

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Юнаков Л. П.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАКЕТОСТРОЕНИИ

Направление/специальность подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Специализация/профиль/программа подготовки	Моделирование и информационные технологии проектирования ракетно-космических 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	
4	7	3	108	34	17	0	17	74	0	0	74	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

год набора группы: 2024

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:

ПСК-14 — способность разрабатывать технологические процессы изготовления и сборки отсеков конструкции корпуса ракет с применением новых материалов и средств автоматизации технологических процессов в соответствие с единой системой конструкторской документации на базе современных программных комплексов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-14

знания:

классификация аддитивных технологий;

перспективы развития аддитивных технологий;

прочностные характеристики полимерных материалов 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 *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ФИЗИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ТЕОРИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-2 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-3 — Способен разрабатывать нормативно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

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		ПСК-14
4	7	Раздел 1. Аддитивные технологии. История появления. Фотоскульптура и топография. Стереолитография. Лазерная стереолитография.	19	4	2	2	15	25
4	7	Раздел 2. Аддитивные технологии, как инструмент быстрого прототипирования. Классификация аддитивных технологий. Преимущества и недостатки аддитивных технологий. Алгоритм работы аддитивных технологий.	33	12	6	6	21	25
4	7	Раздел 3. Аддитивные технологии. Материалы. Характеристики полимерных материалов. Характеристики порошковых материалов.	31	10	5	5	21	25
4	7	Раздел 4. Аддитивные технологии. Перспективы развития. Перспективные направления развития в ракетной и ракетно-космической технике.	25	8	4	4	17	25
Всего за 7 семестр			108	34	17	17	74	100
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	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	1
2		Практическая значимость фотоскульптуры и топографии	1
3	Раздел 2. Аддитивные технологии, как инструмент быстрого прототипирования.	Принцип работы машины аддитивного производства	1
4		Особенности работы 3D принтеров различных кинематических схем	1
5		Системы прототипирования	1
6		Анализ геометрии деталей для аддитивного производства. Анализ применимости аддитивных технологий	1
7		Быстрое прототипирование с применением аддитивных технологий	2
8	Раздел 3. Аддитивные технологии. Материалы.	Ознакомление с материалами для аддитивного производства	1
9		Металлические материалы в аддитивном производстве	1
10		Полимерные материалы в аддитивном производстве	2
11		Композитные материалы в аддитивном производстве	1
12	Раздел 4. Аддитивные технологии. Перспективы развития.	Перспективные направления в отрасли аддитивного производства деталей ракетной и ракетно-космической техники	2
13		Перспективные аддитивные технологии	2
Всего за 7 семестр			17

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	15

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	21
3	Раздел 3. Аддитивные технологии. Материалы.	Подготовка к практическим занятиям. Выполнение индивидуального практического задания. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	21
4	Раздел 4. Аддитивные технологии. Перспективы развития.	Подготовка к практическим занятиям. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	17
Всего за 7 семестр			74

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
7			ВПЗ, КПос			ДР	КПос, ИПЗ			ДР		ИПЗ, КПос				ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- КПос – контроль посещаемости;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- контроль посещаемости;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Ляпков, А. А. Троян. . Полимерные аддитивные технологии. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
2. 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.
3. 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;
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:

1. Проектор.

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 *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-14 способность разрабатывать технологические процессы изготовления и сборки отсеков конструкции корпуса ракет с применением новых материалов и средств автоматизации технологических процессов в соответствии с единой системой конструкторской документации на базе современных программных комплексов.

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;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- контроль посещаемости;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 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 (1,2)	15
Итого по разделу 1		15
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	В. И. Кулик, А. С. Нилов. . Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (2,4)	21
Итого по разделу 2		21
Раздел 3. Аддитивные технологии. Материалы.		
Подготовка к практическим занятиям. Выполнение индивидуального практического задания. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	А. А. Ляпков, А. А. Троян. . Полимерные аддитивные технологии: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (1)	21
Итого по разделу 3		21
Раздел 4. Аддитивные технологии. Перспективы развития.		
Подготовка к практическим занятиям. 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 (4)	17
Итого по разделу 4		17

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- контроль посещаемости;
- индивидуальное практическое задание;
- дифференцированный 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.

Вопросы/задания по темам ПЗ

Аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы преподавателями, ведущими лекционные и практические занятия по дисциплине в форме собеседования по материалам текущего раздела. Перечень вопросов входит в состав УМК дисциплины

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

Дифференцированный зачет

Обучающийся имеет право на получение положительной оценки 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 в форме диагностических работ. Оценка за дифференцированный зачёт определяется по результатам индивидуальных практических заданий с учётом результатов успеваемости в форме диагностических работ и результатов посещаемости:

- 85 баллов и более - «зачтено-отлично»;
- 75-84 балла - «зачтено-хорошо»;
- 51-74 балла - «зачтено-удовлетворительно»;
- менее 51 балла - «не зачтено»

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		ПСК-14	
4	7	Раздел 1. Аддитивные технологии. История появления.	19	4	2	2	15	25	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Контроль посещаемости
4	7	Раздел 2. Аддитивные технологии, как инструмент быстрого прототипирования.	33	12	6	6	21	25	Индивидуальное практическое задание, Контроль посещаемости
4	7	Раздел 3. Раздел 3. Аддитивные технологии. Материалы.	31	10	5	5	21	25	Индивидуальное практическое задание, Контроль посещаемости
4	7	Раздел 4. Аддитивные технологии. Перспективы развития.	25	8	4	4	17	25	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Контроль посещаемости
Всего за 7 семестр			108	34	17	17	74	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	

Критерии оценивания

ПСК-14

Вопросы открытого типа:

- № 1 Аддитивные технологии это....
- № 2 Аддитивная технология Material Extrusion это...
- № 3 Для 3д модели в формате STL характерна...
- № 4 Технология Selective Laser Sintering(SLS) это?
- № 5 Для технологии Sheet Lamination характерно...
- № 6 Преимущества применения аддитивных технологий заключаются в....
- № 7 Суть технологии послойного наплавления FDM в том, что
- № 8 Слайсер для 3д печати это...
- № 9 Суть технологии селективного лазерного спекания в том, что.....
- № 10 Аддитивная технология LOM (Laminated Object Manufacturing) это.....

Вопросы закрытого типа:

- № 1 С помощью какого инструмента обрисовывался контур объекта в технологии фотоскульптуры?
 - A. Штангенциркуль
 - B. Шпатель
 - C. Пантограф
 - D. Линейка
- № 2 Какая аддитивная технология является самой распространённой на сегодняшний день?
 - A. SLS
 - B. FDM
 - C. SLA
 - D. LOM
- № 3 Какой материал применяется при использовании технологии лазерной стереолитографии (Stereolithography, SLA)?
 - A. Фотополимерные смолы
 - B. Эпоксидные смолы
 - C. Листовой пластик
 - D. Древесные смолы
- № 4 Выберите признак характерный для лазерной стереолитографии как аддитивной технологии?
 - A. Низкая точность печати
 - B. Высокое качество поверхности
 - C. Возможна печать только простых объектов
- № 5 Укажите диапазоны температур для 3D печати PETG пластиком?
 - A. Экструдер:100-150 °C/Стол:80-90 °C
 - B. Экструдер:100-150°C/Стол:20-30°C
 - C. Экструдер:225-235°C/Стол:80-90°C
 - D. Экструдер:300-320°C/Стол:180-190°C

- № 6 Какую аддитивную технологию необходимо применить для 3д печати силовых и сложно-профильных элементов корпуса ракет?
- A. SLM
 - B. FDM
 - C. SLA
 - D. LOM
- № 7 Сокращенное название пластика «Полилактид»?
- A. PLA
 - B. ABS
 - C. PETG
 - D. SBS
- № 8 Какие материалы используются для печати технологией FDM?
- A. Листовой пластик
 - B. Металлический пруток
 - C. Фотополимерная смола
 - D. Полимеры термопласты
- № 9 Укажите химическую формулу PETG пластика?
- A. $(C_9H_8O_2)_n$
 - B. $(C_{10}H_8O_4)_n$
 - C. $(C_5H_9O_9)_n$
 - D. $(C_{10}H_8O_3)_n$
- № 10 Какие материалы характерны для 3D печати технологией селективного лазерного спекания?
- A. Листовой пластик
 - B. Фотополимерная смола
 - C. Металлический порошок
 - D. Пластиковый пруток