

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Левихин А.А.
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАКЕТОСТРОЕНИИ

Направление/специальность подготовки	27.05.01 Специальные организационно-технические системы
Специализация/профиль/программа подготовки	Внешнее проектирование и эффективность авиационных и ракетных организационно-технических систем
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	6	3	108	51	17	0	34	57	0	0	57	зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

27.05.01 Специальные организационно-технические системы

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ
Падалка Максим Александрович, ассистент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАКЕТОСТРОЕНИИ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-5 — Способен применять методологию концептуального (внешнего) проектирования при формировании технического задания на разработку элементов ракетных систем

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-5

знания:

классификация аддитивного производства;

прочностные характеристики полимерных материалов аддитивных технологий;

перспективы развития аддитивных технологий;

умения:

адаптировать геометрию деталей под аддитивное производство;

навыки:

применение современных методов проектирования деталей ракетной и ракетно-космической техники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАКЕТОСТРОЕНИИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 27.05.01 *Специальные организационно-технические системы*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ФИЗИКА, ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **КОНСТРУКТОРСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА, МЕНЕДЖМЕНТ РАЗРАБОТОК И ИССЛЕДОВАНИЙ, ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ, ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА, ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе приобретенных знаний
- ОПК-7 — Способен аргументированно выбирать и обосновывать, а также разрабатывать схемотехнические, системотехнические и аппаратно-программные решения управления сложными техническими объектами и технологическими процессами и реализовывать их на практике
- ОПК-9 — Способен разрабатывать и руководить разработкой методических и нормативных документов, технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, в том числе по жизненному циклу продукции и ее качеству

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-5
3	6	Раздел 1. Аддитивные технологии. История появления. Фотоскульптура и топография. Стереолитография. Лазерная стереолитография.	22	6	2	4	16	25
3	6	Раздел 2. Аддитивные технологии, как инструмент быстрого прототипирования. Классификация аддитивных технологий. Преимущества и. недостатки аддитивных технологий. Алгоритм работы аддитивных технологий.	34	18	6	12	16	25
3	6	Раздел 3. Аддитивные технологии. Материалы. Характеристики полимерных материалов. Характеристики порошковых материалов.	30	15	5	10	15	25
3	6	Раздел 4. Аддитивные технологии. Перспективы развития. Перспективные направления развития в ракетной и ракетно-космической технике.	22	12	4	8	10	25
Всего за 6 семестр			108	51	17	34	57	100
Всего по дисциплине			108	51	17	34	57	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Аддитивные технологии. История появления.	Практическая значимость стереолитографии и лазерной стереолитографии и прочие предшественники аддитивных технологий	2
2		Практическая значимость фотоскульптуры и топографии	2
3	Раздел 2. Аддитивные технологии, как инструмент быстрого прототипирования.	Системы прототипирования	3
4		Анализ геометрии деталей для аддитивного производства. Анализ применимости аддитивных технологий	2
5		Принцип работы машины аддитивного производства	2
6		Особенности работы 3D принтеров различных кинематических схем	2
7		Быстрое прототипирование с применением аддитивных технологий	3
8	Раздел 3. Аддитивные технологии. Материалы.	Композитные материалы в аддитивном производстве	2
9		Ознакомление с материалами для аддитивного производства	3
10		Металлические материалы в аддитивном производстве	2
11		Полимерные материалы в аддитивном производстве	3
12	Раздел 4. Аддитивные технологии. Перспективы развития.	Перспективные направления в отрасли аддитивного производства деталей ракетной и ракетно- космической техники	4
13		Перспективные аддитивные технологии	4
Всего за 6 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Аддитивные технологии. История появления.	Подготовка к практическим занятиям. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	16

2	Раздел 2. Аддитивные технологии, как инструмент быстрого прототипирования.	Подготовка к практическим занятиям. Выполнение индивидуального практического задания. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	16
3	Раздел 3. Аддитивные технологии. Материалы.	Подготовка к практическим занятиям. Выполнение индивидуального практического задания. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	15
4	Раздел 4. Аддитивные технологии. Перспективы развития.	Подготовка к практическим занятиям. Выполнение индивидуального практического задания. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	10
Всего за 6 семестр			57

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6				ИПЗ	КПос	ДР	ИПЗ		КПос	ДР		КПос	ИПЗ		КПос	ДР	зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- КПос – контроль посещаемости;
- зач. – зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- контроль посещаемости.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. И. Кулик, А. С. Нилов. . Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, эл. рес.
2. М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутылина. . Аддитивные технологии в машиностроении. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. https://3dtoday.ru/wiki/3D_print_technology — Всё о 3D-печати. Аддитивное производство. Основные понятия.;
2. <https://extxe.com/3834/sushhnost-i-osobennosti-additivnyh-tehnologij> — Аддитивные технологии. Виды, особенности, характеристики аддитивных технологий;
3. <https://up-pro.ru/library/innovations/niokr/additive-3d> — Аддитивные технологии: перспективы 3D печати в промышленности.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАКЕТОСТРОЕНИИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 27.05.01 *Специальные организационно-технические системы*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-5 Способен применять методологию концептуального (внешнего) проектирования при формировании технического задания на разработку элементов ракетных систем.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием инженерных компетенций в области разработки, проектирования и изготовления деталей ракетной и ракетно-космической техники с применением аддитивных технологий. Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельную работу студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- контроль посещаемости.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Аддитивные технологии. История появления.		
Подготовка к практическим занятиям. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутылина. . Аддитивные технологии в машиностроении: СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013 (2)	16
Итого по разделу 1		16
Раздел 2. Аддитивные технологии, как инструмент быстрого прототипирования.		
Подготовка к практическим занятиям. Выполнение индивидуального практического задания. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутылина. . Аддитивные технологии в машиностроении: СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013 (5)	16
Итого по разделу 2		16
Раздел 3. Аддитивные технологии. Материалы.		
Подготовка к практическим занятиям. Выполнение индивидуального практического задания. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	В. И. Кулик, А. С. Нилов. . Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (2)	15
Итого по разделу 3		15
Раздел 4. Аддитивные технологии. Перспективы развития.		
Подготовка к практическим занятиям. Выполнение индивидуального практического задания. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	В. И. Кулик, А. С. Нилов. . Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (2)	10
Итого по разделу 4		10

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- контроль посещаемости;
- индивидуальное практическое задание;
- зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Контроль посещаемости

Посещаемость всех видов аудиторных занятий по дисциплине оценивается по 20 бальной системе:

- 20 баллов – посещение 90% занятий;
- 15 баллов – посещение 70% занятий;
- 10 баллов – посещение 50% занятий;
- 5 баллов – посещение 30% занятий;
- 0 баллов – посещение менее 30% занятий

Индивидуальное практическое задание

Индивидуальное практическое задание в соответствии с разделами РПД оцениваются следующими критериями:

- 15 баллов – правильные полные и чёткие ответы на все вопросы ИПЗ, при технически грамотном представлении;
- 10 баллов - правильные, но недостаточно полные и чёткие ответы на вопросы ИПЗ, при грамотном представлении материала;
- 5 баллов - правильные ответы на большую часть вопросов ИПЗ при недостаточном полном их освещении при достаточном грамотном оформлении материала;
- 0 баллов - неправильные и неполные ответы на все вопросы ИПЗ при технически неграмотном изложении.

Варианты ИПЗ представлены в УМК дисциплины

Зачет

Обучающийся имеет право на получение оценки "зачтено" в рамках промежуточной аттестации по результатам текущего контроля без прохождения аттестационных испытаний в соответствии с накопленными баллами. Обязательным условием является успешное прохождение текущего контроля успеваемости и выполнение индивидуальных практических заданий.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-5	
3	6	Раздел 1. Аддитивные технологии. История появления.	22	6	2	4	16	25	Контроль посещаемости, Индивидуальное практическое задание
3	6	Раздел 2. Аддитивные технологии, как инструмент быстрого прототипирования.	34	18	6	12	16	25	Индивидуальное практическое задание, Контроль посещаемости
3	6	Раздел 3. Аддитивные технологии. Материалы.	30	15	5	10	15	25	Контроль посещаемости
3	6	Раздел 4. Аддитивные технологии. Перспективы развития.	22	12	4	8	10	25	Индивидуальное практическое задание, Контроль посещаемости
Всего за 6 семестр			108	51	17	34	57	100	
Всего по дисциплине			108	51	17	34	57	100	

Оценочные материалы по дисциплине АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАКЕТОСТРОЕНИИ

ПК-5 - Способен применять методологию концептуального (внешнего) проектирования при формировании технического задания на разработку элементов ракетных систем

- № 1 Прочитайте текст и установите последовательность
Последовательность создания металлического порошка для аддитивного производства:
1. Распыление расплава
 2. Получение расплава
 3. Просеивание металлического порошка
- № 2 Прочитайте текст и установите последовательность
Установите последовательность операции процесса аддитивного производства:
1. Подготовка и настройка 3д принтера
 2. Процесс запуска 3д печати.
 3. Обработка файла модели в форматах STL/STEP/OBJ в программе-слайсере.
 4. Создание трехмерной модели в CAD программах.
 5. Преобразование трехмерной модели в формат STL/STEP/OBJ.
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие свойства важны для порошка, используемого в SLS-печати?
- 1) Текучесть
 - 2) Высокая влажность
 - 3) Узкий диапазон гранулометрического состава
 - 4) Слипчивость
- № 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Для 3д модели в формате STL характерна...
- № 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Технология Selective Laser Sintering(SLS) это?
- № 6 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие полимерным материалам для аддитивного производства:
1. ABS
 2. PLA
 3. PETG
 4. ASA
- А - Акрилонитрил-стирол-акрилат
Б - Полилактид
В - Полиэтилентерефталат-гликоль
Г - Акрилонитрилбутадиенстирол
- № 7 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие технологий 3д печати:
1. Технология FFF/FDM
 2. Технология SLM
 3. Технология SLA
- А - Послойное наплавление пластика
Б - Послойное отверждение жидкой фотополимерной смолы с помощью ультрафиолетового лазера
В - Метод аддитивного производства, при котором металлический порошок расплавляется лазерным лучом высокой мощности. Расплавление происходит избирательно, в соответствии с трёхмерной моделью
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор

ответа

Какие материалы используются для 3д печати технологией FDM/FFF?

- 1) Листовой пластик
- 2) Металлический пруток
- 3) Фотополимерная смола
- 4) Полимеры

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Аддитивные технологии - это

- 1) это класс перспективных технологий производства деталей простой формы по компьютерной модели путем последовательного нанесения материала
- 2) это класс перспективных технологий производства деталей сложной формы по компьютерной модели путем последовательного нанесения материала
- 3) это класс перспективных технологий производства деталей простой формы
- 4) это класс программ для компьютерного моделирования

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Слайсер для 3д печати это...

- 1) Компьютерная программа для подготовки 3д модели и 3д принтера к печати, путем генерации машинного кода (Gcode).
- 2) Компьютерная программа для подготовки 3д принтера
- 3) Компьютерная программа для подготовки 2д принтера
- 4) Компьютерная программа для формирования 3д модели

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие характеристики свойственны для 3д модели детали в формате STL?

- 1) Представляет модель в виде треугольников
- 2) Содержит информацию о цвете
- 3) Не содержит данные о материале
- 4) Позволяет задавать кривые Безье

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие преимущества имеет лазерное спекание (SLS) по сравнению с FDM/FFF?

- 1) Низкая стоимость оборудования
- 2) Возможность печати без поддержек
- 3) Меньшее энергопотребление
- 4) Более высокая точность