

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Зайко Татьяна Ивановна  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 29.08.2025 14:24:27  
Уникальный программный ключ:  
cf6863c76438e5984b0fd5e14e7154bfba10e205

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
"Сибирский государственный университет водного транспорта"

## ФТД.02

### Аддитивные технологии

#### рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	<b>Технической механики и подъемно-транспортных машин</b>		
Образовательная программа	26.03.02	Направление подготовки "Кораблестроение, системотехника объектов морской инфраструктуры"	океанотехника и
		Профиль "Судовые энергетические установки"	
		год начала подготовки 2022	
Квалификация	<b>бакалавр</b>		
Форма обучения	<b>очная</b>		
Общая трудоемкость	<b>2 ЗЕТ</b>		
Часов по учебному плану	72	Виды контроля в семестрах:	
в том числе:		зачеты 6	
аудиторные занятия	28		
самостоятельная работа	44		

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	уп	рп		
Неделя	15 4/6			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	14	14	14	14
Лабораторные	14	14	14	14
Итого ауд.	28	28	28	28
Контактная работа	28	28	28	28
Сам. работа	44	44	44	44
Итого	72	72	72	72

Рабочая программа дисциплины

## **Аддитивные технологии**

**разработана в соответствии с ФГОС:**

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры (приказ Минобрнауки России от 14.08.2020 г. № 1021)

**составлена на основании учебного плана образовательной программы:**

26.03.02 Направление подготовки "Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры"  
Профиль "Судовые энергетические установки"  
год начала подготовки 2022

**Рабочую программу составил(и):**

*к.т.н., Зав.каф., Пахомова Людмила Владимировна*

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры **Технической механики и подъемно-транспортных машин**

Заведующий кафедрой Загоровский Владимир Викторович

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1	Освоение навыков проектирования деталей машин с использованием аддитивных технологий, ознакомление с преимуществами и недостатками технологии, а также об основных областях ее применения.
-----	--

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

Цикл (раздел) ООП:	ФТД
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Детали машин и основы конструирования
2.1.2	Теория механизмов и машин
2.1.3	Материаловедение
2.1.4	Начертательная геометрия и инженерная графика
2.1.5	Техническая физика
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>

**3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ОПК-2: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности**

ОПК-2.1: знать Информационные, компьютерные и сетевые технологии поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и способов ее представления

ОПК-2.2: уметь Осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате

ОПК-2.3: владеть Навыками и умениями осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	Основные этапы создания трехмерных объектов методами аддитивного производства, способы предварительной оптимизации трехмерных объектов, основные ошибки, возникающие в ходе подготовки трехмерной модели, а также методы их устранения, существующие алгоритмы построения объектов, основные технологии трехмерной печати и физические принципы, лежащие в их основе.
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	Делать выбор наиболее подходящего метода трехмерной печати, исходя из физических принципов и ограничений метода, пользоваться программным обеспечением для предварительной проверки трехмерной модели и исправления ошибок, располагать модель и строить поддерживающие структуры в соответствии с используемыми методами печати, подбирать параметры и алгоритмы печати в зависимости от используемого материала и вида объекта.
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	Навыками анализа поставленной задачи изготовления заданного трехмерного объекта, выявления проблемных мест при последующем изготовлении объекта методами аддитивного производства, выбора наиболее подходящих методов трехмерной печати в соответствии, выбора наиболее подходящих параметров, материалов и алгоритмов печати, исправления ошибок триангуляции в ходе подготовки модели к процессу печати, печати на коммерчески доступных трехмерных принтерах класса FDM и SLA/DLPc.

**4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Вид занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература	ПрПо дгот
Раздел	<b>Раздел 1. Введение в аддитивные технологии</b>				
Лек	Введение в аддитивные технологии. Принципы и методы изготовления деталей послойным нанесением материала /Лек/	6	2		0
Лаб	Введение в аддитивные технологии. Принципы и методы изготовления деталей послойным нанесением материала /Лаб/	6	2		0
Ср	Введение в аддитивные технологии. Принципы и методы изготовления деталей послойным нанесением материала /Ср/	6	6		0

Раздел	<b>Раздел 2. Аддитивное производство</b>				
Лек	Материалы и принципы проектирования деталей для аддитивного производства /Лек/	6	4		0
Лаб	Проектирование деталей типа вал, зубчатое колесо /Лаб/	6	4		0
Ср	Материалы и принципы проектирования деталей для аддитивного производства /Ср/	6	12		0
Лек	Машины и агрегаты для аддитивного производства /Лек/	6	4		0
Лаб	Машины и агрегаты для аддитивного производства /Лаб/	6	4		0
Ср	Машины и агрегаты для аддитивного производства /Ср/	6	12		0
Лек	Пост-обработка производимых деталей /Лек/	6	2		0
Лаб	Пост-обработка производимых деталей. Приработка деталей /Лаб/	6	2		0
Ср	Пост-обработка производимых деталей /Ср/	6	6		0
Раздел	<b>Раздел 3. 3D-Печать пластмассой</b>				
Лек	3D-печать пластмассой. Оборудование для 3D-печати /Лек/	6	2		0
Лаб	Печать деталей по электронным моделям /Лаб/	6	2		0
Ср	3D-печать пластмассой. Оборудование для 3D-печати /Ср/	6	8		0

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

#### 6.1. Перечень видов оценочных средств

Вопросы текущего контроля

#### 6.2. Темы письменных работ

Письменные работы по дисциплинам не предусмотрены

#### 6.3. Контрольные вопросы и задания

Вопросы текущего контроля:

ФОМ по дисциплине АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.

- 1 Дайте определение аддитивному производству (АП) (аддитивный технологический процесс) (additive manufacturing);
- 2 Дайте определение оборудованию для аддитивного производства;
- 3.Какие существуют функциональные блоки оборудования для аддитивного производства?
- 4 Какая технология применяется при создании изделий с использованием 3-D принтера?
- 5 Какие конструкционные материалы применяются для построения изделий с использованием 3-D принтера ? Дайте их характеристику.
6. Укажите основные технические характеристики .
- 7 Укажите основные преимущества и недостатки .
- 8 Опишите основные этапы изготовления изделий с применением 3-D Принтера.
9. Дайте определение G-code;
10. Какие существуют виды команд в G-code?
11. Какие существуют параметры команд в G-code?
12. Дайте определение технологии экструзии материала (material extrusion);
13. Какое оборудование используется для данного процесса?
14. Какое сырье используется для данного процесса?
- 15 Какой механизм связи используется для данного процесса?
- 4.5 Какой источник активации используется для данного процесса?
16. Какая вторичная обработка используется для данного процесса?
17. Дайте определение технологии фотополимеризации в ванне

(vat photopolymerization);

18. Какое оборудование используется для данного процесса?
19. Какое сырье используется для данного процесса?
20. Какой механизм связи используется для данного процесса?
21. Какой источник активации используется для данного процесса?
22. Какая вторичная обработка используется для данного процесса?
23. Дайте определение технологии прямого подвода энергии и материала (directed energy deposition);
24. Какое оборудование используется для данного процесса?
25. Какое сырье используется для данного процесса?
26. Какой механизм связи используется для данного процесса?
27. Какой источник активации используется для данного процесса?
28. Какая вторичная обработка используется для данного процесса?
29. Как работает принтер для SLM-печати?
30. Какие материалы применяются для SLM-печати?
31. Какие технические газы применяются для SLM-печати?
32. Какие существуют методы постобработки деталей после SLM-печати?
33. Какие ограничения присущи 3D-печати по технологии SLM?
34. Какие основные элементы внешней конструкции 3D-принтера Вы знаете?
35. Какие основные элементы внутренней структуры 3D-принтера Вы знаете?
36. Какое функциональное назначение каждого из основных элементов структуры 3D-принтера ?
37. Что такое рапель, материал и назначение?
38. Какой тип лазерного источника установлен в 3D-принтере?
39. Как работает принтер для FDM-печати?
40. Какие материалы применяются для FDM-печати?
41. Что такое филамент?
42. Какие основные методы постобработки деталей после FDM-печати Вы знаете?
43. Какие ограничения присущи 3D-печати по технологии FDM?
44. Что такое 3D-сканер? Какие основные элементы его конструкции Вы знаете?
45. Как работают пассивные сканеры?
46. Какие основные методы сбора данных при 3D-сканировании Вы знаете? В чем их отличие?
47. На чем основан метод структурированного света?
48. Какие режимы сканирования 3D-сканера модели EinScan-Pro Вы знаете?
49. Как и для каких целей производится оптимизация CAD-моделей? Какие при этом применяются инструменты проектирования?
50. Какие три основные стратегии построения трехмерных моделей деталей для 3D-печати Вы знаете?
51. Что такое решетчатые структуры?
52. Что такое оптимизация топологии?
53. Что такое порождающее моделирование (генеративный дизайн)?
54. Что такое правила дизайна для аддитивного производства? Зачем они необходимы конструктору?
55. Что такое поддержки? Какие основные правила дизайна поддержек для технологий аддитивного производства Вы знаете?
56. Какие способы формирования резьбы на деталях в условиях аддитивного производства Вы знаете?
57. Что такое изотропность? Как анизотропность 3D-распечатков влияет на дизайн деталей в условиях аддитивного производства?
58. Какую размерную точность обеспечивают технологии аддитивного производства?
59. В чем отличие технологической цепочки аддитивного производства от цепочек других производственных технологий?
60. Какие категории процессов аддитивного производства Вы знаете?
61. Какие категории процессов и типы технологии аддитивного производства предназначены для получения деталей из металлов?
62. Какие категории процессов и типы технологии аддитивного производства предназначены для получения деталей из полимеров?
63. Какие категории процессов и типы технологии аддитивного производства предназначены для получения деталей из фотополимерной смолы?
64. Какие категории процессов и типы технологии аддитивного производства предназначены для получения деталей из композитов?
65. Какие категории процессов и типы технологии аддитивного производства предназначены для получения деталей из бумаги?

66 Какие категории процессов и типы технологии аддитивного производства предназначены для получение деталей из песка?

67 Что такое постобработка?

68 Какие операции может в себя включать постобработка?

История развития

Что такое аддитивное производство? Почему используется 3-D производство?»

Где используются изделия АП? Преимущества аддитивного производства.

Общее представление процесса аддитивного производства

Различия между аддитивным производством и обработкой на станках с традиционным способом производства.

Применение АП в медицине

Применение АП в аэрокосмической промышленности

Применение АП в автомобильной промышленности

Технология компьютерного моделирования и проектирования

Другие технологии, связанные с АП

Использование слоев

Классификация АП процессов

Перспективы аддитивного производства.

Этапы аддитивного производства

Различия технологий АП

Системы с использованием металлов

Обработка и хранение материалов

Проектирование для АП

Основные принципы экструзионных систем

FDM/FFF процесс

Материалы для экструзионной печати

Ограничения FDM печати

Биоэкструзия

Другие системы экструзии

Процесс фотополимеризации

Материалы для процесса фотополимеризации

SLA и DLP метод печати. Преимущества и недостатки.

Порошковое спекание в сформированном слое

Механизмы спекания порошков

Параметры технологического процесса и моделирование

Работа с порошковыми материалами для печати

Преимущества и недостатки процесса порошкового спекания

Процессы ламинирования листовых (слоистых) материалов

Ультразвуковое аддитивное производство

Процесс печати порошковыми металлами

Преимущества и недостатки изделий, напечатанных из порошковых металлов

Бюджетные системы АП

Движущие силы прямого цифрового производства

Производство или прототипирование?

Оценки затрат на производство

Учет затрат в ходе жизненного цикла изделия

Цифровое будущее

Удаление поддерживающего материала

Улучшение текстуры поверхности

Повышение точности

Улучшение эстетического восприятия

Подготовка к использованию в качестве модели

Улучшение свойств изделий

Подготовка моделей САПР: файл STL

Проблемы с файлами STL

Манипуляции с STL-файлом

За пределами формата STL

ПО в помощь АП

Формат файла аддитивного производства  
 Печать моделей из PLA пластика  
 Печать моделей из PLA пластика с растворимыми поддержками  
 Печать моделей из ABS пластика  
 Печать моделей из ABS пластика с растворимыми поддержками  
 Печать моделей из эластичных материалов  
 Печать моделей с разной толщиной слоя  
 Печать моделей с разной скоростью  
 Печать моделей с разным заполнением  
 Выбор адгезирующего материала  
 Ориентация моделей на рабочей поверхности перед печатью  
 Оптимизация времени печати изделий

1. Какой материал используют для печати нагруженных подвижных узлов машин?

- А – ABS
- Б – Нейлон (полиамид)\*
- В – PLA
- Г – PETG

2. Какое основное преимущество аддитивного производства деталей?

- А – Низкая себестоимость производства единичных деталей\*
- Б – Высокая прочность деталей, по сравнению с другими технологиями изготовления
- В – Возможность тройной экструзии
- Г – Компактность производственных машин

3. Понятие аддитивные технологии...

- А – Это обобщённое название технологий, отвечающих за хранение, передачу, обработку, защиту и воспроизведение информации с использованием компьютеров
- Б – Это метод создания трехмерных объектов, деталей или вещей путем послойного добавления материала: пластика, металла, бетона и т.д.\*
- В – Это область науки по изучению закономерностей, действующих в процессе изготовления машин
- Г – Это направление науки, специализирующееся на разработке и применении объектов, размер которых составляет от единиц до нескольких сотен нанометров

4. Выберите правильную последовательность действий при создании изделия аддитивными технологиями

- А – Анализ, проектирование 3D-модели, печать, транспортировка
- Б – Разборка, снятие размеров, создание рабочего чертежа, производство, сборка
- В – Транспортировка, распаковка, монтаж, ввод в эксплуатацию
- Г – Проектирование 3D-модели, вывод на печать, печать, сборка\*

5. Как влияет толщина печатаемого слоя на скорость печати?

- А – Увеличивается
- Б – Уменьшается\*
- В – Не изменяется

6. Какой метод 3D-печати рациональней всего применять для деталей «художественной направленности»? (фигурки, облицовка, небольшие корпусные детали и т.д.)

Ответ: Фотополимерная печать

7. Что означает технология печати SLS?

Ответ: Технология изготовления изделий сложных пространственных форм при помощи плавления порошковых составов лазером.

8. Что означает технология печати FDM?

Ответ: Печать методом послойного наложения. Представляет собой процесс аддитивного производства, который реализуется благодаря экструзии материалов.

9. Что означает технология печати DLP?

Ответ: Для построения моделей используются жидкие фотополимерные смолы, затвердевающие под воздействием

СВЕТОВЫХ ВОЛН.

10. Что означает технология печати PJM?

Ответ: Технология печати, в которой жидкие акриловые полимеры наносятся слоями на строительную платформу с помощью печатающей головки и отверждаются под воздействием УФ-ламп.

#### 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Критерии оценивания:

"неудовлетворительно" - Студент показывает слабый уровень теоретических знаний, не может привести примеры из реальной практики. Неуверенно и логически непоследовательно излагает материал. Неправильно отвечает на дополнительные вопросы или затрудняется с ответом на них. Не имеет четкого представления об изучаемом материале, допускает грубые ошибки. Демонстрирует частичные, фрагментарные, очень поверхностные умения, допуская грубые ошибки. Демонстрирует низкий уровень владения материалом, допуская грубые ошибки. Тест - менее 60% правильных ответов.

"удовлетворительно" - Студент показывает знание основного лекционного и практического материала. В ответе не всегда присутствует логика изложения. Студент испытывает затруднения при ведении практических примеров. Фрагментарное, знания без грубых ошибок. Частичные, демонстрирует умения без грубых ошибок. Не отработаны навыки и приемы самостоятельной работы без грубых ошибок. Тест - 60-74% правильных ответов.

"хорошо" - Студент показывает достаточный уровень теоретических и практических знаний, свободно оперирует основными понятиями. Умеет анализировать практические ситуации, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается грамотно. Демонстрация знаний в базовом (стандартном) объеме, способность к решению типовых задач. Демонстрация умений на базовом (стандартном) уровне. Владение базовыми навыками и приемами под контролем или руководством. Тест - 75-84% правильных ответов.

"отлично" - Студент показывает не только высокий уровень теоретических знаний по изучаемой дисциплине, но и видит междисциплинарные связи. Умеет анализировать практические ситуации. Ответ построен логично. Материал излагается четко, ясно, аргументировано. Уместно используется информационный и иллюстративный материал. Демонстрация высокого уровня знаний; способность самостоятельного анализа и реализации полученных знаний. Демонстрация умений высокого уровня; способность разработать самостоятельный, характерный подход к решению поставленной задачи. Владение навыками и приемами на высоком уровне, способность дать собственную оценку изучаемого материала. Тест - 85-100% правильных ответов.

### 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### 7.1 Рекомендуемая литература