины

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

- формирование общеинженерных знаний и умений по данному направлению;
- освоение 3D сканированию и освоение способов параметрического и математического проектирования сборочных узлов и изделий с свойств применяемого материала;
- изучение методики разработки конфигурации заготовки и штампового инструмента;
- изучение методики проведения 3D сканирования и получения 3D-моделей в формате stl;
- изучение программ для подготовки управляющего кода (gcode).
- освоение современного программного обеспечения и оборудования для сканирования.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «3D-сканирование и основы обратного инжиниринга» относится к разделу «Факультативы». Базируется на следующих дисциплинах ООП: «Оборудование для быстрого прототипирования» и «Обратный инжиниринг и бионический дизайн в аддитивном производстве», «Промышленные технологии и инновации», «Управление инновационными проектами», «3D-моделирование изделий и основы подготовки данных 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, таблица 1:

Таблица 1. Формирование компетенций

Коды компетенций	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-13	Способностью использовать информационные технологии и	Знать методы работы с компьютерной техникой и современным коммерческим или

	инструментальные средства при разработке проектов.	свободным (open source) программным обеспечением для разработки технических проектов. Уметь обращаться с компьютерной техникой и программным обеспечением для достижения поставленной задачи в рамках разработки проекта. Владеть инструментарием программных и аппаратных средств.
ПК-15	Способностью конструктивного мышления, применять методы анализ вариантов проектных, конструкторских и технологических решений для выбора оптимального.	Знать методы и подходы развития конструктивного мышления. Уметь применять методы анализ вариантов проектных, конструкторских и технологических решений для выбора оптимального. Владеть методами конструктивного мышления, применять методы анализ вариантов проектных, конструкторских и технологических решений для выбора оптимального.

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2 зачетная единица (72 академических часов)**.

Разделы дисциплины изучаются на третьем семестре второго курса, выделяется **2 зачетная единица или 72 академических часов** (из них – 36 часов аудиторных занятий, в том числе: 36 часов семинарских занятий).

Форма контроля – **зачёт (3 семестр)**.

Содержание разделов представлено ниже.

Способы получения 3D-моделей методом оптического сканирования. Теоретические основы оптики: основы геометрической оптики, волновая оптика, квантовая оптика, оптические свойства материалов, оптические свойства покрытий.

Оборудование для проведение оптического сканирования изделий и бесконтактного контроля геометрических размеров. Трекеры и лидары. Комбинированные методы сканирования крупных и мелких объектов.

ПО для обработки информации после 3D-сканирования и подготовки stl-файлов. Открытое ПО для получение управляющей программы (gcode) для 3D-принтера (технология FDM/FFF).

Структура и содержание дисциплины «3D-сканирование и основы обратного инжиниринга» по срокам и видам работы отражены в **Приложении А**.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины.

Методика преподавания дисциплины «3D-сканирование и основы обратного инжиниринга» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных и внеаудиторных занятий:

- занятия сопровождаются показом презентаций и видеофайлов с помощью компьютерной и проекторной техники;
- проведение, обсуждение и защита семинарских работ;
- проведение семинарских занятий с синхронным (вместе с преподавателем) или самостоятельным выполнением заданий в программах CAD/CAE;
- организация группы в социальной сети ВКонтакте (закрытого типа) в сети Интернет 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).

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 семинарских занятий, посещаемость. Вводится балльно-рейтинговой системы оценки знаний учащихся.

В программе реализуется 5-балльная система оценки знаний. Вводится тестовая система усвоения материала по каждому разделу курса. В электронном виде по каждому разделу обучающийся должен найти правильный ответ на предлагаемые вопросы. В конце тестирования компьютер «выдает» результаты в виде: «правильно» – «неправильно». Учитывая результаты тестирования, студент сможет обратить внимание на разделы курса, которые плохо усвоены. В конце семестра проводится зачетная тестовая проверка знаний всего курса. Одновременно учитывается посещаемость семинаров. 100% посещаемость добавляет один балл на экзамене/зачете. Курсом предусмотрено написание рефератов по предлагаемым преподавателем темам. При написании и защите реферата добавляется один балл на экзамене. **Таким образом** в течение семестра

учащемуся начисляются баллы, если он успешно выполнил критерий. В соответствие с набранными баллами формируется **рейтинг учащихся** (таблица 2). Общая оценка уровня успеваемости студента и усвоения полученных знаний будет складываться из следующих показателей:

1. Посещаемость;
2. Контрольные работы;
3. Тестирование;
4. Итоговая работа (отчет по семинарским работам);
5. Ответы на зачете

В программе настоящей дисциплины реализуется пяти (5) – балльная система оценки знаний. В течение каждого семестра учащемуся начисляются баллы, если он успешно выполнил несколько критериев. Максимальное количество баллов по одному критерию составляет 1. Каждый критерий (в соответствие с таблицей 2) отражает фактическую академическую успеваемость учащегося. Ежегодный набор критериев для получения 5 баллов может изменяться. Также, к существующим критериям в таблице 1 могут добавляться дополнительные критерии (расширяемый список критериев). 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 каждого семестра производится подсчёт набранных баллов. Если студент набирает максимально-возможное количество баллов за семестр, то он освобождается от ответа на дополнительные вопросы на зачёте или экзамене.

Таблица 2. Расширяемый список критериев оценки знаний студентов

№	Критерий оценки	Макс. кол-во баллов
1	Посещаемость (100%)	1
2	Написаны две проверочные работы, причём по каждой из них ответы даны на:	
	- один вопрос	0,25
	- два вопроса	0,50
	- три вопроса	0,75
	- четыре вопроса	1
3	Сдан отчёт курсу семинарских занятий	1
4	Сдана презентация по результатам работ	0,5

5	Участие в открытом семинаре/уроке по компьютерному моделированию, проектированию и/или оптимизации (с составлением отчета)	1
6	Студент вошел в соавторы статьи	2

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 3. Оценочная шкала

Оценка	Описание
Отлично	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	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	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	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 Г** к рабочей программе.

Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации

- 1) По каким ГОСТ и рекомендациям проводят проектирование поковок по известной геометрии детали?
- 2) Что необходимо знать для проектирования штампового инструмента.
- 3) Какие виды контроля геометрических размеров поковок и инструмента Вам известны?
- 4) Назовите инструменты бесконтактного способа контроля размеров и получения данных о геометрии изделий.
- 5) Какие способы копирования изделий Вам известны?
- 6) Для чего проводят механические испытания материалов?
- 7) Какие виды испытаний материалов Вам известны?
- 8) Каким образом информация о механических и оптических свойствах материалов может быть включена в методику бесконтактного определения качества изделия?
- 9) В чём заключается декомпозиция сложных изделий/конструкций и каковы её основные этапы?
- 10) Зачем нужны инструменты САД?
- 11) Назовите этапы создания 3D-модели методами 3D-сканирования.
- 12) Теоретические основы оптики: интерференция света.
- 13) Теоретические основы оптики: геометрическая оптика.
- 14) Теоретические основы оптики: предельный переход от волновой оптики к геометрической.
- 15) Теоретические основы оптики: aberrации и их разновидности?
- 16) Теоретические основы оптики: дифракция света.
- 17) Теоретические основы оптики: отражение и преломление света.
- 18) Теоретические основы оптики: поляризация и рефракция.
- 19) Теоретические основы оптики: основные принципы молекулярной оптики.
- 20) Теоретические основы оптики: дисперсия света.
- 21) Теоретические основы оптики: основы молекулярной оптики.
- 22) Теоретические основы оптики: основы квантовой оптики, лазеры.
- 23) Теоретические основы оптики: рассеивание света.
- 24) Теоретические основы оптики: эффект Доплера.
- 25) Теоретические основы оптики: эффект Аббе.
- 26) Теоретические основы оптики: влияние теплового излучения.
- 27) Оборудование для 3D-сканирования: сканеры на светодиодах.
- 28) Оборудование для 3D-сканирования: лазерные сканеры.
- 29) Оборудование для 3D-сканирования: трекеры и лидары.
- 30) Совмещённые методы 3D-сканирования.
- 31) Обработка массива данных после 3D-сканирования и получение stl-файла.
- 32) Последовательность подготовки управляющей программы (gcode) для 3D-принтера (технология FFF).
- 33) Работа на 3D-принтере: печать и пост-обработка прототипа.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Косенко И.И., Кузнецова Л.В., Николаев А.В., Моделирование и виртуальное прототипирование, учебное пособие для студ. вузов, Издательства «Альфа-М», «Уником-Сервис» и «Инфра-М», Москва, 2012, с. 176.
2. Сивухин Д.В., Общий курс физики: оптика, учебное пособие, 2-е издание, Издательство «Наука», Москва, 1985, с. 751.

б) дополнительная литература

1. Мэллой Р.А., Конструирование пластмассовых изделий для литья под давлением: выбор материала, структурное проектирование, прототипирование, сборка, пер. с англ., Издательство «Профессия», Санкт-Петербург, 2006, с. 507.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

- электронная библиотека Университета
<http://lib.mami.ru/>
- учебные видеофильмы по оптическому сканированию
<http://www.rutube.ru> и <http://www.youtube.com/>
(ключевые слова: реверс-инжиниринг, обратный инжиниринг, оптическое сканирование, лидары, лазерные сканеры, точность сканирования, аддитивные технологии, gcode, 3D-печать, FFF, 3D-сканер, 3D-сканирование, геометрическая оптика)
- свободная энциклопедия
<https://ru.wikipedia.org>
- производители оборудования для 3D-сканирования и контроля размеров
<https://www.artec3d.com/ru>
<http://rangevision.com/>
<https://www.faro.com/russia/>
<http://www.hexagon.com/>
<https://www.3dsystems.com/shop/sense>
- производители оборудования для 3D-печати по технологии FFF
<http://picaso-3d.com/ru/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитории 2509, мультимедийная аудитория, и/или 2514, «Межкафедральная лаборатория САПР» (здание на Автозаводской, д. 16): компьютерная и проекторная техника для проведения семинарских занятий. Аудитория 1707, лаборатория «Аддитивные технологии» (здание на Автозаводской, д. 16): оборудование для оптического 3D-сканирования и 3D-печати, проведение семинарских занятий.

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 итогового отчёта и подготовки к аттестации (зачет)

Изучение дисциплины должно сопровождаться самостоятельной работой студентов для усвоения материала, полученного на семинарских занятиях.

Планирование самостоятельной работы должно включать регулярную работу с материалами, полученными на семинарских 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: семинарские занятия, консультации, защита отчета, контрольные работы, аттестация (зачет).

На первом занятии 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. Занятия сопровождаются показом слайдов и видео материалов.

Начиная со второго занятия, студенты выполняют контрольные работы по предыдущему материалу.

Семинарские занятия направлены на изучение методики проведения оптического сканирования, работу с 3D-геометрией изделий, изучение влияния материалов и покрытий на результат сканирования, получение 3D-моделей, их печати, повторного сканирования и сравнения с первоначальной 3D-моделью изделия с целью выявления точности сканирования и 3D-печати.

Аттестация (зачет) проводится в форме диалога. Учитывается рейтинг студента. Рассматриваются результаты контрольных работ и обсуждается выполненный итоговый отчёт. По результатам собеседования студент получает или не получает зачет.

ПРИЛОЖЕНИЯ к рабочей программе:

А. Структура и содержание дисциплины

Б. Тематика практических работ

Г. Фонд оценочных средств

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

Направление подготовки:
27.03.05 Инноватика

ОП (профиль): «Аддитивные технологии»

Кафедра: «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»

**ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

«3D-сканирование и основы обратного инжиниринга»

Состав:

1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

- контрольные вопросы
- отчет по семинарским работам

Составитель:

к.т.н., доцент

М.А. Петров

Москва 2020

Таблица 3 Паспорт ФОС по дисциплине «3D-сканирование и основы обратного инжиниринга»

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
ПК-13	<p>Знать методы работы с компьютерной техникой и современным коммерческим или свободным (open source) программным обеспечением для разработки технических проектов.</p> <p>Уметь обращаться с компьютерной техникой и программным обеспечением для достижения поставленной задачи в рамках разработки проекта.</p> <p>Владеть инструментарием программных и аппаратных средств.</p>	Обратный инжиниринг (реверс-инжиниринг). Методы и способы копирования изделий.	ТЕК, ПА	КВ 3	У	
ПК-15	<p>Знать методы и подходы развития конструктивного мышления.</p> <p>Уметь применять методы анализ вариантов проектных, конструкторских и технологических решений для выбора оптимального.</p>	<p>Основные инструменты обратного инжиниринга (материальные и виртуальные). Декомпозиция сложных конструкций.</p> <p>Способы получения 3D-моделей методом оптического сканирования.</p> <p>Теоретические основы оптики: основы геометрической оптики, волновая оптика, квантовая оптика, оптические свойства</p>	ТЕК, ПА	КВ 3	У	

<p>Владеть методами конструктивного мышления, применять методы анализ вариантов проектных, конструкторских и технологических решений для выбора оптимального.</p>	<p>материалов, оптические свойства покрытий. Оборудование для проведение оптического сканирования изделий и бесконтактного контроля геометрических размеров. Трекеры и лидары. Комбинированные методы сканирования крупных и мелких объектов.</p>				
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--

Описание оценочных средств

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Семинарские работы	<p>Студент учится работать с инструментами обратного инжиниринга и оптического сканирования, а также в программах по обработке данных после сканирования, подготавливает gcode, выращивает прототип и проводит сравнение размеров 3D-модели исходной детали с 3D-моделью напечатанного прототипа.</p> <p><u>Отчетность:</u> составление отчета объёмом не менее 20 страниц.</p>	<p>Темы практических работ в приложении Б рабочей программы.</p> <p>Шкала оценки по п.6 рабочей программы</p>
2	Контрольные вопросы	<p>Проверка усвоения лекционного материала предыдущих разделов дисциплины. Выполняется каждым студентом письменно в лекционной аудитории после завершения чтения лекционного материала на второй и четвертой лекциях за 20 минут до окончания занятия.</p> <p><u>Цель:</u> проверка усвоения студентами предыдущего материала и выяснение преподавателем вопросов, на которые студенты отвечают неправильно или затрудняются ответить.</p> <p>Какие действия преподавателя: разъяснение непонятных вопросов предыдущего материала на следующем занятии.</p>	<p>Комплект контрольных вопросов по каждому разделу дисциплины прилагается.</p> <p>Шкала оценки по п.6 рабочей программы</p>

Контрольные вопросы

- 1) По каким ГОСТ и рекомендациям проводят проектирование поковок по известной геометрии детали?
- 2) Что необходимо знать для проектирования штампового инструмента.
- 3) Какие виды контроля геометрических размеров поковок и инструмента Вам известны?
- 4) Назовите инструменты бесконтактного способа контроля размеров и получения данных о геометрии изделий.
- 5) Какие способы копирования изделий Вам известны?
- 6) Для чего проводят механические испытания материалов?
- 7) Какие виды испытаний материалов Вам известны?
- 8) Каким образом информация о механических и оптических свойствах материалов может быть включена в методику бесконтактного определения качества изделия?
- 9) В чём заключается декомпозиция сложных изделий/конструкций и каковы её основные этапы?
- 10) Зачем нужны инструменты CAD?
- 11) Назовите этапы создания 3D-модели методами 3D-сканирования.
- 12) Теоретические основы оптики: интерференция света.
- 13) Теоретические основы оптики: геометрическая оптика.
- 14) Теоретические основы оптики: предельный переход от волновой оптики к геометрической.
- 15) Теоретические основы оптики: аберрации и их разновидности?
- 16) Теоретические основы оптики: дифракция света.
- 17) Теоретические основы оптики: отражение и преломление света.
- 18) Теоретические основы оптики: поляризация и рефракция.
- 19) Теоретические основы оптики: основные принципы молекулярной оптики.
- 20) Теоретические основы оптики: дисперсия света.
- 21) Теоретические основы оптики: основы молекулярной оптики.
- 22) Теоретические основы оптики: основы квантовой оптики, лазеры.
- 23) Теоретические основы оптики: рассеивание света.
- 24) Теоретические основы оптики: эффект Доплера.
- 25) Теоретические основы оптики: эффект Аббе.
- 26) Теоретические основы оптики: влияние теплового излучения.
- 27) Оборудование для 3D-сканирования: сканеры на светодиодах.
- 28) Оборудование для 3D-сканирования: лазерные сканеры.
- 29) Оборудование для 3D-сканирования: трекеры и лидары.
- 30) Совмещённые методы 3D-сканирования.
- 31) Обработка массива данных после 3D-сканирования и получение stl-файла.
- 32) Последовательность подготовки управляющей программы (gcode) для 3D-принтера (технология FFF).
- 33) Работа на 3D-принтере: печать и пост-обработка прототипа.

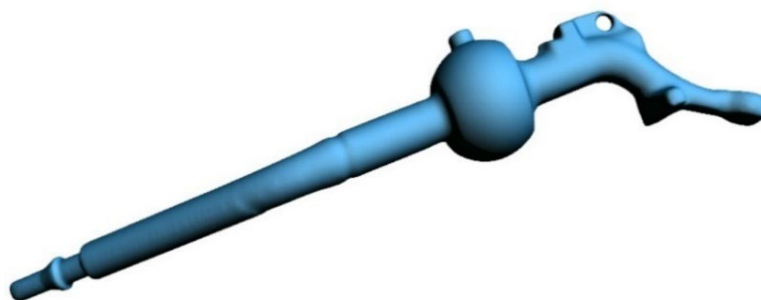
Примеры заданий к лабораторным занятиям с полученными вариантами решений

Задание №1. Провести оптическое сканирование металлических изделий. В качестве изделия рассматривается, например, рычаг переключения коробки передач.



а)

Рисунок 1. Рычаг переключения коробки передач: а) фотография изделия; б) трёхмерная модель, полученная по результатам оптического сканирования.

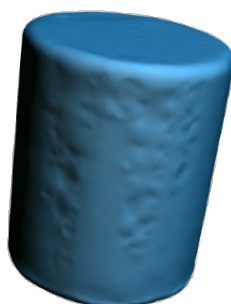


б)

Задание №2. Провести оптическое сканирование полимерного образца до и после деформации. В качестве образца рассматривается полимерный образец из АБС-пластика, который подвергается пластической деформации 50% (в условиях одноосного сжатия).



а)

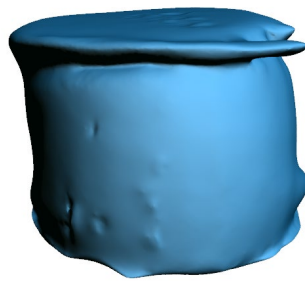


б)

Рисунок 2. Полимерные образцы: а) реальный цилиндрический образец из АБС-пластика; б) его 3D-модель, полученная методом 3D-сканирования, до деформации; в) реальный цилиндрический образец из АБС-пластика, после



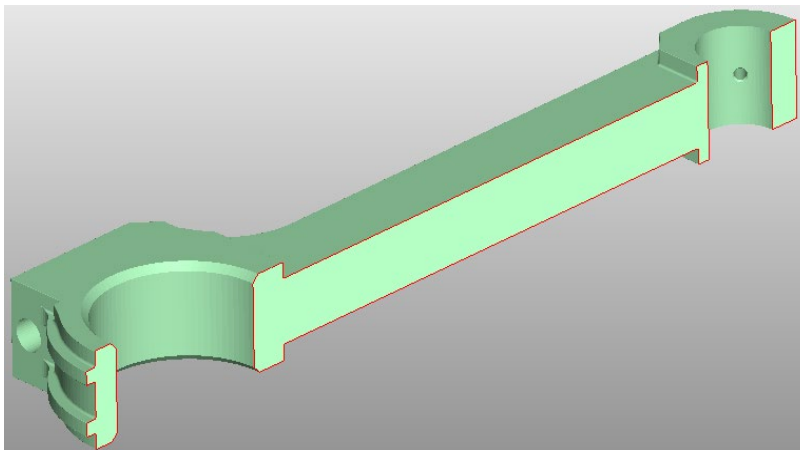
в)



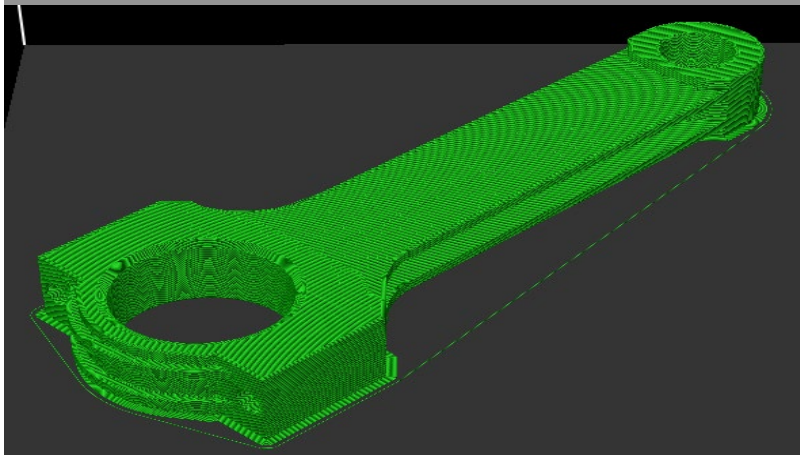
г)

деформации; г) его 3D-модель, полученная методом 3D-сканирования, после деформации.

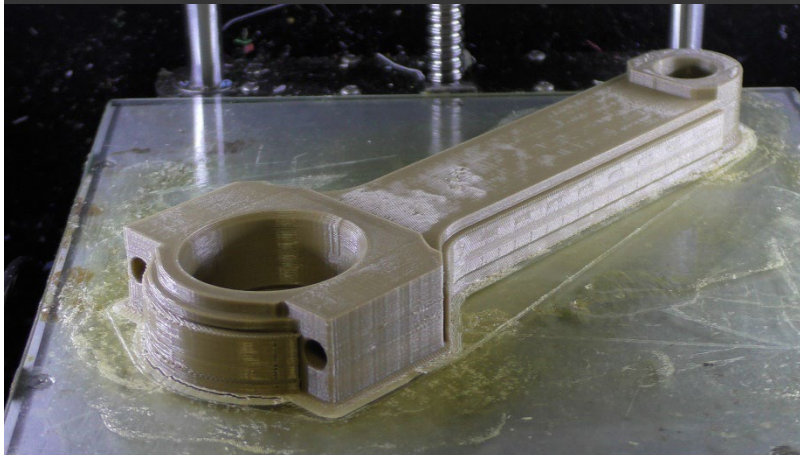
Задание №3. Подготовить gcode и напечатать прототип из АБС-пластика по технологии FFF. В качестве изделия рассматривается деталь «Шатун» (рисунок 3).



а) получение 3D-модели методом оптического сканирования



б) подготовка gcode в ПО Polygon



в) результат 3D-печати

Рисунок 3. Последовательность выполнения задания №3.

Задание №4. Измерить размеры прототипа, напечатанного по технологии FFF из полимера, и сравнить их размерами исходной 3D-модели. В качестве примера рассматривается прототип изделия «Шатун» (рисунок 4).

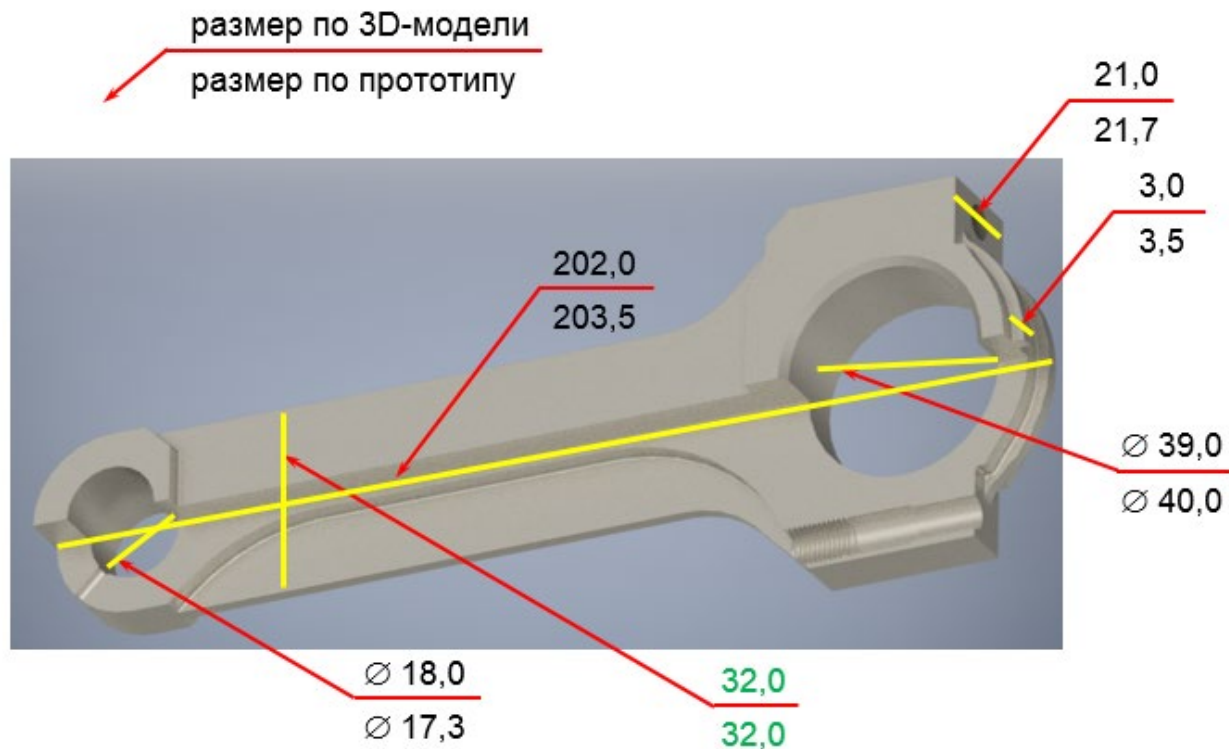


Рисунок 4. Определение отклонений размеров прототипа изделия «Шатун» от размеров виртуальной 3D-модели.

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

Факультет «Машиностроения»
Кафедра «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»

Итоговый отчёт по дисциплине «3D сканирование изделий в единичном производстве»

Учебная группа: XXX-XXX

СТУДЕНТ

ПОДПИСЬ

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

ДАТА

ОЦЕНКА

ПОДПИСЬ

Петров М.А.

МОСКВА
20XX

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Описание заданий.....	7
1.1. Задание №1.....	8-11
1.2. Задание №2.....	12-15
1.3. Задание №3.....	16-22
1.4. Задание №4.....	23-26
1.5. Задание №5.....	27-29
2.	
Вывод.....	30
3. Список литературы.....	31