

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Озерский технологический институт –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ОТИ НИЯУ МИФИ)**

Кафедра ТМ и МАХП

**УТВЕРЖДЕНО**

на заседании кафедры

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_

Зав.кафедрой

\_\_\_\_\_ А.А. Комаров

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

### Основы аддитивных технологий

Направление подготовки (специальность)	<u>08.03.01 Строительство</u>
Профиль подготовки	<u>Промышленное, гражданское и энергетическое строительство</u>
Наименование образовательной программы	<u>Промышленное, гражданское и энергетическое строительство</u>
Квалификация (степень) выпускника	<u>бакалавр</u>
Форма обучения	<u>очная</u>

Озерск, 2026

# 1 ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

## 1.1 Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Основы аддитивных технологий» и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной дисциплины.

## 1.2 Цели и задачи фонда оценочных средств

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям ОС НИЯУ МИФИ.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Основы аддитивных технологий» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данного курса;
- контроль и оценка степени освоения профессиональных и специальных профессиональных компетенций, предусмотренных в рамках данного курса;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данного курса.

## 1.3 Контролируемые компетенции

Оценочные средства для текущего и промежуточного контроля направлены на проверку знаний и умений студентов, являющихся основой формирования у обучающихся следующих компетенций:

код	Наименование компетенции	Наименование индикатора достижения компетенции
ПК-2	Способен участвовать в проектировании зданий, сооружений, инженерных систем, планировке и застройке населенных мест в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования	<p>З-ПК-2 Знать: нормативно-техническую и методическую документацию, устанавливающую требования к зданиям и сооружениям промышленного и гражданского строительства</p> <p>У-ПК-2 Уметь: выбирать и систематизировать информацию об основных параметрах технических и технологических решений в сфере промышленного и гражданского строительства для проектирования; оформлять текстовую и графическую части проекта здания или сооружения; представлять и защищать результаты работ по проектированию, расчетному обоснованию и конструированию строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского строительства</p> <p>В-ПК-2 Владеть: навыками проектирования конструкций зданий и сооружений на основе вариантного проектирования с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования; методикой</p>

		оценки технических и технологических решений в сфере промышленного и гражданского строительства
ПК-3	Способен проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	<p>З-ПК-3 Знать: нормативно-техническую документацию, устанавливающую требования к зданиям и сооружениям промышленного и гражданского строительства и к расчетным обоснованиям их проектных решений; методы проектирования объектов промышленного и гражданского строительства</p> <p>У-ПК-3 Уметь: выбирать и систематизировать информацию об основных параметрах технических и технологических решений в сфере промышленного и гражданского строительства для проектирования и выполнения расчетных обоснований проектных решений; оформлять текстовую и графическую части проекта здания или сооружения; представлять и защищать результаты работ по проектированию, расчетному обоснованию и конструированию строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского строительства</p> <p>В-ПК-3 Владеть: навыками расчета и проектирования, а также методиками расчета и конструирования элементов здания или сооружения промышленного и гражданского строительства</p>
ПК-4.2	Способен осуществлять технологические процессы производства строительных материалов, изделий и конструкций	<p>З-ПК-4.2 Знать: технологические процессы в области строительной индустрии</p> <p>У-ПК-4.2 Уметь: организовывать производство и контроль качества строительных материалов</p> <p>В-ПК-4.2 Владеть: навыками производства строительных материалов</p>

#### 1.4 Планируемые результаты обучения

Поскольку перечисленные компетенции носят интегральный характер, для разработки оценочных средств целесообразно выделить планируемые результаты обучения – знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций и обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения образовательной программы. Таким образом, в результате освоения дисциплины «Основы аддитивных технологий» студенты должны:

##### Знать:

- 3.1. нормативно-техническую и методическую документацию, устанавливающую требования к зданиям и сооружениям промышленного и гражданского строительства;
- 3.2. нормативно-техническую документацию, устанавливающую требования к зданиям и сооружениям промышленного и гражданского строительства и к расчетным обоснованиям их

проектных решений; методы проектирования объектов промышленного и гражданского строительства;

3.3. технологические процессы в области строительной индустрии

**Уметь:**

- У.1. выбирать и систематизировать информацию об основных параметрах технических и технологических решений в сфере промышленного и гражданского строительства для проектирования; оформлять текстовую и графическую части проекта здания или сооружения; представлять и защищать результаты работ по проектированию, расчетному обоснованию и конструированию строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского строительства;
- У.2. выбирать и систематизировать информацию об основных параметрах технических и технологических решений в сфере промышленного и гражданского строительства для проектирования и выполнения расчетных обоснований проектных решений; оформлять текстовую и графическую части проекта здания или сооружения; представлять и защищать результаты работ по проектированию, расчетному обоснованию и конструированию строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского строительства;
- У.3. организовывать производство и контроль качества строительных материалов.

**Владеть:**

- В.1. навыками проектирования конструкций зданий и сооружений на основе вариантного проектирования с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, и систем автоматизированного проектирования; методикой оценки технических и технологических решений в сфере промышленного и гражданского строительства;
- В.2. навыками расчета и проектирования, а также методиками расчета и конструирования элементов здания или сооружения промышленного и гражданского строительства;
- В.3. навыками производства строительных материалов.

**1.5 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Основы аддитивных технологий» является – зачет (5 семестр).

**1.6 Перечень оценочных средств, используемых для текущей аттестации**

Код	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Р	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменной виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	Темы рефератов
О	Опрос на занятиях	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимися на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/ разделам

**1.7 Расшифровка компетенций через планируемые результаты обучения**

Связь между формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения представлена в следующей таблице:

Код	Проектируемые результаты освоения дисциплины и индикаторы формирования компетенций	Средства и технологии оценки
-----	--	------------------------------

	<b>Знать (З)</b>	<b>Уметь (У)</b>	<b>Владеть (В)</b>	
ПК-2	31, 32, 33	У1, У2, У3	В1, В2, В3	Р, О, З
ПК-3	31, 32, 33	У1, У2, У3	В1, В2, В3	Р, О, З
ПК-4.2	31, 32, 33	У1, У2, У3	В1, В2, В3	Р, О, З

### 1.8 Этапы формирования компетенций

Раздел	Темы занятий	Коды компетенций	Знания, умения и навыки	Виды аттестации		
				Текущий контроль – неделя	Аттестация раздела – неделя	Промежуточная аттестация
Раздел 1. Введение в аддитивные технологии.	Тема 1. История, принципы создания послойного создания объектов. Тема 2. Технологии 3Д-печати (FDM/FFF, SLA/DPL, SLS, PolyJet, MJF). Тема 3. Нормативные документы.	ПК-2 ПК-3 ПК-4.2	31-33, У1-У3, В1-В3	О		Зачет
Раздел 2. Оборудование для 3-д печати	Тема 4. Конструктивные элементы и узлы FDM принтеров. Тема 5. Принципы работы оборудования, точность, скорость.	ПК-2 ПК-3 ПК-4.2	31-33, У1-У3, В1-В3	О	ЗР	
Раздел 3. Материалы для аддитивных технологий	Тема 6. Классификация материалов (термопласты, фотополимеры, композиты). Тема 7. Основные свойства материалов.	ПК-2 ПК-3 ПК-4.2	31-33, У1-У3, В1-В3	О		
Раздел 4. Программное обеспечение и подготовка модели	Тема 8. Подготовка файла. Тема 9. ПО для слайсинга (Cura, PrusaSlicer) Тема 11. Настройки (температура, скорость, поддержки).	ПК-2 ПК-3 ПК-4.2	31-33, У1-У3, В1-В3	О		
Раздел 5. Постобработка и контроль качества	Тема 12. Методы доработки поверхностей напечатанного изделия. Тема 13. Виды дефектов поверхностей и методы их исправления для различных 3Д принтеров.	ПК-2 ПК-3 ПК-4.2	31-33, У1-У3, В1-В3	О		

### 1.9 Шкала оценки образовательных достижений

#### 1.9.1 Шкала оценки за разделы дисциплины

Раздел	Форма текущего контроля,	Максимальный балл за текущий	Максимальный балл за раздел
--------	--------------------------	------------------------------	-----------------------------

	<b>ТК</b>	<b>контроль</b>	
Раздел 1. Введение в аддитивные технологии.	О	1	1
Раздел 2. Оборудование для 3-д печати	О	1	16
	Р	10	
Раздел 3. Материалы для аддитивных технологий	О	1	11
Раздел 4. Программное обеспечение и подготовка модели	О	1	11
Раздел 5. Постобработка и контроль качества	О	1	11

Коды оценок:

<b>Код</b>	<b>Вид оценочного средства</b>	<b>Критерии</b>	<b>Балл</b>	<b>Максимальный балл – минимальный балл</b>
О	Опрос на занятиях	выставляется студенту, принимающему активное участие в опросе при ответе по существу	1	1 – 0
		выставляется студенту, не принимающему участие в опросе	0	
Р	Реферат	выставляется студенту, если тема раскрыта полностью, качественно оформлен, приведен достаточно обширный список используемых источников	10	10-5
		выставляется студенту, если тема раскрыта достаточно полно, есть недочеты в оформлении, приведен недостаточно обширный список используемых источников	7-9	
		выставляется студенту, если тема слабо раскрыта, есть недочеты в оформлении, приведен недостаточно обширный список используемых источников	5-6	
		задание не выполнено и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе	н/з	

### 1.9.2 Шкала итоговой оценки за семестр

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	E
	60-64	
2 – «неудовлетворительно»	Ниже 60	F

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

<b>Сумма баллов</b>	<b>Оценка ECTS</b>	<b>Уровень приобретенных знаний по дисциплине</b>
---------------------	--------------------	---

90-100	A	“Отлично” - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.
85-89	B	“Очень хорошо” - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.
75-84	C	“Хорошо” - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.
65-74	D	“Удовлетворительно” - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.
60-64	E	“Посредственно” - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.
Ниже 60	F	“Неудовлетворительно” - очень слабые знания, недостаточные для понимания курса, имеется большое количество основных ошибок и недочетов.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Озерский технологический институт –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ОТИ НИЯУ МИФИ)**

УТВЕРЖДЕНО  
протокол заседания кафедры  
№ \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_  
Зав. кафедрой ТМ и МАХП  
\_\_\_\_\_ А.А. Комаров

**Контрольно-измерительные материалы**  
по дисциплине «Основы аддитивных технологий»  
(входной контроль)

## Вариант 1

1. При создании новой детали в КОМПАС-3D основная работа начинается с:

- а) Сборки.
- б) Создания чертежа.
- в) Эскиза на плоскости или грани.
- г) Назначения материалов.

2. Для создания объемной детали из плоского эскиза (например, цилиндра из круга) используется операция:

- а) «Массив».
- б) «Операция выдавливания».
- в) «Кинематическая операция».
- г) «Зеркальный массив».

3. Чтобы создать сквозное цилиндрическое отверстие в детали, после начертания круга в эскизе обычно используют:

- а) Операцию «Выдавливание» в направлении «Новое тело».
- б) Операцию «Выдавливание» в направлении «Вырезать».
- в) Операцию «Тело вращения».
- г) Операцию «По сечениям».

4. Какая операция позволяет быстро создать фаску или скругление на ребре твердой детали без редактирования исходного эскиза?

- а) «Оболочка».
- б) «Сопряжение» (для скругления) или «Фаска».
- в) «Сдвиг».
- г) «По сечениям».

5. Как называется дерево последовательности построений модели в левой части интерфейса КОМПАС-3D?

- а) Дерево свойств.
- б) Менеджер документа.
- в) Дерево модели (или «Дерево построения»).
- г) Дерево операций.

6. Почему для 3D-печати критически важно, чтобы объемная модель была «водонепроницаемой» (замкнутой)?

- а) Чтобы она красиво выглядела на экране.
- б) Чтобы программа-слайсер воспринимала ее как твердое тело, а не как набор поверхностей.
- в) Чтобы уменьшить вес файла.
- г) Это требование только для цветной печати.

7. Если нужно создать сложную деталь, повторяющую форму по заданным траекториям (например, пружину), следует использовать операцию:

- а) «Выдавливание».
- б) «Массив».
- в) «Кинематическая операция» (или «Операция по траектории»).
- г) «Элемент по сечениям».

8. Какая команда используется для вычитания одного тела из другого (булева операция)?

- а) «Объединить».
- б) «Вычесть».

- в) «Пересечь».
- г) «Разделить».

9. Основное назначение операции «Оболочка» (или «Полость»):

- а) Создание тонкостенной детали с открытой или закрытой полостью внутри.
- б) Добавление декоративной текстуры на поверхность.
- в) Упрощение геометрии модели для ускорения печати.
- г) Автоматическое создание поддерживающих структур.

10. Для сохранения 3D-модели в формате, который можно передать на 3D-принтер (например, STL), в КОМПАС-3D необходимо:

- а) Сохранить файл в стандартном формате .m3d.
- б) Выполнить команду «Файл» → «Сохранить как» и выбрать формат STL.
- в) Экспортировать чертеж этой детали.
- г) Конвертировать модель в сборку.

## Вариант 2

1. Основным рабочим пространством для создания твердотельной модели детали в КОМПАС-3D является:
  - а) Фрагмент.
  - б) Деталь (Компонент).
  - в) Сборка.
  - г) Текстовый документ.
2. Для создания объемной детали вращением плоского эскиза вокруг оси (например, вала из прямоугольника) используется операция:
  - а) «Операция выдавливания».
  - б) «Операция вращения».
  - в) «Кинематическая операция».
  - г) «Массив по окружности».
3. Чтобы добавить материал к существующей детали, создав выступ на основе плоского контура, используют операцию выдавливания с направлением:
  - а) «Вырезать».
  - б) «Добавить».
  - в) «Пересечь».
  - г) «Новое тело».
4. Какой инструмент позволяет создать копии элемента (например, отверстия), расположенные по кругу или в шахматном порядке?
  - а) «Зеркальный отраженный массив».
  - б) «Массив» (круговой или по траектории).
  - в) «Копирование геометрии».
  - г) «Сдвиг».
5. Для изменения размеров детали после ее построения наиболее корректным способом является:
  - а) Редактирование параметров в соответствующей операции в дереве модели.
  - б) Удаление операции и создание новой.
  - в) Масштабирование всей готовой детали.
  - г) Изменение размеров на чертеже.
6. Что подразумевается под термином «неоднородная геометрия» (non-manifold geometry), которую слайсеры не принимают для печати?
  - а) Очень большая модель.
  - б) Наличие «висячих» ребер, граней или самопересечений в модели.
  - в) Модель, созданная в КОМПАС-3D.
  - г) Модель, состоящая из нескольких тел.
7. Какая операция предназначена для создания сложной поверхности или тела по набору сечений (лофтинг)?
  - а) «Выдавливание по траектории».
  - б) «Элемент по сечениям».
  - в) «Поверхность вращения».
  - г) «Кинематическая операция».
8. Перед отправкой на 3D-печать модель часто проверяют на «сложные» для печати элементы. К таким элементам НЕ относится:

- а) Большие свесы без поддержек.
- б) Очень тонкие стенки (тоньше допустимого).
- в) Мелкие детали (менее 0.5 мм).
- г) Наличие скруглений на ребрах.

9. Что произойдет, если при выполнении операции «Выдавливание» для создания детали выбрать в эскизе незамкнутую цепочку отрезков?

- а) Будет создана поверхность.
- б) Система выдаст ошибку или создаст поверхность, а не твердое тело.
- в) Будет создана тонкостенная оболочка.
- г) Система автоматически закроет контур.

10. Какой из перечисленных форматов файлов является стандартным «языком общения» между 3D-моделью и принтером/слайсером?

- а) DWG.
- б) M3D (родной для КОМПАС).
- в) STL.
- г) PDF.

Критерии оценки результатов контрольно-измерительного материала по дисциплине «Основы аддитивных технологий»

Таблица 1 - Правильные ответы

№ вопроса	Вариант 1	Вариант 2
1	в)	б)
2	б)	б)
3	б)	б)
4	б)	б)
5	в)	а)
6	б)	б)
7	в)	б)
8	б)	г)
9	а)	б)
10	б)	в)

Оценка выставляется по сумме баллов согласно таблице 1. Ответы оцениваются по балльной системе. Каждый ответ – 1 балл.

**8-10 правильных ответов:** Студент уверенно владеет базовым инструментарием КОМПАС-3D и понимает ключевые принципы подготовки модели для 3D-печати. Может самостоятельно создавать простые и средние по сложности модели.

**5-7 правильных ответов:** Студент знаком с интерфейсом и основными операциями, но знания фрагментарны. Есть пробелы в понимании логики построения («дерево модели») или специфики печати (замкнутость контуров). Требуется дополнительная практика.

**0-4 правильных ответа:** Навыки 3D-моделирования практически отсутствуют. Студенту потребуется пройти базовый обучающий курс по КОМПАС-3D, прежде чем он сможет эффективно работать в рамках курса по аддитивным технологиям.

Время на выполнение теста – 20 минут.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Озерский технологический институт –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ОТИ НИЯУ МИФИ)**

## **Оценочные средства для текущего контроля** по дисциплине «Основы аддитивных технологий»

## Вопросы к опросам

### *Раздел 1. Введение в аддитивные технологии*

1. Дайте определение аддитивным технологиям (АТ) и назовите 3 ключевых отличия от традиционных (субтрактивных) методов изготовления изделий.
2. Опишите историческую эволюцию терминологии: чем понятие «аддитивное производство» (Additive Manufacturing) шире, чем «быстрое прототипирование» (Rapid Prototyping)?
3. Перечислите основные принципы (физические и цифровые), лежащие в основе всех аддитивных процессов.
4. Назовите и кратко охарактеризуйте основные сферы применения АТ в современной промышленности (минимум 3).
5. Что такое цифровая нить (Digital Thread) и какова её роль в сквозном цикле аддитивного производства?

### *Раздел 2. Оборудование для 3D-печати*

1. На какие три основные категории классифицируют оборудование для АТ по принципу формирования слоя? Приведите по одному примеру технологии в каждой категории.
2. Опишите принцип работы и основные компоненты установки для селективного лазерного сплавления (SLM).
3. В чём заключается ключевое конструктивное и технологическое отличие оборудования FDM (моделирование методом наплавления) от оборудования SLA (стереолитография)?
4. Что такое гибридные производственные системы (например, станки «3D-печать + фрезеровка»)? Какие преимущества они дают?
5. Какие критерии выбора 3D-принтера (технологии) следует учитывать под конкретную производственную задачу? (Назовите не менее 4).

### *Раздел 3. Материалы для аддитивных технологий*

1. Перечислите основные группы материалов, используемых в АТ (полимеры, металлы и т.д.), и типичные технологии печати для каждой группы.
2. Опишите формы поставки материалов для следующих технологий: FDM, SLA, SLM/SLS. Как форма материала влияет на свойства конечного изделия?
3. Какие специфические требования предъявляются к металлическим порошкам для технологий SLM/DMLS (форма частиц, гранулометрический состав, сыпучесть)?
4. Что такое фотополимерные смолы и как их свойства (вязкость, скорость отверждения) влияют на процесс печати и качество изделия в SLA/DLP?
5. Каковы основные пути создания и применения композитных материалов (упрочненных волокном) в аддитивных технологиях?

### *Раздел 4. Программное обеспечение и подготовка моделей*

1. Опишите типичный цифровой workflow (цепочка процессов) от CAD-модели до файла для 3D-принтера. Назовите ключевые этапы и форматы файлов.
2. Что такое слайсинг (slicing) и какие критические параметры процесса задаются в слайсере (толщина слоя, заполнение, поддержки и др.)?
3. Для чего нужны поддерживающие структуры (supports)? От чего зависит необходимость и объем их генерации? Какие типы поддержек вы знаете?

4. Что такое топологическая оптимизация и как она связана с идеологией аддитивного дизайна? Назовите одну программу для её проведения.

5. Какие типичные ошибки 3D-модели (сетки) делают её непригодной для печати, и как их исправить (понятия «незамкнутая оболочка», «инверсные нормали»)?

*Раздел 5. Постобработка и контроль качества*

1. Почему постобработка является обязательным этапом для большинства изделий, полученных АТ? Классифицируйте методы постобработки по их целям.

2. Опишите методы механической постобработки изделий из полимеров (FDM, SLA) и металлов (SLM) для улучшения качества поверхности.

3. Для каких целей и как проводится термическая обработка (отжиг, горячее изостатическое прессование — ГИП) металлических деталей, напечатанных на SLM-установках?

4. Какие дефекты могут возникать в процессе аддитивного построения (например, коробление, расслоение, пористость) и каковы их основные причины?

5. Какие методы неразрушающего и разрушающего контроля используются для оценки качества и механических свойств аддитивно произведенных деталей?

УТВЕРЖДЕНО  
протокол заседания кафедры  
№ \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_  
Зав. кафедрой ТМ и МАХП  
\_\_\_\_\_ А.А. Комаров

### Темы рефератов

1. Эволюция аддитивных технологий: от Rapid Prototyping к промышленному производству и строительству. (Общая)
2. Цифровое проектирование для аддитивного производства: топологическая оптимизация и генеративный дизайн. (Общая, ключевая для обеих специальностей)
3. Сравнительный анализ экономической эффективности аддитивных и субтрактивных технологий в жизненном цикле изделия. (Общая)
4. Экологические аспекты аддитивных технологий: снижение отходов, энергопотребление и переработка материалов. (Общая)
5. Стандартизация и сертификация продукции, полученной аддитивными методами: проблемы и перспективы. (Общая)
6. Аддитивное строительство (Construction 3D Printing): технологии, материалы (бетонные смеси, геополимеры) и пионерные проекты.
7. 3D-печать в строительстве: создание несъёмной опалубки сложной конфигурации.
8. Печать архитектурных элементов и малых форм с уникальным дизайном (арт-объекты, элементы фасадов, беседки).
9. Применение аддитивных технологий для создания энергоэффективных строительных структур с оптимальной теплоизоляцией.
10. Роботизированная аддитивная сборка в строительстве: перспективы автоматизации возведения зданий.
11. Аддитивные технологии для реставрации и восстановления исторических и архитектурных объектов.
12. Разработка и испытание новых композитных материалов для строительной 3D-печати.
13. Проектирование и расчет прочности строительных конструкций, изготовленных аддитивным способом.
14. Производство металлических деталей сложной геометрии методами DMLS/SLM: от модели до механической обработки.
15. Интеграция аддитивных технологий в цепочку традиционного машиностроительного производства (изготовление оснастки, форм, инструмента).
16. Технология направленного энергетического наплавления (DED) для ремонта и восстановления дорогостоящих деталей (лопатки турбин, валы).
17. Проектирование и изготовление легких и прочных структур с ячеистыми и решетчатыми заполнениями для аэрокосмической и automotive отраслей.
18. Оптимизация процессов постобработки деталей, полученных аддитивными методами: термообработка, пескоструйная обработка, механическая доводка.

19. Сравнительный анализ механических свойств деталей из титановых сплавов, полученных литьем, механической обработкой и селективным лазерным спеканием (SLM).
20. Создание функционально-градиентных материалов (FGM) методами аддитивных технологий для деталей с переменными свойствами.

УТВЕРЖДЕНО  
протокол заседания кафедры  
№ \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_  
Зав. кафедрой ТМ и МАХП  
\_\_\_\_\_ А.А. Комаров

## ВОПРОСЫ

к зачету по дисциплине «Основы аддитивных технологий»

1. Дайте определение аддитивным технологиям (АТ). Чем они принципиально отличаются от традиционных субтрактивных и формообразующих методов?
2. Опишите общую последовательность (цифровой цикл) создания изделия с использованием АТ, от идеи до готового продукта.
3. Назовите и охарактеризуйте три основные группы аддитивных технологий по типу исходного материала и способу его формирования.
4. Раскройте принцип работы и области применения технологии FDM (Fused Deposition Modeling). Каковы её ключевые преимущества и ограничения?
5. Раскройте принцип работы и области применения технологии SLA (стереолитография). В чём её основные отличия от FDM?
6. Раскройте принцип работы и области применения технологии селективного лазерного спекания/плавления (SLS/SLM). Почему SLM считается революционной для машиностроения?
7. Какие металлические материалы наиболее распространены в АТ (SLM, DED) и каковы особенности их обработки по сравнению с традиционными методами?
8. Что такое «топологическая оптимизация» и как она связана с философией аддитивного производства? Приведите пример детали.
9. Объясните понятия «поддерживающие структуры» (supports) и «ориентация изделия в камере построения». Почему это критически важно для процесса?
10. Перечислите и охарактеризуйте основные виды постобработки изделий, полученных аддитивными методами, и их цели.
11. Проанализируйте экономические аспекты АТ. В каких случаях их применение наиболее выгодно, а в каких – нет?
12. Что такое «контурное строительство» (Contour Crafting) и какие вызовы (технические, нормативные) стоят перед аддитивным строительством?
13. Опишите применение АТ в машиностроении для изготовления: а) прототипов; б) оснастки (пресс-форм, литейных моделей); в) серийных деталей.
14. Как АТ используются в медицине (биомедицинское инжиниринге)? Приведите примеры (имплантаты, хирургические шаблоны).

**Озерский технологический институт –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ОТИ НИЯУ МИФИ)**

15. Каковы экологические аспекты АТ: потенциал для устойчивого развития (снижение отходов) и возможные проблемы (энергопотребление, материалы)?
16. В чём заключаются основные ограничения и недостатки современных аддитивных технологий (по точности, скорости, свойствам материала, стоимости)?
17. Дайте определение гибридным производственным системам. Как сочетание АТ и субтрактивной обработки (например, фрезерования) расширяет возможности?
18. Как АТ способствуют развитию концепций «Цифровой склад» (Digital Inventory) и «производство по требованию» (On-Demand Manufacturing)?
19. Что такое функционально-градиентные материалы (ФГМ) и как аддитивные технологии позволяют их создавать?
20. Опишите перспективные направления развития АТ: многоосевые системы, новые материалы, искусственный интеллект в управлении процессом.

УТВЕРЖДЕНО

протокол заседания кафедры

№ \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой ТМ и МАХП

\_\_\_\_\_ А.А. Комаров

## Контрольно-измерительные материалы

по дисциплине «Основы аддитивных технологий»

(контроль остаточных знаний)

2026

## Вариант 1

1. Что такое аддитивные технологии в наиболее общем смысле?
  - а) Технологии соединения деталей в единое целое (сварка, пайка).
  - б) Технологии создания изделий посредством удаления материала (точение, фрезерование).
  - в) Технологии создания объектов путём послойного добавления материала.
  - г) Технологии литья под давлением.
  
2. Какой ключевой принцип лежит в основе всех аддитивных технологий?
  - а) Создание детали из жидкого материала в форме.
  - б) Объединение стандартных элементов (конструктор).
  - в) Создание цифровой 3D-модели и её физическое воплощение слой за слоем.
  - г) Ковка и штамповка заготовки.
  
3. Какая из перечисленных технологий НЕ является аддитивной?
  - а) FDM (моделирование методом наплавления)
  - б) SLA (стереолитография)
  - в) Фрезерование на станке с ЧПУ
  - г) SLS (селективное лазерное спекание)
  
4. Какой материал наиболее часто используется в самой популярной бытовой 3D-печати (FDM)?
  - а) Фотополимерная смола
  - б) Пластиковая нить (PLA, ABS)
  - в) Металлический порошок
  - г) Песок
  
5. Главное преимущество аддитивных технологий для прототипирования:
  - а) Очень высокая скорость массового производства.
  - б) Быстрое изготовление сложных деталей любой геометрии без оснастки.
  - в) Превосходные механические свойства, сравнимые с кованными деталями.
  - г) Дешевизна сырья.

## Вариант 2

1. Чем принципиально отличаются аддитивные технологии от традиционных механических способов обработки?
  - а) Использованием только полимерных материалов.
  - б) Способом создания детали: добавление материала вместо его удаления.
  - в) Обязательным использованием лазера.
  - г) Более низким качеством поверхности.
  
2. Что является обязательным исходным файлом для запуска 3D-печати?
  - а) Чертеж в формате .dwg или .jpg
  - б) Цифровая 3D-модель в формате .stl или .3mf
  - в) Технологическая карта обработки
  - г) Фотография изделия
  
3. Какая аддитивная технология использует лазер для спекания/плавления порошкообразного материала?
  - а) FDM
  - б) SLA
  - в) SLS/DMLS
  - г) PolyJet
  
4. Какой материал используется в технологии стереолитографии (SLA)?
  - а) Жидкая фотополимерная смола
  - б) Пластиковая нить
  - в) Титановый порошок
  - г) Гипсовый композит
  
5. Какое из утверждений является ограничением аддитивных технологий?
  - а) Невозможность изготовления полых деталей.
  - б) Ограниченная геометрическая сложность изделий.
  - в) Относительно низкая скорость производства крупных серий одинаковых деталей.
  - г) Невозможность использования металлов.

Критерии оценки результатов контрольно-измерительного материала по дисциплине «Основы аддитивных технологий»

Правильные ответы:

№ вопроса	Вариант 1	Вариант 2
1	В	Б
2	В	Б
3	В	В
4	Б	А
5	Б	В

Оценка результатов:

Таблица 1 – Оценка результатов

Сумма баллов	Оценка
5	отлично
4	хорошо
3	удовлетворительно
0-2	неудовлетворительно

Время тестирования – 10 минут.