

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 10.08.2023 16:01:07  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП



Б.Б.Педько

«30»

мая

2023 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

**Основы аддитивных технологий**

Направление подготовки

03.03.02 Физика

профиль

Физика конденсированного состояния вещества

Для студентов

4 курса, очной формы обучения

Составитель: младший научный сотрудник управления научных исследований ТвГУ Востров Н. В.

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью освоения дисциплины является:

Формирование знаний о методах и способах создания быстрых прототипов с использованием технологий 3D-печати и систем автоматизированного производства (САПР).

Задачами освоения дисциплины являются:

Изучение методических основ технологий 3D-печати по методу осаждения расплавленной нитью (FDM) и стереолитографии (SLA); формирование понимания процесса 3D-моделирования и умений работать в системах автоматизированного производства; формирование навыков по поиску и выявлению инженерных задач и разработка решений на основе технологий быстрого прототипирования; формирование навыков применения методов инженерного творчества при решении конструкторско-технологических и производственных задач.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Основы аддитивных технологий» изучается в модуле Информационные технологии Блока 1. Дисциплины обязательной части учебного плана ООП.

Основой для освоения дисциплины является знание школьных курсов информатики и математики, а также знания, получаемые в рамках дисциплин «Физика» и цикла дисциплин по информатике «Теоретические основы информатики» и «Алгоритмы и программы».

Дальнейшее использование:

Полученные в ходе изучения дисциплины знания и навыки используются в дальнейшем в профессиональной деятельности.

**3. Объем дисциплины: 3 зачетные единицы, 108 академических часов, в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** лекции 15 часов, лабораторные занятия 30 часов;

**самостоятельная работа:** 63 часа.

#### 4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие; УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки.
ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные..	ОПК-2.2. Решает теоретические задачи и проводит моделирование физических объектов, систем и процессов в рамках научного исследования.
ОПК-3. Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности.	ОПК-3.1. Использует современные информационные технологии и программные средства для обработки и анализа данных; ОПК-3.2. Применяет информационные технологии и программные средства для моделирования физических процессов.

#### 5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения

Зачет в 7 семестре.

**6. Язык преподавания:** русский.

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

#### 1. Для студентов очной формы обучения

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции	Лабораторные работы	Контроль самостоятельной работы (в том числе курсовая работа)	

		всего	в т.ч. практи- ческая подгот- овка	всего	в т.ч. практическая подготовка		
<b>Раздел I. Моделирование в системах автоматизированного производства (САПР)</b>							
Введение	4	0	0	2	0	0	2
Программное обеспечение для 3D-моделирования	4	1	0	1	0	0	2
Autodesk Fusion 360. Интерфейс и его настройка. Общие сведения. Совместное проектирование	9	1	0	2	0	0	6
Autodesk Fusion 360. Твердотельное моделирование, общие сведения. Примитивы	9	1	0	2	0	0	6
Autodesk Fusion 360. Эскизы. Создание и использование. Проецирование эскизов.	9	1	0	2	0	0	6
Autodesk Fusion 360. Constraints. Ограничения, связи, параметризация	9	1	0	2	0	0	6
Особенности моделирования, учитывая специфику технологии 3D-печати	9		1	2	0	0	6
Autodesk Fusion 360. Экспорт и печать на 3D-принтере.	6		1	2	0	0	3

<b>Раздел II. Технологии 3D-печати (FDM и SLA)</b>							
Область применения аддитивных технологий	8	1	1	2	0	0	4
Классификация 3D-принтеров	4	1	0	1	0	0	2
Кинематика и механика 3D-принтеров	5	1	0	2	0	0	2
Классификация материалов для 3D-печати	6	1	0	1	0	0	4
Программное обеспечение для подготовки моделей, понятие слайсер	7	1	0	2	0	0	4
Настройки параметров печати	8	1	0	3	0	0	4
Постобработка распечатанных изделий	11	1	0	4	0	0	6
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>63</b>

### **III. Образовательные технологии**

Учебная программа-наименование разделов и тем (в строгом соответствии с разделом II РПД)	Вид занятия	Образовательные технологии
<b>Раздел I. Моделирование в системах автоматизированного производства (САПР)</b>		
Введение	Лабораторная работа	1. Изложение теоретического материала (презентация) 2. Игровые технологии 3. Самостоятельное изучение теоретического материала
Программное обеспечение для 3D-моделирования	Лекция, лабораторная работа	1. Изложение теоретического материала (презентация) 2. Проблемная лекция 3. Игровые технологии 4. Самостоятельное изучение теоретического материала
Autodesk Fusion 360. Интерфейс и его настройка. Общие сведения. Совместное	Лекция, лабораторная работа	1. Изложение теоретического материала (презентация) 2. Игровые технологии

проектирование		<ul style="list-style-type: none"> <li>3. Проектная технология</li> <li>4. Решение индивидуальных задач</li> <li>5. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ul>
Autodesk Fusion 360. Твердотельное моделирование, общие сведения. Примитивы	Лекция, лабораторная работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Игровые технологии</li> <li>3. Методы группового решения творческих задач (мозговой штурм)</li> <li>4. Проектная технология</li> <li>5. Решение индивидуальных задач</li> <li>6. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ul>
Autodesk Fusion 360. Эскизы. Создание и использование. Проецирование эскизов.	Лекция, лабораторная работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Игровые технологии</li> <li>3. Методы группового решения творческих задач (мозговой штурм)</li> <li>4. Проектная технология</li> <li>5. Решение индивидуальных задач</li> <li>6. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ul>
Autodesk Fusion 360. Constraints. Ограничения, связи, параметризация	Лекция, лабораторная работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Игровые технологии</li> <li>3. Проектная технология</li> <li>4. Решение индивидуальных задач</li> <li>5. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ul>
Особенности моделирования, учитывая специфику технологии 3D-печати	Лабораторная работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Игровые технологии</li> <li>3. Проектная технология</li> <li>4. Решение индивидуальных задач</li> <li>5. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ul>
Autodesk Fusion 360. Экспорт и печать на 3D-принтере.	Лабораторная работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Игровые технологии</li> <li>3. Решение индивидуальных задач</li> <li>4. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ul>
<b>Раздел II. Технологии 3D-печати (FDM и SLA)</b>		
Область применения аддитивных технологий	Лекция, лабораторная работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Проблемная лекция</li> <li>3. Игровые технологии</li> <li>4. Решение индивидуальных задач</li> <li>5. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ul>
Классификация 3D-принтеров	Лекция, лабораторная работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> </ul>

	работа	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Игровые технологии</li> <li>3. Методы группового решения творческих задач (мозговой штурм)</li> <li>4. Решение индивидуальных задач</li> <li>5. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ol>
Кинематика и механика 3D-принтеров	Лекция, лабораторная работа	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Игровые технологии</li> <li>3. Методы группового решения творческих задач (мозговой штурм)</li> <li>4. Решение индивидуальных задач</li> <li>5. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ol>
Классификация материалов для 3D-печати	Лекция, лабораторная работа	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Проблемная лекция</li> <li>3. Игровые технологии</li> <li>4. Методы группового решения творческих задач (мозговой штурм)</li> <li>5. Решение индивидуальных задач</li> <li>6. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ol>
Программное обеспечение для подготовки моделей, понятие слайсер	Лекция, лабораторная работа	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Игровые технологии</li> <li>3. Методы группового решения творческих задач (мозговой штурм)</li> <li>4. Решение индивидуальных задач</li> <li>5. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ol>
Настройки параметров печати	Лекция, лабораторная работа	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Игровые технологии</li> <li>3. Методы группового решения творческих задач (мозговой штурм)</li> <li>4. Решение индивидуальных задач</li> <li>5. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ol>
Постобработка распечатанных изделий	Лекция, лабораторная работа	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изложение теоретического материала (презентация)</li> <li>2. Проблемная лекция</li> <li>3. Игровые технологии</li> <li>4. Решение индивидуальных задач</li> <li>5. Самостоятельное изучение теоретического материала</li> </ol>

Преподавание учебной дисциплины строится на сочетании лекций, лабораторных занятий и различных форм самостоятельной работы студентов. В процессе освоения дисциплины используются следующие образовательные

технологии, способы и методы формирования компетенций: традиционные и проблемные лекции, практические занятия в компьютерных классах, игровые технологии, выполнение командных и индивидуальных заданий в проектном зале. Самостоятельная работа студентов организуется в форме командного / индивидуального проекта.

#### **IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

##### **Для проведения текущей и промежуточной аттестации:**

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач:

УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие;

УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки.

**Задание:** Нарисовать схему процесса 3D-печати по методам FDM и SLA, указав возможные проблемы в процессе изготовления изделий и пути их решения.

**Способ аттестации:** творческое задание

##### **Критерии оценки:**

- Схематизация процесса (способ и задействование программных продуктов) (до 5 баллов);
- Оформление выявленных проблем и путей их решения (до 3 баллов);
- Оригинальность представления схемы (учитывается использование программных продуктов) (до 5 баллов);
- Использование источников (до 2 баллов).

**ИТОГО:** 15 баллов.

ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные:

ОПК-2.2. Решает теоретические задачи и проводит моделирование физических объектов, систем и процессов в рамках научного исследования.



**Задание:** Провести ряд экспериментов (10 и более) по печати одной формы, изменяя настройки слайсера и добиваясь наилучшего качества итогового изделия.

В качестве рефлексии зафиксировать параметры оптимальной скорости и качества в виде зависимостей, описать поверхности распечатанных изделий путем зрительного и тактильного осмотров.

**Способ аттестации:** письменный

**Критерии оценки:**

- Выявлена зависимость (чем выше скорость, тем ниже качество и др.) (до 5 баллов);
- Описание зависимости скорости от качества представлено развернуто и ёмко (после визуального и тактильного осмотров) (до 8 баллов);
- Определены второстепенные характеристики, влияющие на качество печати (высота слоя, поток и др.) (до 7 баллов).

**ИТОГО:** 20 баллов.

ОПК-3. Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности:

ОПК-3.1. Использует современные информационные технологии и программные средства для обработки и анализа данных;

ОПК-3.2. Применяет информационные технологии и программные средства для моделирования физических процессов.

**Задание:** Расположить предоставленную преподавателем модель в формате .stl в слайсере Cura таким образом, чтобы в процессе печати было создано минимальное количество поддерживаемых структур, и при этом общее время печати не выходило за рамки установленного времени.

**Способ аттестации:** работа в ПО

**Критерии оценки:**

- Длительность общего времени печати основной модели и поддержек (до 3 баллов);

- Количество поддерживаемых структур и их расположение, с учетом геометрии модели (до 5 баллов);
- Тип поддержек (до 3 баллов);
- Способ удаления поддержек после печати (4 баллов).

**ИТОГО:** 15 баллов.

## **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### 1) Рекомендуемая литература

#### а) Основная литература

1. Аддитивные технологии и материалы: учебное пособие / А. И. Горунов; Горунов А. И. - Казань: КНИТУ-КАИ. - 56 с. - ISBN 978-5-7579-2360-4.;
2. Основы аддитивного производства: учебно-методическое пособие / А. И. Горунов, А. Р. Гайсина, А. Х. Гильмутдинов; Горунов А. И., Гайсина А. Р., Гильмутдинов А. Х. - Казань: КНИТУ-КАИ. - 16 с. - ISBN 978-5-7570-2361-1;
3. Технологии аддитивного производства : учебное пособие / С. В. Каменев, К. С. Романенко; С.В. Каменев, К.С. Романенко; Министерство образования и науки Российской Федерации; Оренбургский Государственный Университет. - Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017. - 145 с.: ил. - Библиогр. в кн. - <http://biblioclub.ru/>. - ISBN 978-5-7410-1696-1.

#### б) Дополнительная литература

-

### 2) Программное обеспечение

#### а) Лицензионное программное обеспечение

1. Autodesk Fusion 360

#### б) Свободно распространяемое программное обеспечение

1. Слайсер Cura (версия 4.9.1 и новее)

### 3) Современные профессиональные базы данных и информационные

справочные системы

-

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:

1. Сайт ТвГУ (<http://university.tversu.ru>);
2. Сайт научной библиотеки ТвГУ (<http://library.tversu.ru>);
3. Электронная библиотечная система <http://biblioclub.ru>;
4. [http://www.ixbt.com/printer/3d/3d\\_tech.shtml](http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml) ;
5. [http://3dtoday.ru/wiki/high\\_filament/](http://3dtoday.ru/wiki/high_filament/) ;
6. [http://3dtoday.ru/wiki/modeling\\_photoshop/](http://3dtoday.ru/wiki/modeling_photoshop/) ;
7. <https://academy.autodesk.com/software/fusion-360> ;
8. <http://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/why-you-do-not-need-3ds-max-to-teach-children-in-school-and-what-to-te/> ;
9. <https://academy.autodesk.com/software/fusion-360> ;
10. <http://habrahabr.ru/post/196182/> ;
11. <http://3dtoday.ru/wiki/deformation/> ;
12. [http://3dtoday.ru/wiki/processing\\_models/](http://3dtoday.ru/wiki/processing_models/) ;
13. <http://3dtoday.ru/wiki/soplo/> ;
14. <http://3dtoday.ru/wiki/rescue/> .

## **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

Организуя свою учебную работу, студенты должны, во-первых, выявить рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса, практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д. Во-вторых, ознакомиться с указанным в методическом материале по дисциплине перечнем учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам для подготовки к занятиям и выполнения самостоятельной работы.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

#### 1. Работа с учебными пособиями.

Для полноценного усвоения курса студент должен, прежде всего, овладеть основными понятиями этой дисциплины. Необходимо усвоить определения и понятия, уметь приводить их точные формулировки, приводить примеры объектов, удовлетворяющих этому определению. Кроме того, необходимо знать круг фактов, связанных с данным понятием. Требуется также знать связи между понятиями, уметь устанавливать соотношения между классами объектов, описываемых различными понятиями.

#### 2. Самостоятельное изучение тем.

Самостоятельная работа студента является важным видом деятельности, позволяющим хорошо усвоить изучаемый предмет и одним из условий достижения необходимого качества подготовки и профессиональной переподготовки специалистов. Она предполагает самостоятельное изучение студентом рекомендованной учебно-методической литературы, различных справочных материалов, выступление с докладом, подготовку к лекционным и практическим занятиям, подготовку к зачёту.

#### 3. Подготовка к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется следовать методическим рекомендациям по работе с учебными материалами, приведенным выше.

#### 4. Составление конспектов.

В конспекте отражены основные понятия темы. Для наглядности и удобства запоминания используются схемы и таблицы.

#### 5. Подготовка к зачету.

При подготовке к зачету студенты должны использовать как самостоятельно подготовленные конспекты, так и материалы, полученные в ходе

лекций. Для получения зачета по дисциплине необходимо набрать минимум 50 баллов в течение семестра (минимальная оценка – удовлетворительно), в противном случае зачет считается не сданным. Зачет студенты могут сдавать в виде теста, проектной работы или устного ответа по вопросам, представленным в данной программе. Для получения зачета необходимо продемонстрировать знания, не ниже базового (минимального) уровня. Процедура оценивания знаний, умений, владений (умений применять) и (или) опыта деятельности обучающихся по дисциплине производится в рамках балльно-рейтинговой системы, включая рубежную и текущую аттестации. Согласно подходам балльно-рейтинговой системы в рамках оценки знаний, умений, владений (умений применять) и (или) опыта деятельности дисциплины установлены следующие аспекты.

Содержание учебной дисциплины в рамках одного семестра делится на два модуля (периода обучения). По окончании модуля (периода обучения) осуществляется рейтинговый контроль успеваемости знаний студентов.

Сроки проведения рейтингового контроля:

осенний семестр – I рейтинговый контроль успеваемости проводится на 8-9 учебной неделе по графику учебного процесса, II рейтинговый контроль успеваемости – две последние недели фактического завершения семестра по графику учебного процесса.

Максимальное количество баллов, которое может быть получено в результате освоения дисциплины, составляет 100 баллов. Для дисциплин, заканчивающихся экзаменом, 60 баллов отводится на текущий контроль (например, по 30 баллов на каждый модуль) и 40 баллов на промежуточную аттестацию. Для дисциплин, заканчивающихся зачетом, общее количество баллов делится между первым и вторым модулями (например, по 50 баллов на каждый модуль).

Максимальная сумма рейтинговых баллов по учебной дисциплине, заканчивающейся экзаменом, по итогам промежуточной аттестации составляет 40 баллов.

Студент, набравший от 20 до 49 баллов включительно, сдает экзамен. Студенту, набравшему менее 20 баллов, в экзаменационной ведомости ставится оценка «неудовлетворительно». Применяется следующая шкала перевода баллов в оценки: от 50 до 69 – удовлетворительно, от 70 до 84 – хорошо, от 85 и выше – отлично.

*Возможные вопросы по дисциплине:*

1. Какие существуют технологии печати? Назовите не менее 3-х разновидностей;
2. Назовите 4 (четыре) принципиально разные технологии 3D-печати;
3. Назовите 5 (пять) наиболее распространенных кинематик у термополимерных 3D-принтеров;
4. Как называлось движение, постулирующее принцип "принтеры должны печатать принтеры"?
5. В какой технологии используется полилактид в качестве расходного материала?
6. Возможна ли мультицветная печать в FDM технологии?
7. Назовите самый распространенный контроллер для 3D-принтеров;
8. Какой фактор ощутимо усложняет процесс печати АБС пластиком?
9. Какой тип дисплея на домашних DLP 3D-принтерах позволяет добиться максимального качества печати?
10. Как называется тип программ для подготовки задания для 3D-принтера? (G-Code)
11. Назовите самый распространенный тип аппаратной прошивки 3D-принтера;
12. В каком формате сохраняются задания для 3D-печати?
13. Назовите 6 (шесть) программ для 3D-моделирования?
14. Всегда ли количество полигонов влияет на качество модели?
15. Чем отличаются облачные программы от офлайн?
16. Как называется тип 3D-моделирования, применяемый для 3D-печати?
17. Назовите главный признак качественной 3D-модели для 3D-печати;

18. В какой части 3D-модели закодирован цвет и свойства поверхности?
19. Назовите модули для моделирования во Fusion 360 (минимум 3);
20. Какое минимальное количество эскизов/скетчей (Sketch) требуется для создания фигуры/формы инструментом Loft?
21. Какие существуют требования для модели под 3D-печать?
22. Как сохранить модель для 3D-печати?
23. Из каких простейших элементов состоит любая полигональная 3D-модель?
24. Назовите самую популярную программу для исправления артефактов 3D-моделей;
25. Как перейти в режим прямого моделирования?

## **VII. Материально-техническое обеспечение**

1. Компьютерное оборудование (доступ к сети Интернет) и оргтехника, необходимая для обеспечения научно-исследовательской деятельности студентов бакалавриата;
2. Лицензионная программа Fusion 360 на каждом ПК (пользователь будет заходить под своим логином, который ранее зарегистрируют самостоятельно);
3. Лицензионная программа Cura, в последней версии (слайсер для подготовки файлов под 3D-печать);
4. DLP проектор для демонстрации презентаций и процессов 3D-моделирования.

## **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			