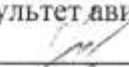


1102

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
Факультет авиационной и морской техники  
 Красильникова О.А.  
«17» 06 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### «Аддитивные технологии»

Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4	7	3

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачёт	Кафедра «Системы автоматизированного проектирования»

Разработчик рабочей программы:

Заведующий кафедрой, Доцент, Кандидат технических наук



Куриный В.В

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

Кафедра «Системы автоматизированного проектирования»



Куриный В.В.

Заведующий выпускающей кафедрой

Кафедра «Авиастроение»



Марьин С.Б.

## 1 Общие положения

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Аддитивные технологии» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации ФГОС, утвержденный приказом Минобрнауки от 04.08.2020 №877, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов» по специальности «24.05.07 Самолето- и вертолетостроение».

Консультации с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которых востребованы выпускники: «Протокол КС» (04 20.02.2021).

НЗ-13 Действующие и перспективные технологические процессы.

НУ-5 Моделировать технологический процесс с учетом применения необходимой технологической оснастки и инструмента и программных продуктов

Задачи дисциплины	Формирование компетенций в области разработки, проектирования и изготовления изделий методами аддитивных технологий.
Основные разделы / темы дисциплины	Перспективы развития аддитивных технологий. Основные определения и термины аддитивных технологий. Виды аддитивных технологий. Устройство кинематики основных видов трёхмерных принтеров. Экструдеры. Программы подготовки и печати моделей. G-код. Основные виды и свойства материалов для трехмерной печати Способы финишной обработки полученных моделей.

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Аддитивные технологии в самолетостроении» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Общепрофессиональные		
ОПК-7 Способен критически и системно анализировать достижения авиационной отрасли и способы их применения в профессиональном контексте	ОПК-7.1 Знает современные тенденции развития авиационной техники ОПК-7.2 Умеет анализировать и осознанно выбирать информационные ресурсы, связанные с решением профессиональных проблем в области авиационной техники ОПК-7.3 Владеет навыками применения современных производственных и компьютерных технологий для решения профессиональных задач в области авиационной техники	Знать современные тенденции применения аддитивных технологий в самолетостроении. Уметь применять аддитивные технологии в областях авиационной и ракетно-космической техники. Владеть навыками применения аддитивных технологий в области авиационной и ракетно-космической техники

### **3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Аддитивные технологии» изучается на 4 курсе, 7 семестре. Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к обязательной части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Введение в профессиональную деятельность», «Основы промышленной автоматизации и робототехники», «Средства автоматизированных вычислений», «Численные методы», «Вычислительная механика».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Аддитивные технологии», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Беспилотные летательные аппараты», «Производственная практика (преддипломная практика)».

Дисциплина «Аддитивные технологии» частично реализуется в форме практической подготовки.

Дисциплина «Аддитивные технологии» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся активной гражданской позиции, уважения к правам и свободам человека, знания правовых основ и законов, воспитание чувства ответственности или умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения или творчески развитой личности, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

### **4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 з.е., 108 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	108
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	48
В том числе:	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	16
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	32
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	60
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой	

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
1. Введение. Цели и задачи дисциплины. Ее связь с другими дисциплинами. Понятие аддитивных технологий. Предпосылки возникновения аддитивных технологий. Области применения аддитивных технологий (Видеолекция)	1	2	-	4
2. Классификация аддитивных технологий. ASTM F2792 (США). Стереолитография (Stereolithography) Изготовление объектов путем послойной наплавки (Fused Deposition Modeling) Струйная печать (Inkjet Printing).	2	-	-	4

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
Селективное лазерное спекание (Selective Laser Sintering), Прямое лазерное спекание металлов (Direct Metal Laser Sintering), Селективная лазерная плавка (Selective Laser Melting), Электронно-лучевая плавка (Electron Beam Melting), Прямое нанесение металлов (Direct Metal Deposition) и Точное лазерное формование (Laser Engineered Net Shaping).				
3. FDM- технология. Виды экструдеров. Директ и боуден подача филамента. Достоинства и недостатки. Заправка экструдеров (Лабораторная работа)*	2	-	4	4
4. Кинематические решения 3D печати Кинематика 3D принтеров (Видеолекция) Изучение кинематики принтера Ручная калибровка стола 3D принтера (Лабораторная работа)*.	2	-	4	4
5. Платы управления. Драйвера	1	-	-	6
6. Шаговые двигатели Принципы работы шаговых двигателей	1	-	-	6
7. Платы и прошивка Платы управления	1	-	-	6
8. Слайсеры. Названия. Достоинства и недостатки. Сравнительный слайсинг моделей в основных слайсерах (Лабораторная работа) *	1	-	6	6
9. Работа с программой RepiterHost Программа управления RepiterHost Работа в программе RepiterHost (Лабораторная работа) *	1	-	6	6
10. Основные виды филаментов. Особенности, достоинства и недостатки.	1	-	-	6

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
11. Основные виды дефектов. Способы устранения дефектов Изучение дефектов 3D печати (Лабораторная работа) *	2	-	4	6
12. Доводка изготовленных изделий Доработка поверхности изделий	1	-	4	2
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>16</b>		<b>32</b>	<b>60</b>

\* реализуется в форме практической подготовки

## **6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

<b>Компоненты самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов</b>
Изучение теоретических разделов дисциплины	24
Подготовка к занятиям семинарского типа	10
Подготовка, оформление и выполнение РГР	26
	60

## **7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **8.1 Основная литература**

Кравченко, Е.Г Верещагина, А.С., Верещагин, В.Ю. Аддитивные технологии в машиностроении. Учебное пособие для вузов 139с. Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.ун-та. 2018. чз-1экз аб-19экз

### **8.2 Дополнительная литература**

1 Детали машин. Автоматизированное проектирование. Учебное пособие. Беляев А.Н., Шередекин В.В., Бурдыкин В.Д., Тришина Т.В. ред. Шередекин В.В. ISBN 978-5-7267-0935-2. 2017 <http://www.iprbookshop.ru/72661.html>.

**8.3** Методические указания для студентов по освоению дисциплины (при наличии)  
1 Аддитивные технологии. Интерактивный курс лекций. Куриный В.В. 2019. Комсомольский-на-амуре государственный университет

2 Технологии аддитивного производства. Учебное пособие. Каменев С.В., Романенко К.С. ISBN 978-5-7410-1696-1. 2017. [http:// www.iprbookshop.ru/71339.html](http://www.iprbookshop.ru/71339.html).

**8.4** Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.4.1 Elibrary.ru: электронная библиотечная система // Электронный ресурс [Режим доступа: свободный]- <http://eLibrary.ru>

8.4.2 Электронная библиотечная система «БиблиоРоссика» // Электронный ресурс [Режим доступа: свободный]- <http://www.bibliorossica.com/catalog.html?lang=all&directoryId=5504#%2F5504%2Flang%2Fall>

8.4.3 Президентская библиотека им. Б. Н. Ельцина // Электронный ресурс [Режим доступа: свободный]- <https://www.prlib.ru/collections>

8.4.4 Журнал САПР и технологии // Электронный ресурс [Режим доступа: свободный]- <https://sapr.ru/>

8.4.5 Каменев, С.В. Технологии аддитивного производства : учебное пособие / С.В. каменев, К.С. Романенко. –Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017. -145 с. //Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/71339.html> (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авторизованных пользователей

8.4.6 Грибовский, А.А. Геометрическое моделирование в аддитивном производстве: учебное пособие / А.А. Грибовский. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. -49 с. // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/66429.html> (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авторизованных пользователей

**8.5** Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

1. [Электронно-библиотечная система znanium.com](https://znanium.com/) (<https://znanium.com/>).
2. [Электронно-библиотечная система iprbooks](http://www.iprbookshop.ru/586) (<http://www.iprbookshop.ru/586>).
3. [Коллекция "авиационная и ракетно-космическая техника"](http://www.bibliorossica.com) (<http://www.bibliorossica.com>)
4. Электронно-библиотечная система "Лань" (<https://e.lanbook.com/books>)

8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<https://www.tflex.ru>. Сайт Топ-системы.  
<https://www.youtube.com/user/TopSystemsLTD>. Канал Топ системы.

8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Таблица 7 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
Microsoft Imagine Premium	Лицензионный договор АЭ223 №008/65 от 11.01.2019
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>



T-Flex CAD учебная версия	Бесплатная версия. условия использования по ссылке: <a href="http://www.tflexcad.ru/download/t-flex-cad-free/">http://www.tflexcad.ru/download/t-flex-cad-free/</a>
Slic3r,	Бесплатная версия. Условия использования по ссылке: <a href="https://slic3r.org/download/">https://slic3r.org/download/</a>
Cura	Бесплатная версия. Условия использования по ссылке: <a href="https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura">https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura</a>
Repetier-Host	Бесплатная версия. Условия использования по ссылке: <a href="https://www.repetier.com/download-now/">https://www.repetier.com/download-now/</a>

## **9 Организационно-педагогические условия**

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### **9.1 Образовательные технологии**

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### **9.2 Занятия лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### **9.3 Занятия семинарского типа**

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;

- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

#### **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиболее важному средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

#### **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

## 10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

### 10.1 Учебно-лабораторное оборудование

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
ауд. 429-3, ауд. 423-3.	Лаборатории САПР	Персональных ЭВМ (intel Core i5, 8ГБ ОЗУ, 1ГБ Видео), лицензионное CAD/CAE-программное обеспечение (Siemens NX, T-Flex, ANSYS); Мультимедийный проектор с интерактивным экраном
Ауд. 113-3	СКТБ «Аддитивные технологии»	3D принтер Anet A6 1 шт. 3D принтер по-name 3 шт. 3D принтер Phrozen Shuffle 4K 1шт.

При реализации дисциплины «Инженерная графика в САД-системах» на базе профильной организации используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Стандартное или специализированное оборудование, обеспечивающее выполнение заданий	Назначение оборудования
28 Персональных ЭВМ (intel Core i5, 8ГБ ОЗУ, 1ГБ Видео),	Выполнение лабораторных и практических работ
3D принтер Anet A6 1 шт. 3D принтер по-name 3 шт. 3D принтер Phrozen Shuffle 4K 1шт.	Выполнение лабораторных и практических работ

### 10.2 Технические и электронные средства обучения

Лабораторные и практические занятия.

Для лабораторных и практических занятий используется аудитория № 423-3,429-3, оснащенная оборудованием, указанным в табл. 6:

Самостоятельная работа.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде КнАГУ:

- читальный зал НТБ КнАГУ;
- компьютерные классы (ауд № 423-3,429-3 корпус № 3).

## 11 Иные сведения

### Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ****по дисциплине****«Аддитивные технологии»**

Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение	
Специализация	Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов	
Квалификация выпускника	Инженер	
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021	
Форма обучения	Очная форма	
Технология обучения	Традиционная	
Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4	7	3
Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение	
Зачёт	Кафедра «Системы автоматизированного проектирования»	

**10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-7 Способен критически и системно анализировать достижения авиационной отрасли и способы их применения в профессиональном контексте	ОПК-7.1 Знает современные тенденции развития авиационной техники ОПК-7.2 Умеет анализировать и осознанно выбирать информационные ресурсы, связанные с решением профессиональных проблем в области авиационной техники ОПК-7.3 Владеет навыками применения современных производственных и компьютерных технологий для решения профессиональных задач в области авиационной техники	Знать современные тенденции применения аддитивных технологий в самолетостроении. Уметь применять аддитивные технологии в областях авиационной и ракетно-космической техники. Владеть навыками применения аддитивных технологий в области авиационной и ракетно-космической техники

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

<b>Контролируемые разделы (темы) дисциплины</b>	<b>Формируемая компетенция</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Показатели оценки</b>
Классификация аддитивных технологий. ASTM F2792 (США). FDM- технология. Виды экструдеров. Директ и боуден подача филамента.	ОПК-7	РГР	1) Владение умением применять теоретические знания при выполнении РГР по рекомендованной методике. 2) Логичность и правильность изложения материала.

<p>Достоинства и недостатки.          Заправка экструдеров.          Кинематические решения 3Дпечати.          Кинематика 3Дпринтеров.          Изучение кинематики принтера.          Ручная калибровка стола 3Дпринтера.          Слайсеры. Названия. Достоинства и недостатки.          Работа с программой RepiterHost.          Основные виды филаментов. Особенности, достоинства и недостатки. Основные виды дефектов.          Способы устранения дефектов.          Доводка изготовленных изделий.</p>			<p>3) Полнота изложения материала.          4) Достаточность пояснений и выводов.          5. Качество и внешний вид построенного и изготовленного изделия.</p>
---	--	--	---

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 5 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
7 семестр				
<i>Промежуточная аттестация в форме «зачет с оценкой»</i>				
	РГР	15-16 неделя	90	<p>90 баллов - студент правильно и полностью выполнил практическое задание.          Показал отличные знания, умения и навыки в рамках освоенного учебного материала.          70 баллов - студент выполнил практическое задание с неточностями и/или не полностью. Показал хорошие знания, умения и навыки в рамках освоенного учебного материала.          50 баллов - студент выполнил практическое задание не в</p>

	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Сроки выполнения</b>	<b>Шкала оценива- ния</b>	<b>Критерии оценивания</b>
				срок. Показал удовлетворительные знания, умения и навыки в рамках освоенного учебного материала. <i>0 баллов</i> – задание не выполнено.
	<b>ИТОГО:</b>		максималь- но возмож- ная сумма 90 баллов	-
<b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине, зачет с оценкой:</b> 75 – 100% от максимально возможной суммы баллов – «Зачтено»				



## Пример выполнения РГР

Имеющиеся в наличии 3D принтеры работают по технологии FDM (Fused deposition modeling) метод послойного наплавления или экструзия пластика. В этой технологии модель изготавливается нанесением тонких слоев расплавленного материала друг на друга. Основные части принтера представлены на рисунке 3.1. Принтер не имеет автоматической калибровки горячего стола и поэтому требует ручной калибровки взаиморасположения стола и экструдера.

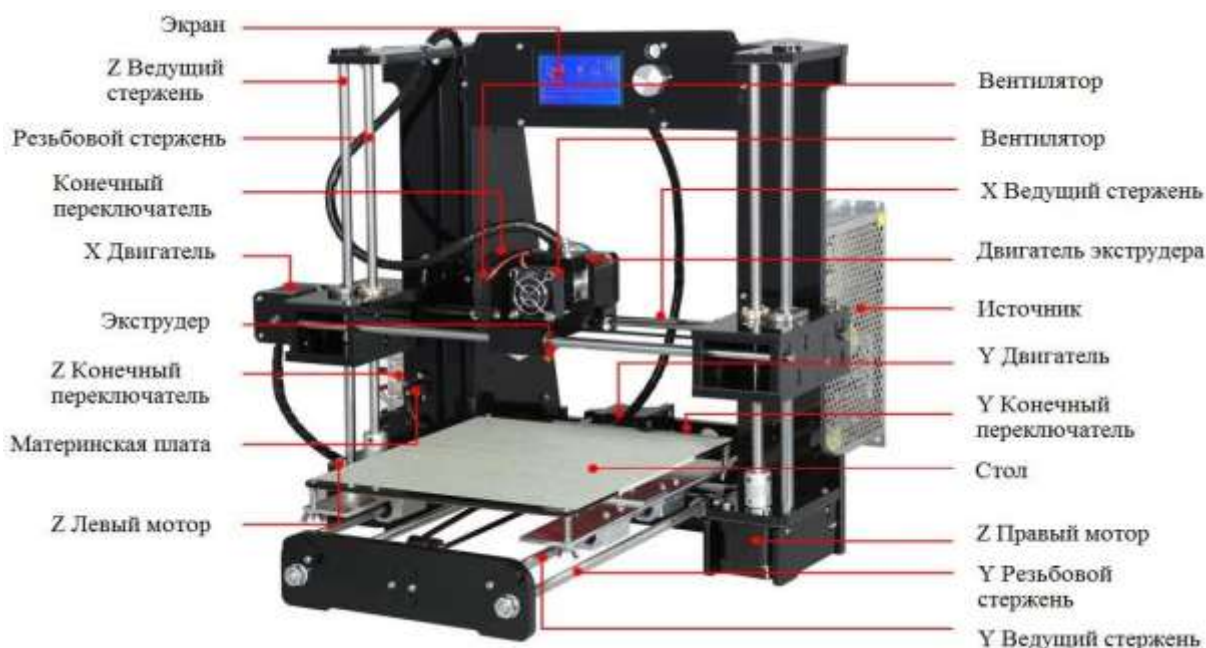


Рисунок 3.1- 3D принтер модели А6

Основные узлы принтера приведенные на рисунке 3.1 - это направляющие по осям, ходовые винты, электродвигатели, экструдер, дисплей, материнская плата, блок питания, конечные выключатели.

Габариты стола 220 на 220 мм. Высота подъема стола 400мм. Принтер может печатать под управление компьютера или с SD карты.

Для этого на управляющей плате предусмотрена возможность подключения компьютера поUSB и разъем для SD карты.

На дисплее отображается информация о текущем состоянии принтера и предусмотрена возможность прямого управления принтера.

## 3.2 Программное обеспечение для создания 3D моделей

В процессе выполнения выпускной работы были построены модели детали, отливки и литниковой системы. В состав литниковой системы включены заливочная воронка, стояк, шлакоуловитель и выпор.

Построение выше перечисленных моделей производилось в программе SolidWorks 2014 рисунок 3.2

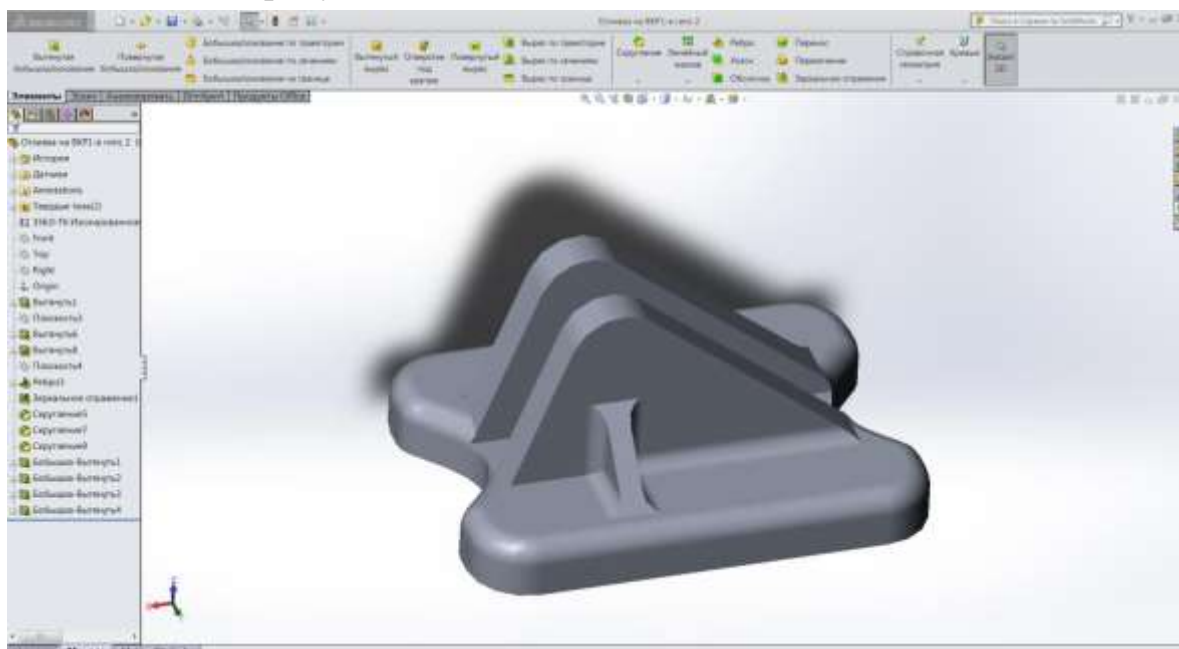


Рисунок 3.2 – Окно программы SolidWorks с моделью отливки

**SolidWorks** (Солидворкс) — программный комплекс **САПР** для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения. После

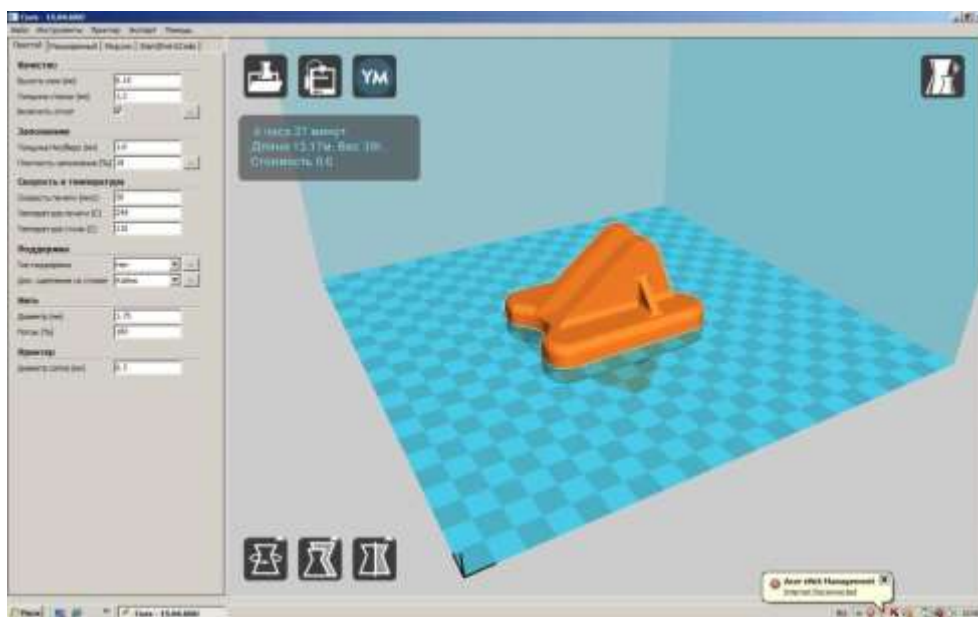


Рисунок 3.3 – Окно слайсера Cura

построения трехмерной, твердотельной модели полученная модель сохраняется в формате .stl и готова для дальнейшей обработки. Прежде чем приступить к печати модели необходимо разбить модели на слои. Для этого предназначенные программы называемые слайсерами. Из четырех наиболее распространенных программ Kisslicer, Cura, Slic3r и Makerbot desktop мы использовали слайсер Cura рисунок 3.3

Слайсер Cura разбивает модель на слои формируя при этом G-код. G-код представляет собой структуру и синтаксис написания команд для обрабатывающего станка. G-код имеет международную базовую структурную основу, утвержденную американской и европейской системами стандартизации. Существует множество специфических дополнений и модификаций, которые локально используют производители станков и крупные корпорации, выпускающие оборудование.

Cura -является программным обеспечением ,которое используется для нарезания на слои моделей для последующей печати на 3D принтере. Можно регулировать скорость, температуру, высоту слоя,плотность заполнения, температуру платформы,толщину стенок. Исходя из настроек автоматически рассчитывается расход материала, вес модели, время печати. Имеет открытый код.

После того, как G-код сформирован его можно сохранить в файл. в формате .gcode. Напечатать модель можно непосредственно из слайсера или на принтере с SD карты.

Но оптимальной является печать из специальной программы Repetier-Host. Repetier-Host предназначена для управления 3D принтером. На рисунке 3.4 показано окно программы Repetier-Host.

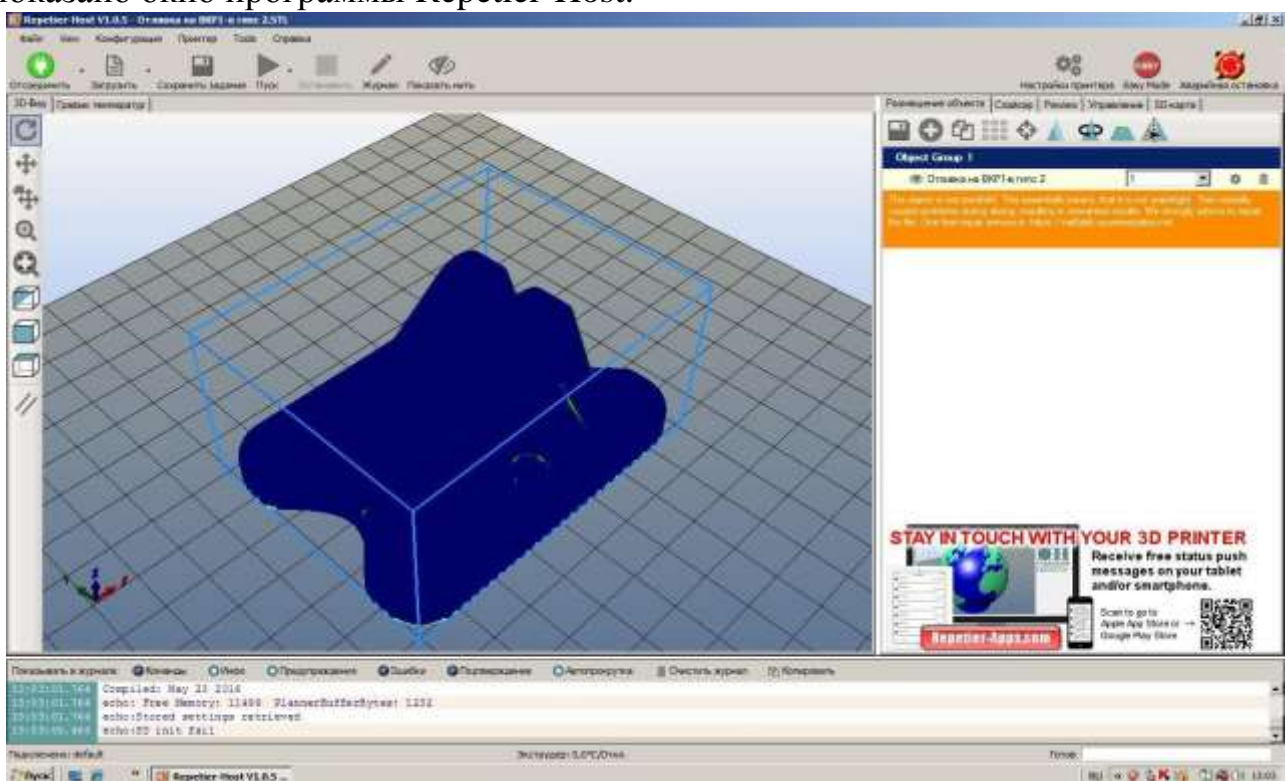


Рисунок 3.4 – Окно программы Repetier-Host

### 3.3 Материалы для печати

Для печати предназначен филамент из пластика. Имеющийся принтер печатает филаментом диаметром 1,75 мм. В наличии имеется три вида филамента.

**ABS.** Это типовой инженерный «allpurpose» пластик. Он прекрасно обрабатывается и клеится, и им печатается большая часть моделей. Им печатают при средней (плюс-минус в зависимости от конкретного пластика и предпочтений печатающего) температуре 240 градусов. Т.к. у этого материала сравнительно высокий коэффициент термического расширения, он требует наличия у принтера подогреваемой платформы (heatbed), без которой печать им очень усложняется вплоть до полной невозможности. Самая известная проблема с данным пластиком -деламинация-отклеивания краев модели от стола из-за неоднородности остывания модели при печати.

ABS пластик выпускается во всем спектре цветов. У разных цветов может отличаться качество печати из-за различия в используемых красителей. Есть белый и натуральный ABS. Они похожи, но натуральный идет без матирующего красителя. Если печатать для показа, не крася при этом модель, то лучше использовать белый, в отличие от белого, натуральный немного прозрачный, потому мелкие детали будут скрадываться.

Им печатают при средней (плюс-минус в зависимости от конкретного пластика и предпочтений печатающего) температуре 210-245 °С. Температура стола 90-120 °С.

**PLA** изготавливается из органического сырья: кукурузного или картофельного крахмала, целлюлозы, сахарного тростника, свеклы. Основная структурная единица PLA пластика – молочная кислота. Благодаря этому материал полностью нетоксичен, безопасен для человека и окружающей среды.

Им печатают при средней (плюс-минус в зависимости от конкретного пластика и предпочтений печатающего) температуре 190-230 °С. Температура стола 0-60 °С. Желателен обдув модели.

HIPS пластик часто используется в качестве поддерживающего материала для 3D печати составных изделий из полимера ABS. Готовая модель помещается в специальный цитрусовый состав d-Limonene, растворяющий HIPS. Однако, благодаря своим отличным эксплуатационным характеристикам, схожести по техническим параметрам с ABS пластиком, он может выступать и в качестве основного сырья для печати.

Пластик HIPS производится из полистирола и полибутадиена. Это высококачественный филамент, благодаря которому можно создавать уникальные модели на 3D принтере.

Им печатают при средней (плюс-минус в зависимости от конкретного пластика и предпочтений печатающего) температуре 210-245 °С. Температура стола 90-120 °С.

Основными особенностями HIPS пластика для 3D печати являются:  
Экологичный и безопасный для человека материал.

Устойчив к низким и высоким температурам.

Готовые изделия обладают матовой фактурой поверхности.

Не подвержен разложению, устойчив к химическим воздействиям.

В неокрашенном состоянии нить имеет яркий, молочный цвет.

Легкий для постобработки материал.

Из HIPS пластика часто производятся различные типы посуды, так как это не канцерогенный материал.

Готовую модель можно шлифовать, красить, доводить до нужной формы с помощью специальных инструментов, полировать.

### 3.4 Процесс печати

Для производства моделей выберем пластик ABS по name красного цвета.

После запуска модели на печать начинает греться стол до заданной температуры в 110 °С. На этом этапе печати стол желательно утеплять.

После прогрева стола прогревается экструдер до температуры 245 °С.

После нагрева принтер приступает к печати. В начале принтер печатает брим или рафт предназначенные для борьбы с деламинацией рисунок 3.5.

Рафт-под моделью выстраивается несколько (обычно два) слоя пластика редкими нитями. Получается своеобразная решетка. Ее цель: снизить температурные нагрузки на нижние слои и нивелировать влияние изгиба нагревательной кровати. Это ухудшает качество нижней поверхности распечатываемой детали.

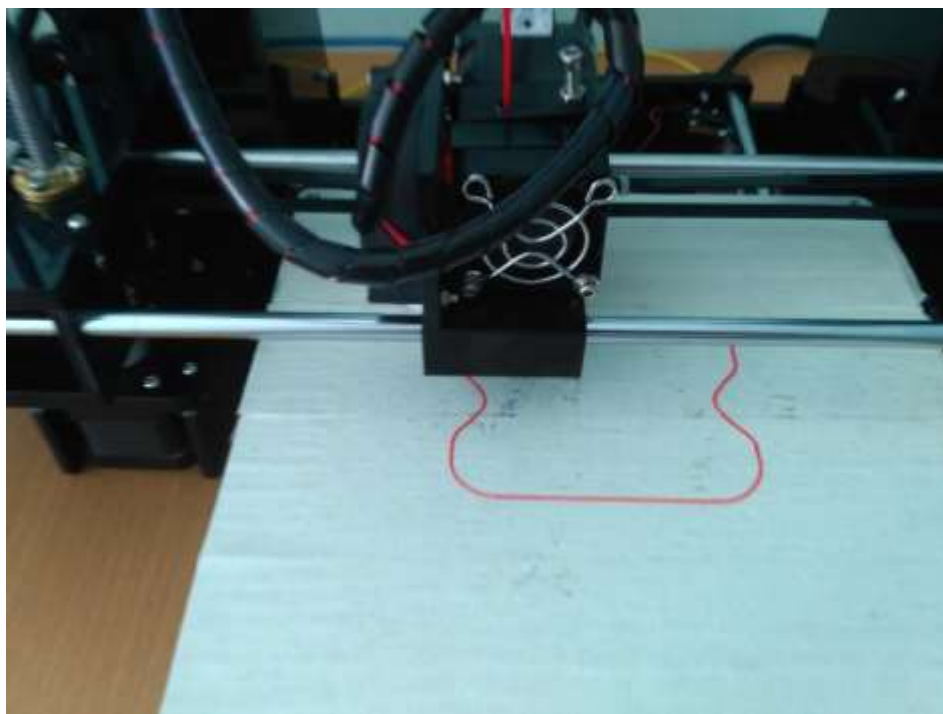


Рисунок 3.5 – Начало печати брима

Брим-при этом в первом слое вокруг объекта печатается «блин» на некоторое расстояние.

Вид и размеры определяются в слайсере. После печати брима принтер приступает к послойному формированию модели. Заполнение модели задали в 20% рисунок 3.6.

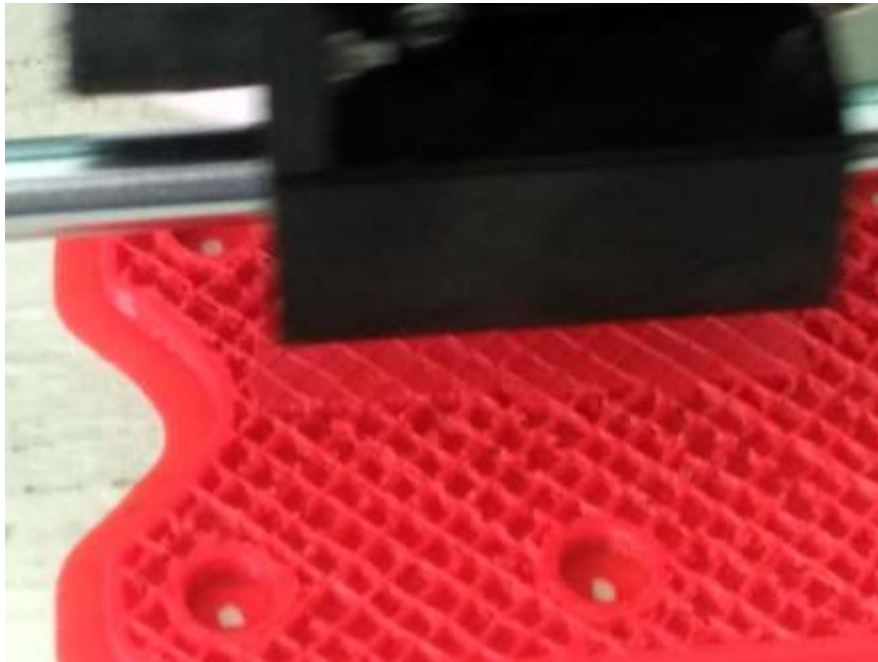


Рисунок 3.6 –Процесс печати модели детали

На рисунке 3.7 приведена фотография изготовленном модели детали



Рисунок 3.7 – Напечатанная модель детали

На рисунке 3.8 приведена фотография модели отливки.

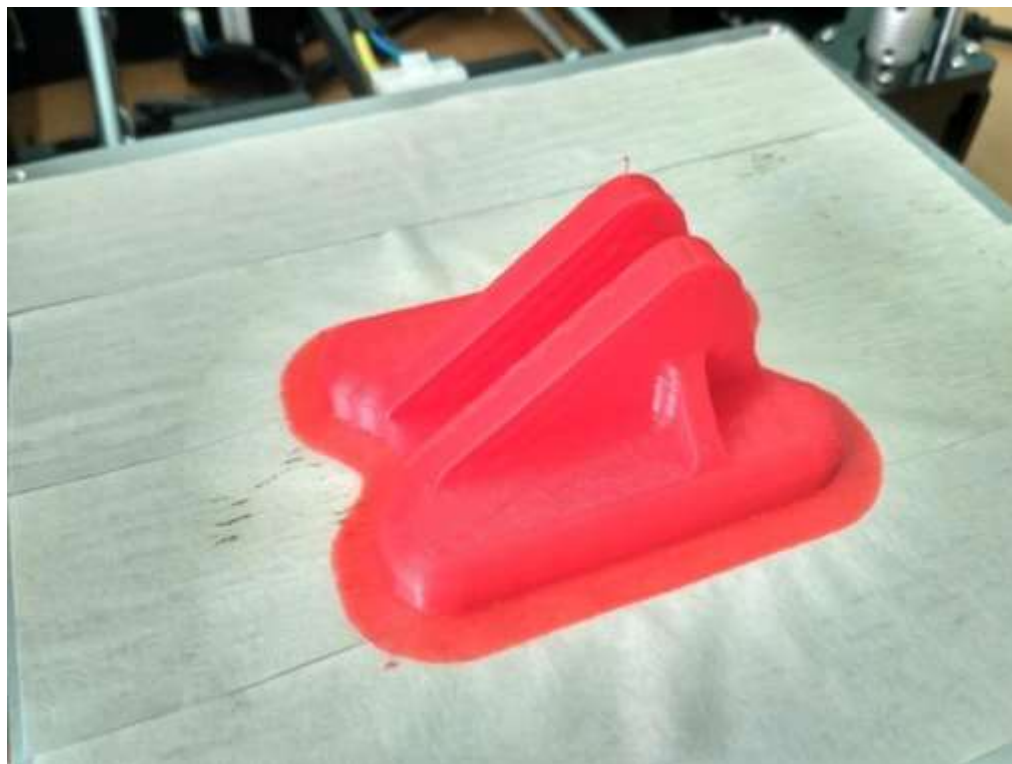


Рисунок 3.8 – Модель отливки

На рисунке 3.9 приведена фотография отливки с распечатанной и прикрепленной литниковой системой.

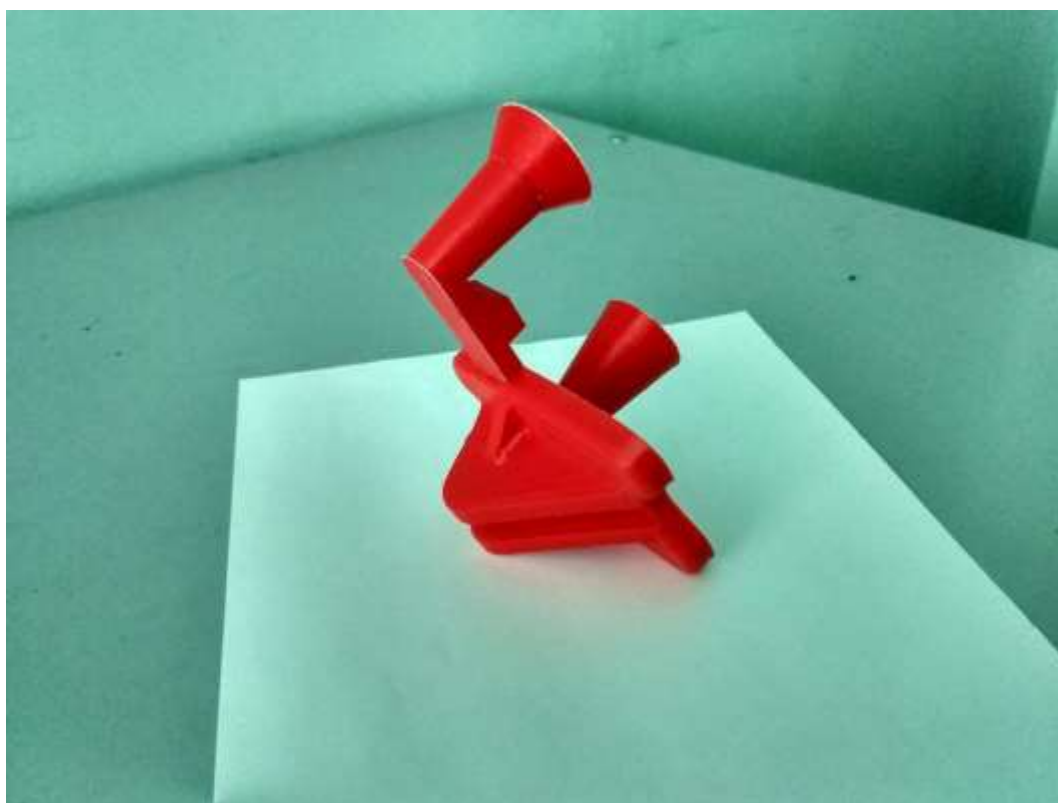


Рисунок 3.9 - Модель отливки с прикрепленной литниковой системой

### **3.5 Финальная обработка моделей**

Финальная обработка моделей применяется для улучшения качества поверхности. Возможны два способа обработки поверхности - механический и химический.

Механическая обработка поверхности заключается в шлифовке мелкой наждачной бумагой. Но наиболее часто применяется химическая обработка. Она заключается в обработке в парах ацетона или дихлорметана.



