Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра обработки металлов давлением и материаловедения ЕВРАЗ ЗСМК

УТВЕРЖДАЮ
Директор института технологий устойчивого развития
_____ А.В. Феоктистов
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Аддитивные технологии

12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»
(направленность (профиль): «Материалы и технологии в биотехнических системах»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2026

Новокузнецк
2026

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: 3ac043361902970c9a538ca69a96ec6362b22b98
Владелец: Директор ИЭиМ Феоктистов Андрей Владимирович
Действителен: с 13 ноября 2025 г. по 6 февраля 2027 г.
Дата и время: 20-11-2026 09:19:16 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– обеспечить обучающихся необходимыми знаниями и навыками в области аддитивных технологий для эффективного применения их при создании сложных деталей в области биотехнических систем и технологий.

Задачами учебной дисциплины являются:

– изучение основных существующих понятий и принципов, а также современных методов в области аддитивных технологий;
– ознакомление с различными методами и инструментами аддитивного производства, включая 3D-печать и другие современные технологии;
– разработка навыков моделирования и проектирования деталей для аддитивного производства в области биотехнических систем и технологий.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Введение в систему непрерывных улучшений;
– Введение в профессиональную деятельность;
– Основы проектной деятельности;
– Материаловедение;
– Моделирование процессов и объектов в производственных системах;
– Прочность и разрушение материалов.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Анализ и контроль качества материалов;
– Получение и свойства высокопрочных материалов.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Общепрофессиональные компетенции

Наименование категории	Код и наименование	Код и наименование	Планируемые результаты

(группы) ОПК	ОПК	индикатора достижения ОПК	обучения
Использование информационных технологий	ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.2 Принимает обоснованные технические решения в профессиональной деятельности	– знать: варианты современных технических решений и их возможность применения в профессиональной деятельности. – уметь: принимать современные технические решения в профессиональной деятельности.
		ОПК-4.3 Применяет современные информационные технологии для решения прикладных задач	– знать: принципы работы современных информационных технологий и их применение в профессиональной деятельности . – уметь: применять современные информационные технологии в профессиональной деятельности для решения прикладных задач.

4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		***ИТОГО***	***7 семестр***
Форма промежуточной аттестации			*зачет*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***144***	*144*
	зачетных единиц	***4***	*4*

Лекции, *академ. час.*	***32***	*32*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*	***0***	*0*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*	***32***	*32*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Курсовая работа / проект, *академ. час.*	***0***	*0*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*	***0***	*0*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*	***71***	*71*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*	***9***	*9*
в форме практической подготовки	***0***	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Понятие аддитивного производства (Краткая историческая справка. Развитие методов аддитивного производства металлов. Основные термины, используемые для обозначения аддитивных технологий.);

Раздел 2 Дизайн и 3D печать металлических и керамических имплантатов (Биосовместимые материалы, используемые в 3D печати. Компьютерная томография (КТ) для цифрового проектирования имплантатов. Программное обеспечение для проектирования и 3D печати имплантатов. 3D принтеры для производства металлических персонализированных имплантатов. Постобработка изделий АП медицинского назначения. Примеры дизайна и изготовления имплантатов.);

Раздел 3 Современные тренды 3D биопечати полимерными материалами (3D Печать органов и тканей. Применение 3D печати в акушерстве и гинекологии. 3D Печать хирургических и гинекологических инструментов. Применение 3D печати для получения персонализированных протезов. 3D Печать в образовательном процессе для медицинских специальностей.).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	Понятие аддитивного производства	8	
Раздел 2.	Дизайн и 3D печать металлических и керамических имплантатов	12	
Раздел 3.	Современные тренды 3D	12	

	биопечати полимерными материалами		
Итого:		**32**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1; Раздел 2; Раздел 3.	Аддитивные технологии и их применение.	32	
Итого:		**32**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	Темы курсовых работ (проектов)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию.	18	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию.	20	
Раздел 3.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Подготовка реферата.	33	

Контроль	*Подготовка к зачёту*	9	
Итого:		**80**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Контролируемые компетенции	Оценочные средства
Раздел 1.	ОПК-4	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Оценка участия в работе на лекционном занятии; 4. Тестовые задания
Раздел 2.	ОПК-4	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Оценка участия в работе на лекционном занятии; 4. Тестовые задания
Раздел 3.	ОПК-4	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Оценка участия в работе на лекционном занятии; 4. Тестовые задания
Зачет.	ОПК-4	1. Зачет на основе результатов текущего контроля

11 Входной контроль

11.1 Цель входного контроля − определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

11.2 Описание оценочных средств

Форма проведения входного контроля – тестирование.

Длительность тестирования – 20 минут.

Тестирование проводится в течение первых двух недель изучения учебной дисциплины в СУО СибГИУ.

Для проведения тестирования используются тестовые задания для входного контроля (для ответа на 1 вопрос, как правило, выделяется 1 минута).

Шкала оценивания результатов тестирования

За каждый правильный ответ выставляется 1 балл. Оценка выставляется в зависимости от процента правильных ответов:

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Процент результативности (правильных ответов)	Оценка
86 до 100	«отлично»
от 67до 85	«хорошо»
от 50 до 66	«удовлетворительно»
менее 50	«неудовлетворительно»

Основываясь на результатах тестирования, формируется индивидуальная траектория обучающегося (группы обучающихся), исходя из следующих соображений:

– 86 – 100 % – обучающийся готов к изучению учебной дисциплины без дополнительного повторения изученного ранее материала;

– 50 – 67 % – обучающийся в целом готов к изучению учебной дисциплины, требуется повторение отдельных вопросов(тем) изученного ранее материала, необходимого для успешного освоения учебной дисциплины;

– 49% и менее – обучающийся имеет слабую подготовку к изучению учебной дисциплины, необходимы корректирующие занятия и консультации.

Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся приведены в приложении.

12 Текущий контроль

12.1 Текущий контроль знаний используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО СибГИУ.

Формы проведения текущего контроля – вопросы для устного обсуждения (опроса); наблюдение за работой на практическом занятии; оценка участия в работе на лекционном занятии; тестовые задания.

12.2 Описание оценочных средств

Шкалы оценивания (методики оценки)

12.2.1 Рекомендации по оцениванию устных ответов обучающихся

С целью контроля и подготовки обучающихся к изучению новой темы в начале занятия лекционного типа (лекции) педагогическим работником проводится индивидуальный или фронтальный устный опрос по выполненным заданиям предыдущего раздела (темы).

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается умение грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);

– использование дополнительного материала (обязательное условие);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся:

– полно и аргументировано отвечает по содержанию задания;

– обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные;

– излагает материал последовательно и правильно.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1 – 2 ошибки, которые сам же исправляет.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но:

– излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;

– не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;

– излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному освоению последующего материала.

12.2.2 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня знаний и умений обучающегося, мотивирования обучающегося к активизации самостоятельной работы по усвоению учебного материала, выявления и устранения пробелов в знаниях, повышения дисциплины и организации учебной деятельности обучающегося.

Тестирование проводится в СУО СибГИУ в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Для тестирования используется 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины. Обучающийся выбирает один ответ из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Максимальный балл	Проходной балл	Оценка
20	не менее 18	отлично
17	не менее 14	хорошо
13	не менее 10	удовлетворительно
9	–	неудовлетворительно

12.2.3 Рекомендации по оцениванию участия обучающихся в работе на лекционных занятиях

Формирование у обучающихся добросовестного и ответственного отношения к собственному профессиональному образованию проявляется в обязательном его присутствии на лекционном занятии.

На лекционных занятиях происходит формирование информационной компетентности обучающихся, в том числе способности фиксировать информацию с помощью конспектирования учебного материала. Преподаватель на лекционных занятиях акцентирует внимание обучающихся на том, как необходимо оформлять конспект лекций в тетради. По окончании лекционных занятий

преподаватель осуществляет проверку тетрадей обучающихся и оценивает их.

Критерии оценки участия обучающихся в работе на лекционных занятиях

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов за одно лекционное занятие
Наличие у обучающихся добросовестного и ответственного отношения к собственному профессиональному образованию, выраженное в посещении лекций	0,5
Умение конспектировать учебный материал в тетради, в том числе: - материал изложен последовательно, четко и аккуратно - в конспекте имеются изученные темы, основные термины, схемы	0,5
Всего	1

Если по результатам оценки участия обучающийся в лекционных занятиях в среднем за семестр обучающийся набрал не менее 0,5 баллов, то ему выставляется оценка «зачтено», менее 0,5 баллов – «не зачтено».

12.2.4 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Наблюдение за работой на практическом занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями.	2,5
Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники.	1,25
Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении практической работы.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины приведены в приложении.

13 Промежуточная аттестация

13.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине предназначены для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяют определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: зачет.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: зачет на основе результатов текущего контроля.

13.2 Оценивание обучающегося на зачете

Оценка	Требования к знаниям
зачтено	Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения, а также имеет достаточно полное представление о значимости знаний по учебной дисциплине.
не зачтено	Оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет

Оценка	Требования к знаниям
	представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «не зачтено» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.

Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.

14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Советов, Б. Я. Моделирование систем : учебник для вузов / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. — 7-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 343 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20145-1. – URL: https://urait.ru/book/modelirovanie-sistem-582696 (дата обращения: 14.04.2026);

2 Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники : учебник для вузов / А. Л. Галиновский, Е. С. Голубев, Н. В. Коберник, А. С. Филимонов ; под общей редакцией А. Л. Галиновского. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 145 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16005-5. – URL: https://urait.ru/book/additivnye-tehnologii-v-proizvodstve-izdeliy-aerokosmicheskoy-tehniki-587827 (дата обращения: 14.04.2026);

3 Синявский, И.А. Материаловедение. Неметаллические материалы : учебное пособие / И.А. Синявский ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : СибГИУ, 2004. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrEduMethodSectionsEditionsFilesDownload.asp?lngSection=35&lngEdition=49&lngFile=49&strParent=LibrEduMethodSectionsEditionsFiles (дата обращения: 14.04.2026);

4 Аддитивные технологии в медицине : учебное пособие / В. В. Попов, Г. В. Муллер-Камский, С. И. Степанов, Ю. Н. Логинов, Е. В. Кудрявцева ; научный редактор Е. В. Кудрявцева ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2023. — 92. — ISBN 978-5-7996-3690-6. – URL: https://elar.urfu.ru/handle/10995/123410 (дата обращения: 16.11.2026).

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ : [коллекция «Эксплуатация железных дорог»] / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 –]. – URL: https://umczdt.ru/books/. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

8 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– T-FLEX CAD;
– КОМПАС-3D;
– Р7-Офис.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий), оснащенную компьютерной техникой (перечислить оборудование и технические средства обучения);
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (лабораторных работ), оснащенную муфельными печами и оснасткой для литья (перечислить оборудование и технические средства обучения);
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии».

Составитель(и):

ведущий инженер Горбатюк Екатерина Владимировна (кафедра обработки металлов давлением и материаловедения ЕВРАЗ ЗСМК);

доцент Строкина Ирина Владимировна (кафедра обработки металлов давлением и материаловедения ЕВРАЗ ЗСМК).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:

Заместитель главного врача
Новокузнецкой городской
клинической больницы №29, к.м.н. Баховудинов А.Х.

Приложение

Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся

Выберите один правильный ответ.

1. В каком агрегатном состоянии может находиться любое вещество?

1) в твердом, жидком, газообразном, плазма
2) кристаллическом
3) аморфном
4) сверхпластичном
5) хрупком

2. Влияние изменений, которые происходят в равновесной химической системе под влиянием внешних воздействий, определяется

1) принципом ЛеШателье
2) принципом квазистационарности
3) правилом Вант-Гоффа
4) правилом фаз Гиббса

3. Какие реакции называются гомогенными?

1) между веществами, находящимися в одной фазе
2) реакции, протекающие на поверхности раздела фаз
3) продукты реакции и исходные вещества находятся в одной фазе
4) продукты реакции и исходные вещества находятся в разных фазах

4. 7. Сколько составляет объем одного моль газа?

1) 22,4 литра
2) 1 литр
3) 44,8 литра
4) 0,1 литр

5. Кто открыл закон сохранения массы вещества?

1) Амадео Авогадро
2) Ломоносов М.В.
3) Гиббс Д.У.
4) Менделеев Д.И.

6. Какое представление о строении атома соответствует модели атома Резерфорда?

1) Ядро — в центре атома, заряд ядра положителен, большая часть массы атома сосредоточена в электронах.
2) Ядро — в центре атома, заряд ядра отрицателен, большая часть массы атома сосредоточена в электронной оболочке.

3) Ядро — в центре атома, заряд ядра положителен, большая часть массы атома сосредоточена в ядре.

4) Ядро — в центре атома, заряд ядра отрицателен, большая часть массы атома сосредоточена в ядре.

7. Среди перечисленных веществ к сложным веществам относится:

1) ацетон

2) аргон

3) ксенон

4) озон

8. Как называется наименьшая частица вещества, обуславливающая его свойства?

1) Атом

2) Ядро

3) Молекула

4) Ион

9. Что является продуктами в процессе обогащения полезных ископаемых?

1) Хвосты, в котором содержание ценных компонентов отсутствует;

2) Концентрат с содержанием ценных компонентов выше, чем в исходном сырье и хвосты;

3) Концентрат с содержанием ценных компонентов ниже, чем в исходном сырье и хвосты.

10. Что такое шлак?

1) это сплав сульфидов;

2) это сплав силицидов;

3) это сплав оксидов.

11. Алюминиевые сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью. Почему?

1) Из-за присутствия в сплавах Cu;

2) Из-за образования на поверхности изделий защитной пленки из Al_2O_3;

3) Из-за присутствия в сплавах Si.

12. Что такое пирометаллургические процессы?

1) Это процессы, происходящие при низких температурах;

2) Это процессы, происходящие при средних температурах без расплавления материала;

3) Это процессы, происходящие при высоких температурах, в основном, с расплавлением материала.

13. Гидрометаллургические процессы – это:

1) процессы, проводимые в жидких средах при температурах более 300 ^{0}C;

2) процессы, проводимые в жидких средах при температурах не более 300 ^{0}C;

3) процессы, проводимые в газовых средах при температурах не более 300 ^{0}C.

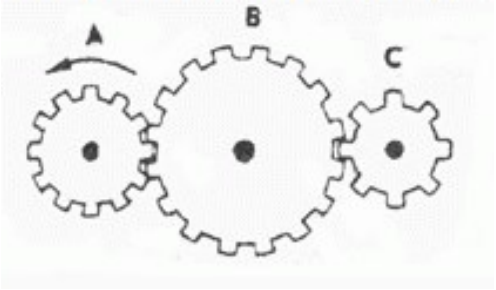
14. Единица измерения количества вещества?

1) кг
2) моль
3) количество молекул
4) л

15. Укажите молекулярную формулу этана:

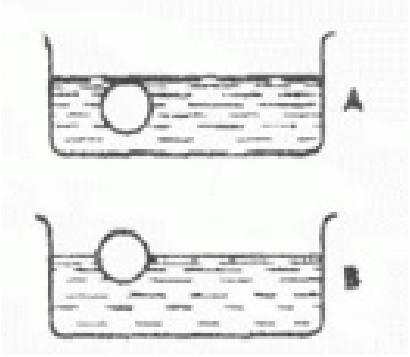
1) CH,
2) C_2H_4
3) C_2H_6,
4) CH_4.

16. Какая из шестерен вращается быстрее?



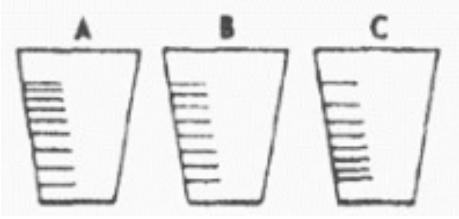
1) Шестерня A,
2) Шестерня B,
3) Шестерня C.

17. Одинаковый ли плотности заполнены емкости или одна из жидкостей более плотная, чем другая (шары одинаковые)?



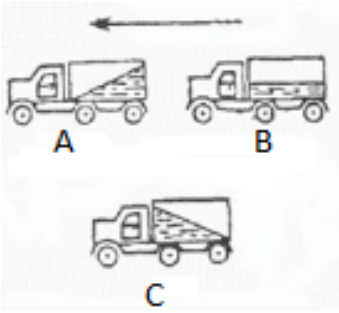
1) Обе жидкости одинаковые по плотности;
2) Жидкость A плотнее;
3) Жидкость B плотнее.

18. На какой емкости правильно нанесены риски, обозначающие равные объемы?



1) На емкости А,
2) На емкости В,
3) На емкости С.

19. Какая из машин с жидкостью в бочке тормозит?



1) Машина А;
2) Машина В;
3) Машина С.

20. Назовите исходные материалы для получения чугуна.
1) железная руда, топливо, флюс
2) железная руда, кокс
3) железная руда и руды цветных металлов
4) железная руда и пустая порода
5) железная руда, магнезит

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам учебной дисциплины

Раздел 1. Понятие аддитивного производства

Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1 С каких трех базовых технологий началась история современной 3D-печати в 1980–1990-х гг. и кто является их изобретателями?

2 В чем заключается принципиальная разница между сканирующей и проекционной стереолитографией (SLA)?

3 Каковы физические основы технологии FDM, ее преимущества и ограничения при изготовлении функциональных изделий?

4 Что представляет собой класс технологий синтеза порошка на подложке (PBF) и какие основные параметры определяют качество процесса SLS/SLM?

5 Какие требования предъявляются к металлическим порошкам для технологий SLM и EBM и чем они отличаются по фракционному составу?

6 Сравните технологии SLM и EBM (СЭЛС) по рабочей среде, уровню остаточных напряжений и необходимости последующей термообработки.

7 Какова роль технологических поддержек в процессе SLM и как осуществляется очистка деталей после печати в методе EBM?

8 Перечислите основные недостатки и технологические риски процесса селективного лазерного сплавления (SLM).

9 В чем состоит принцип прямого подвода энергии (DED) и чем отличаются его промышленные разновидности LENS и WAAM?

10 Почему технологии DED (LENS и WAAM) практически не применяются для изготовления персонализированных медицинских имплантатов?

Раздел 2. Дизайн и 3D печать металлических и керамических имплантатов

Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1 Какие основные группы биосовместимых материалов применяются в 3D-печати имплантатов и почему титановые сплавы (в частности Ti-6Al-4V) занимают лидирующие позиции?

2 На какие четыре основные клинические категории делятся персонализированные медицинские имплантаты, изготавливаемые методами АП?

3 Зачем в архитектуру металлических имплантатов вводят сетчатые (ячеистые) структуры и что такое «эффект экранирования напряжений»?

4 Опишите полный цифровой рабочий процесс создания персонализированного имплантата от обследования пациента до операции.

5 Каковы функции программных пакетов линейки Materialise (Mimics, 3-Matic, Magics) при подготовке 3D-печати имплантатов?

6 Чем различаются модели электронно-лучевых 3D-принтеров Arcam EBM (A2X, Q10, Q20, Spectra) и какую роль играет система Q-Cam?

7 Зачем для имплантатов применяют горячее изостатическое прессование (ГИП) и в каких клинических случаях оно особенно необходимо?

8 Каковы режимы стандартной термической обработки сплава Ti-6Al-4V после лазерной печати (SLM) и какие фазовые превращения при этом происходят?

9 По какому принципу врач и инженер определяют, какие поверхности имплантата следует отполировать, а какие оставить шероховатыми?

10 На примере клинических кейсов из главы 2 (ключица, нижняя челюсть, стопа, вертлужная впадина) объясните, какие конструктивные и технологические решения обеспечивают успех имплантации.

Раздел 3. Современные тренды 3D биопечати полимерными материалами

Устный опрос на лекции

1 Что такое 3D-биопечать, какие компоненты используются в качестве «биочернил» и «бумаги» и какие три основные технологии биопечати выделяют?

2 С какими ключевыми научными и технологическими проблемами сталкивается современная тканевая инженерия при создании скаффолдов и органов?

3 Какие основные факторы стимулируют стремительный рост мирового рынка 3D-биопечати и тканевой инженерии?

4 Приведите примеры применения 3D-печати в гинекологии и онкогинекологии для персонализированной терапии и доставки лекарств.

5 Какую роль играют 3D-печатные модели в пренатальной диагностике и перинатальной медицине?

6 В чем преимущества 3D-печати индивидуальных хирургических и гинекологических инструментов?

7 Чем отличаются статические и динамические протезы, изготавливаемые с применением 3D-печати, и какую роль в них играет аддитивное производство?

8 Почему в детской реабилитации при ампутации конечностей важна визуальная и игровая кастомизация 3D-печатных протезов (на примере проекта Hero Arm)?

9 Что такое аугментативные («дополняющие») устройства в протезировании и что продемонстрировал проект «Третий большой палец» (Third Thumb)?

10 Как 3D-печать анатомических моделей повышает качество медицинского образования и симуляционного обучения?

3 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в

рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО
СибГИУ.

Раздел 1. Понятие аддитивного производства

Перечень вопросов для тестирования.

Вопрос 1. [Выбор одного правильного ответа]

Какая технология аддитивного производства относится к группе DED (Directed Energy Deposition — прямой подвод энергии и материала)?

А) LENS (Laser Engineered Net Shaping)

Б) SLA (Stereolithography)

В) PolyJet / Material Jetting

Г) LOM (Laminated Object Manufacturing)

Вопрос 2. [Заполнение пропуска]

Впишите пропущенный термин: Способность материала имплантата формировать прямую структурную и функциональную связь с живой костной тканью без образования фиброзной капсулы называется _____.

Вопрос 3. [Выбор одного правильного ответа]

В какой рабочей среде проводится процесс электронно-лучевого сплавления (EBM) металлических порошков?

А) На открытом воздухе при комнатной температуре

Б) В камере с глубоким вакуумом при повышенной температуре подогрева подложки

В) В ванне с жидким фотополимером

Г) В среде углекислого газа под высоким давлением

Вопрос 4. [Множественный выбор]

Какие факторы влияют на качество и плотность детали при селективном лазерном сплавлении (SLM) металлических порошков? (Выберите три правильных ответа.)

А) Мощность лазерного излучения и скорость сканирования

Б) Толщина наносимого слоя порошка и шаг штриховки (hatch spacing)

В) Стратегия сканирования (поворот векторов от слоя к слою)

Г) Цвет корпуса 3D-принтера и освещенность операторской комнаты

Д) Использование бытового клея ПВА для фиксации титановой платформы

Вопрос 5. [Заполнение пропуска]

Впишите пропущенный термин: Временные технологические элементы конструкции, генерируемые в ПО подготовки печати для

удержания нависающих участков модели и отвода тепла в процессе послойного построения, называются _____.

Вопрос 6. [Установление соответствия]

Установите соответствие между аббревиатурой технологии 3D-печати и используемым источником энергии или способом консолидации материала:

Элемент / Технология / Материал	**Характеристика / Принцип / Применение**
1. SLM (Selective Laser Melting)	А. Электронный пучок в условиях глубокого вакуума
2. EBM (Electron Beam Melting)	Б. Лазерный луч высокой мощности в среде инертного газа (аргона или азота)
3. WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing)	В. Электрическая дуга (или плазма) при плавлении металлической проволоки
4. SLS (Selective Laser Sintering)	Г. Лазерное спекание полимерных или композитных порошков без полного расплавления

Ответ: 1 — ___; 2 — ___; 3 — ___; 4 — ___.

Вопрос 7. [Выбор одного правильного ответа]

Какой базовый формат файла является отраслевым стандартом для передачи триангулированной поверхностной 3D-модели в программное обеспечение подготовки печати (слайсеры)?

А) DICOM
Б) STL
В) JPEG
Г) PDF

Вопрос 8. [Открытый вопрос (цифровой маршрут)]

Перечислите в правильной логической последовательности основные этапы цифрового моделирования при подготовке индивидуального медицинского изделия к 3D-печати (от обследования пациента до запуска печати).

Вопрос 9. [Открытый вопрос (терминология)]

Что такое «эффект экранирования напряжений» (stress shielding) в ортопедии и почему он возникает при установке сплошных (монолитных) металлических имплантатов?

Вопрос 10. [Открытый вопрос (материаловедение)]

Назовите два основных типа дефектов микроструктуры, которые могут возникать в металлических изделиях при нарушении режимов лазерного сплавления (SLM), и кратко поясните причину их образования.

Вопрос 11. [Установление соответствия]

Установите соответствие между группой биоматериалов в аддитивной медицине и характерным примером их клинического применения:

Элемент / Технология / Материал	**Характеристика / Принцип / Применение**
1. Титановые сплавы (например, Ti-6Al-4V ELI)	А. Предоперационные анатомические модели, хирургические направители, индивидуальные ортезы
2. Биорезорбируемые полимеры (PLA, PCL, PLGA)	Б. Нагружаемые ортопедические, спинальные и черепно-лицевые имплантаты
3. Кальций-фосфатная керамика (гидроксиапатит, трикальцийфосфат)	В. Временные скаффолды (матриксы) для тканевой инженерии и контролируемой доставки лекарств
4. Биосовместимые фотополимеры и конструкционные термопласты (PEEK, нейлон)	Г. Костнопластические материалы и остеокондуктивные каркасы для замещения дефектов костной ткани

Ответ: 1 — ___; 2 — ___; 3 — ___; 4 — ___.

Вопрос 12. [Установление соответствия]

Установите соответствие между технологическим этапом постобработки изделий, полученных методом SLM, и его основным назначением:

Элемент / Технология / Материал	**Характеристика / Принцип / Применение**
1. Термическая обработка (отжиг в вакууме или инертной среде)	А. Удаление нерасплавленного порошка из внутренних каналов и пор изделия
2. Горячее изостатическое прессование (ГИП / HIP)	Б. Снятие остаточных термических напряжений перед отделением детали от платформы построения
3. Ультразвуковая очистка и пескоструйная обработка	В. Снижение шероховатости поверхности до заданных параметров чистоты

4. Механическая или электрохимическая полировка	Г. Устранение остаточной внутренней микропористости и повышение усталостной прочности металла

Ответ: 1 — ___; 2 — ___; 3 — ___; 4 — ___.

Вопрос 13. [Заполнение пропуска]

Впишите пропущенный термин: Технология послойного наплавления термопластичной нити через нагреваемое сопло, запатентованная Скоттом Крампом (основателем компании Stratasys) в 1989 году, в англоязычной литературе обозначается аббревиатурой _____.

Вопрос 14. [Множественный выбор]

Какие задачи решает этап «сегментации» при работе с данными компьютерной томографии (КТ) в медицинском 3D-моделировании? (Выберите два правильных ответа.)

А) Выделение интересующих анатомических структур (костей, сосудов, опухолей) по плотности в единицах Хаунсфилда (HU)

Б) Удаление артефактов от металлических конструкций и шумов томографа для построения корректной 3D-маски

В) Физическое удаление поддержек с готового металлического имплантата после печати

Г) Вакуумный отжиг для снятия остаточных термических напряжений

Вопрос 15. [Установление соответствия]

Установите соответствие между биосовместимым материалом и его ключевой особенностью в медицинском аддитивном производстве:

Элемент / Технология / Материал	**Характеристика / Принцип / Применение**
1. PEEK (полиэфирэфиркетон)	А. Биорезорбируемый металл, постепенно растворяющийся в организме с замещением костной тканью
2. Сплавы на основе магния (Mg)	Б. Высокотемпературный конструкционный термопласт, рентгенопрозрачный, близкий по модулю упругости к кости
3. Сплав Co-Cr-Mo (кобальт-хром-молибден)	В. Высокая износостойкость и твердость, применяется в стоматологии и элементах эндопротезов суставов

4. Трикальцийфосфат (TCP)	Г. Биоактивная керамика, обладающая остеокондуктивными свойствами и способностью к биодеградации

Ответ: 1 — ___; 2 — ___; 3 — ___; 4 — ___.

Вопрос 16. [Выбор одного правильного ответа]

Какой метод получения сферических металлических порошков для аддитивного производства основан на распылении расплава металла струей инертного газа высокого давления?

А) Механический размол в шаровой мельнице

Б) Газовая атомизация (Gas Atomization)

В) Электрохимическое осаждение

Г) Холодное прессование в пресс-форме

Вопрос 17. [Установление соответствия]

Установите соответствие между категорией аддитивных технологий по стандарту ISO/ASTM 52900 и принципом формирования слоя:

Элемент / Технология / Материал	**Характеристика / Принцип / Применение**
1. Vat Photopolymerization (фотополимеризация в ванне)	А. Селективное расплавление или спекание частиц порошка в слое с помощью тепловой энергии (лазера или электронного луча)
2. Powder Bed Fusion (синтез на подложке)	Б. Послойная экструзия расплавленного материала или пасты через фильеру (сопло)
3. Material Extrusion (экструзия материала)	В. Селективное отверждение жидкого фотополимера под действием УФ-излучения
4. Binder Jetting (струйное нанесение связующего)	Г. Избирательное нанесение жидкого клеящего реагента на слой порошкового материала

Ответ: 1 — ___; 2 — ___; 3 — ___; 4 — ___.

Вопрос 18. [Заполнение пропуска]

Впишите пропущенный термин: Конструкции из повторяющихся элементарных ячеек (гироид, алмаз, октет и др.), проектируемые внутри имплантата для снижения его жесткости и обеспечения прорастания костной ткани, называются _____ структурами (или решетчатыми структурами).

Вопрос 19. [Открытый вопрос (терминология)]

Дайте краткое определение термину «аддитивное производство» (Additive Manufacturing) и укажите его принципиальное отличие от традиционных субтрактивных методов обработки (фрезерования, точения).

Вопрос 20. [Выбор одного правильного ответа]

Какой полимер является наиболее распространенным биоразлагаемым термопластом для печати методом FDM/FFF в медицинских прототипах и учебных анатомических моделях?

А) Полилактид (PLA)

Б) Политетрафторэтилен (PTFE)

В) Поливинилхлорид (PVC)

Г) Фенолформальдегидная смола

Вопрос 21. [Заполнение пропуска]

Впишите пропущенную аббревиатуру: Исходные данные медицинских томографов (КТ и МРТ) для последующей 3D-реконструкции анатомических структур пациента сохраняются и передаются в международном медицинском стандарте _____.

Вопрос 22. [Множественный выбор]

Какие преимущества обеспечивают аддитивные технологии в современной клинической медицине по сравнению с серийным производством имплантатов? (Выберите три правильных ответа.)

А) Индивидуализация геометрии изделия под конкретную анатомию пациента по данным КТ/МРТ

Б) Возможность изготовления сложных биомиметических ячеистых (пористых) структур для улучшенной остеоинтеграции

В) Полное отсутствие необходимости в стерилизации и постобработке изделий после извлечения из камеры принтера

Г) Сокращение сроков предоперационного планирования за счет печати анатомических фантомов и хирургических шаблонов

Д) Возможность прямой 3D-печати металлических имплантатов в бытовых условиях без контроля качества

Вопрос 23. [Выбор одного правильного ответа]

Кто в 1984 году подал патент на технологию стереолитографии (SLA), положившую начало коммерческому развитию аддитивного производства?

А) Скотт Крамп (Scott Crump)

Б) Чарльз Халл (Charles Hull)

В) Карл Декард (Carl Deckard)

Г) Эмануэль Сакс (Emanuel Sachs)

Вопрос 24. [Множественный выбор]

Какие из перечисленных требований предъявляются к металлическим порошкам для технологий селективного лазерного сплавления (SLM) и электронно-лучевого сплавления (EBM) при изготовлении медицинских изделий? (Выберите три правильных ответа.)

А) Высокая сферичность частиц, обеспечивающая хорошую текучесть и равномерную укладку слоя

Б) Узкий гранулометрический состав с минимальной долей сателлитов и внутренних газовых пор

В) Максимально высокое содержание кислорода и азота для повышения хрупкости сплава

Г) Строго контролируемый химический состав (например, соответствие стандартам ASTM F136 / F3001 для Ti-6Al-4V ELI)

Д) Крупный размер частиц (более 500 мкм) для ускорения процесса наплавки

Вопрос 25. [Выбор одного правильного ответа]

В чем заключается ключевое отличие 3D-биопечати (3D Bioprinting) от классической 3D-печати полимерами?

А) В использовании исключительно металлических порошков титана и кобальт-хрома

Б) В применении «биочернил» (bioinks), содержащих живые клетки и биосовместимые гидрогели, для создания живых тканеинженерных конструкций

В) В нагреве экструдера до температуры выше 1000 °C

Г) В отказе от использования цифровых 3D-моделей

Раздел 2. Дизайн и 3D печать металлических и керамических имплантатов

Перечень вопросов для тестирования:

Вопрос 1. [Выбор одного правильного ответа]

Какое биомеханическое явление возникает при установке сплошного металлического имплантата с модулем упругости, значительно превышающим модуль упругости нативной кости (например, ~110 ГПа у Ti-6Al-4V против 10–30 ГПа у кортикальной кости), и приводит к резорбции прилегающей костной ткани?

А) Эффект экранирования напряжений (stress shielding)

Б) Гальваническая коррозия в биологической среде

В) Термическая усталость кристаллической решетки

Г) Остеоиндуктивная гиперплазия надкостницы

Вопрос 2. [Установление соответствия]

Установите соответствие между этапами цифрового проектирования индивидуального имплантата в программном комплексе Materialise и их функциональным назначением:

Элемент / Этап / Материал	Характеристика / Функция
1. Импорт и сегментация данных КТ/МРТ в среде Mimics	А) Распределение поддержек, ориентация детали в камере построения и нарезка на слои
2. Топологическая и ячеистая оптимизация в среде 3-Matic	Б) Преобразование послойных снимков DICOM в трехмерную полигональную анатомическую модель
3. Подготовка рабочей платформы и поддержек в среде Magics	В) Проверка прочности и распределения механических напряжений при физиологической нагрузке
4. Конечно-элементный анализ (FEA) нагрузок	Г) Проектирование геометрии имплантата, сглаживание сетки и заполнение объема пористыми ячейками

Ответ: 1 – ___, 2 – ___, 3 – ___, 4 – ___.

Вопрос 3. [Заполнение пропуска]

Впишите недостающее значение или термин:

Для успешного прорастания кровеносных сосудов и формирования новой костной ткани (остеоинтеграции) в пористой структуре 3D-печатного титанового имплантата оптимальный размер пор составляет от _____ до _____ мкм, а общая пористость обычно находится в диапазоне 50–80 %.

Вопрос 4. [Выбор нескольких правильных ответов]

Какие аддитивные технологии применяются для изготовления персонализированных керамических имплантатов и скаффолдов (на основе гидроксиапатита, трикальцийфосфата, диоксида циркония) с последующим обжигом (спеканием)? (Выберите 3 варианта)

А) Стереолитография / цифровая светодиодная проекция керамических суспензий (SLA / DLP / LCM)

Б) Струйное нанесение связующего на порошковый слой (Binder Jetting / 3DP)

В) Электронно-лучевое сплавление в вакууме (EBM)

Г) Экструзионная 3D-печать керамическими пастами (Robocasting / DIW)

Д) Дуговая проволочная наплавка (WAAM)

Вопрос 5. [Открытый вопрос (краткий ответ)]

Кратко поясните, в чем заключается принципиальное отличие персонализированных (пациент-специфических) имплантатов, создаваемых с помощью аддитивных технологий, от серийных

стандартных имплантатов, применявшихся в хирургии ранее (назовите не менее двух ключевых преимуществ для пациента и хирурга).

Вопрос 6. [Выбор одного правильного ответа]

Какие металлические материалы относятся к перспективному классу биорезорбируемых (биодеградируемых) сплавов, способных постепенно растворяться в организме по мере заживления костного дефекта без необходимости повторной операции по извлечению?

А) Сплавы на основе магния (Mg) и цинка (Zn)

Б) Кобальт-хром-молибденовые сплавы (Co-Cr-Mo)

В) Технически чистый титан Grade 4 и сплав Ti-6Al-4V

Г) Аустенитная нержавеющая сталь 316L

Вопрос 7. [Заполнение пропуска]

Впишите термин:

Метод термомеханической постобработки металлических 3D-печатных имплантатов, при котором изделие подвергается одновременному воздействию высокой температуры и всестороннего давления инертного газа (аргона) для залечивания внутренних остаточных пор и повышения усталостной прочности, называется _____ (аббревиатура ГИП).

Вопрос 8. [Установление соответствия]

Установите соответствие между биоматериалом и типом его взаимодействия с живыми тканями организма:

Элемент / Этап / Материал	**Характеристика / Функция**
1. Оксид алюминия (Al_2O_3) и диоксид циркония (ZrO_2)	А) Биоактивный материал (формирует прямую химическую связь с костью)
2. Синтетический гидроксиапатит (ГА) и биостекло	Б) Биорезорбируемый материал (постепенно замещается новообразованной костной тканью)
3. Трикальцийфосфат (β-TCP)	В) Биоинертная керамика (минимальный отклик тканей, высокая износостойкость узлов трения)
4. Сплав Ti-6Al-4V ELI	Г) Биоинертный металлический сплав (формирует стабильную оксидную пленку TiO_2)

Ответ: 1 – ___, 2 – ___, 3 – ___, 4 – ___.

Вопрос 9. [Выбор одного правильного ответа]

В чем состоит ключевое технологическое преимущество электронно-лучевого сплавления (EBM) перед селективным лазерным

сплавлением (SLM) при печати массивных титановых имплантатов со сложной геометрией?

А) Процесс идет в вакууме при высокой температуре подогрева камеры (около 600–750 °C), что минимизирует остаточные термические напряжения и коробление деталей

Б) EBM позволяет печатать керамические и полимерные имплантаты без использования связующего

В) Поверхность изделий после EBM получается зеркально гладкой и не требует очистки от порошка

Г) Установка EBM не требует вакуумного оборудования и работает на открытом воздухе

Вопрос 10. [Выбор нескольких правильных ответов]

Какие требования предъявляются к исходным данным компьютерной томографии (КТ) при проектировании высокоточных персонализированных имплантатов? (Выберите 3 варианта)

А) Малая толщина среза (желательно не более 0,5–1,0 мм) для высокой детализации костных структур

Б) Сохранение и передача снимков в стандартизированном медицинском формате DICOM

В) Отсутствие выраженных металлических артефактов от зубных коронок или ранее установленных конструкций в зоне интереса

Г) Обязательное сжатие снимков в формат JPEG с потерей качества перед импортом

Д) Проведение сканирования исключительно с толщиной среза 5–10 мм

Вопрос 11. [Открытый вопрос (краткий ответ)]

Что такое трижды периодические поверхности минимальной кривизны (TPMS, например, структура гироида) и почему они широко применяются при проектировании пористых зон металлических и керамических имплантатов?

Вопрос 12. [Выбор одного правильного ответа]

Какая технологическая проблема является главной при производстве керамических имплантатов методом стереолитографии (SLA/DLP) из фотополимерной суспензии, наполненной керамическим порошком?

А) Риск растрескивания и анизотропная усадка изделия на этапах термического удаления полимерного связующего (дебайндинга) и высокотемпературного спекания

Б) Окисление керамики на воздухе с образованием токсичных солей титана

В) Невозможность придать заготовке сложную криволинейную форму до спекания

Г) Слишком низкая твердость готовой керамики по сравнению с мягкими тканями

Вопрос 13. [Заполнение пропуска]

Впишите расшифровку или пояснение:

В медицинской имплантологии вместо технического сплава Ti-6Al-4V (Grade 5) предпочтительно используют его медицинскую модификацию Ti-6Al-4V ELI (Grade 23). Аббревиатура ELI (Extra Low Interstitials) означает пониженное содержание примесей внедрения, прежде всего _____, азота и углерода, что повышает пластичность и вязкость разрушения сплава.

Вопрос 14. [Установление соответствия]

Установите соответствие между операцией постобработки 3D-печатных металлических имплантатов и решаемой ею задачей:

Элемент / Этап / Материал	**Характеристика / Функция**
1. Вакуумный отжиг (термообработка)	А) Удаление слабо спеченных частиц порошка из внутренних пор и снижение шероховатости
2. Ультразвуковая очистка и химическое/электрохимическое травление	Б) Обеспечение высокой точности сопряжения резьбовых отверстий и суставных поверхностей
3. Механическая обработка (ЧПУ-фрезерование) посадочных мест	В) Снятие остаточных термических напряжений и формирование однородной микроструктуры сплава
4. Нанесение биоактивных покрытий (например, кальций-фосфатных)	Г) Ускорение биологической фиксации и остеоинтеграции на границе «кость — имплантат»

Ответ: 1 – ___, 2 – ___, 3 – ___, 4 – ___.

Вопрос 15. [Выбор нескольких правильных ответов]

В каких клинических направлениях персонализированные металлические и керамические 3D-печатные имплантаты, рассмотренные во второй главе пособия, нашли наибольшее практическое применение? (Выберите 3 варианта)

А) Челюстно-лицевая хирургия и реконструкция дефектов черепа (краниопластика)

Б) Ревизионное эндопротезирование крупных суставов (например, вертлужной впадины тазобедренного сустава) и онкоортопедия

В) Спинальная хирургия (индивидуальные межтеловые кейджи и протезы позвонков)

Г) Изготовление мягких контактных линз и глазных капель

Д) Замена магистральных кровеносных сосудов большого круга кровообращения

Вопрос 16. [Выбор одного правильного ответа]

Кто из ученых в 1950-х годах открыл явление остеоинтеграции титана (прочного сращения живой костной ткани с поверхностью титанового имплантата), заложив фундамент современной металлической имплантологии?

А) Пер-Ингвар Бранемарк

Б) Чарльз (Чак) Халл

В) Карл Декард

Г) Гавриил Абрамович Илизаров

Вопрос 17. [Заполнение пропуска]

Впишите название формата файла:

После сегментации костных структур по данным компьютерной томографии трехмерная поверхностная модель анатомической области и будущего имплантата сохраняется в виде триангулированной полигональной сетки в формате _____, который является стандартом для передачи геометрии в ПО подготовки 3D-печати.

Вопрос 18. [Открытый вопрос (краткий ответ)]

Почему неполное удаление нерасплавленных или слабо припеченных частиц металлического порошка из глубоких пор 3D-печатного имплантата представляет серьезную клиническую опасность после установки изделия пациенту?

Вопрос 19. [Выбор одного правильного ответа]

Какое свойство тантала (Ta) делает его ценным биоматериалом для пористых ортопедических имплантатов, несмотря на высокую стоимость и высокую температуру плавления (~3017 °C)?

А) Исключительная коррозионная стойкость, высокая биосовместимость и выраженная остеокондуктивность трабекулярных структур

Б) Способность полностью растворяться в организме за 3–4 недели

В) Низкая плотность (легче алюминия и магния)

Г) Возможность печати на настольных пластиковых FDM-принтерах

Вопрос 20. [Установление соответствия]

Установите соответствие между приемами цифрового 3D-моделирования в клинической практике и решаемыми ими задачами:

Элемент / Этап / Материал	**Характеристика / Функция**
1. Зеркальное отображение (Mirroring)	А) Восстановление геометрии разрушенного участка черепа или челюсти по симметричной здоровой стороне

2. Проектирование режущих хирургических шаблонов (гайдов)	Б) Обеспечение точной резекции пораженной кости по заданной плоскости в ходе операции
3. Проектирование крепежных фланцев с отверстиями под винты	В) Первичная механическая фиксация имплантата к сохранившейся костной ткани пациента
4. Виртуальная предоперационная примерка (Virtual Surgery)	Г) Проверка правильности посадки имплантата и отсутствия конфликта с сосудами и нервами до операции

Ответ: 1 – ___, 2 – ___, 3 – ___, 4 – ___.

Вопрос 21. [Выбор нескольких правильных ответов]

Какие технологические параметры лазерного сплавления (SLM) непосредственно определяют плотность, отсутствие дефектов непровара и механические свойства металлического имплантата? (Выберите 3 варианта)

А) Мощность лазерного излучения и скорость сканирования луча

Б) Расстояние между соседними треками сканирования (шаг штриховки / hatch spacing) и толщина слоя порошка

В) Гранулометрический состав, сферичность и текучесть металлического порошка

Г) Цвет защитного стекла смотрового окна камеры принтера

Д) Количество полигонов в исходном файле DICOM до сегментации

Вопрос 22. [Выбор одного правильного ответа]

Какое молярное соотношение кальция к фосфору (Ca/P) характерно для стехиометрического гидроксиапатита $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$, являющегося основным минеральным аналогом неорганического матрикса кости человека?

А) 1,67

Б) 1,00

В) 0,50

Г) 2,50

Вопрос 23. [Заполнение пропуска]

Впишите термин:

Способность пористой поверхности имплантата служить пассивным каркасом (матрицей), по которому происходит прикрепление, миграция остеобластов и прорастание новой костной ткани, называется _____ (в отличие от остеоиндукции — активной стимуляции дифференцировки стволовых клеток в остеобласты).

Вопрос 24. [Открытый вопрос (краткий ответ)]

С какой целью при создании современных персонализированных имплантатов применяют комбинированный (гибридный) подход, сочетающий 3D-печатный металлический каркас с биокерамическими компонентами или полимерными/антибактериальными покрытиями?

Вопрос 25. [Выбор одного правильного ответа]

Почему при ориентации персонализированного имплантата на платформе построения 3D-принтера инженер-конструктор должен учитывать направление действия основных физиологических нагрузок?

А) Из-за послойного характера синтеза 3D-печатные материалы обладают анизотропией механических свойств (прочность и пластичность вдоль и поперек слоев построения различаются)

Б) Ориентация на платформе влияет только на цвет готового титанового изделия

В) При вертикальной ориентации полностью отключается лазерное излучение

Г) Неправильная ориентация изменяет химическую формулу сплава Ti-6Al-4V на нержавеющую сталь

Раздел 3. Современные тренды 3D биопечати полимерными материалами

Перечень вопросов для тестирования:

1. [Выбор одного правильного ответа]. Какой этап в истории развития аддитивных технологий принято считать моментом зарождения 3D-биопечати живыми клетками?

А) Изобретение метода экструзии термопластичной нити (FDM) в конце 1980-х годов

Б) Адаптация коммерческих струйных принтеров в начале 2000-х годов для капельного нанесения клеточных суспензий на гидрогелевую подложку

В) Появление первых промышленных систем селективного лазерного сплавления металлов (SLM)

Г) Разработка настольных фотополимерных принтеров для стоматологических лабораторий

2. [Заполнение пропуска] Трехмерная пористая матрица-каркас из биосовместимых полимеров, обеспечивающая механическую поддержку, адгезию и пролиферацию клеток при формировании новой ткани, называется _____.

3. [Выбор нескольких правильных ответов]

Какие три базовые технологии биопринтинга выделяются в разделе 3 в качестве основных при работе с биочернилами и полимерными матрицами? (Выберите несколько правильных ответов)

А) Струйная (капельная) биопечать (Inkjet bioprinting)

Б) Экструзионная биопечать (Extrusion-based bioprinting)

В) Лазерно-индуцированный перенос / фотополимеризация (Laser-assisted / SLA bioprinting)

Г) Электронно-лучевое сплавление (EBM)

Д) Плазменное напыление порошков

4. [Установление соответствия]

Установите соответствие между технологиями биопечати (левый столбец) и их характерными особенностями (правый столбец):

Элемент / Понятие	Характеристика / Назначение
1) Струйная биопечать	А) Непрерывное выдавливание вязких гидрогелей с высокой плотностью клеток через сопло
2) Экструзионная биопечать	Б) Бесконтактный перенос микрокапель без сопла за счет импульса лазера, исключающий засорение
3) Лазерно-индуцированная биопечать	В) Высокая скорость формирования пиколитровых капель с помощью термического или пьезоэлектрического актуатора

Ответ: 1 — ___ 2 — ___ 3 — ___

5. [Выбор одного правильного ответа]. Какой метод 3D-печати рассматривается в разделе 3 для изготовления вагинальных колец с контролируемым высвобождением прогестерона в гинекологии?

А) Селективное лазерное спекание полиамида (SLS)

Б) Моделирование методом послойного наплавления (FDM) из биосовместимых термопластов

В) Прямое лазерное спекание металлов (DMLS)

Г) Струйная печать гипсовым порошком (3DP)

6. [Открытый вопрос (краткий ответ)]

Дайте определение термину «скаффолд» в контексте тканевой инженерии и объясните, почему пористость и биодеградируемость являются для него критически важными свойствами.

7. Выбор нескольких правильных ответов.

Какие задачи в акушерстве и гинекологии решаются с помощью индивидуальных 3D-печатных полимерных моделей, созданных на основе данных МРТ и УЗИ? (Выберите несколько правильных ответов)

А) Предоперационное планирование с учетом аберрантной сосудистой сети и геометрии опухоли

Б) Изготовление тактильных моделей плода для психоэмоциональной поддержки незрячих и слабовидящих будущих родителей

В) Обучение студентов-медиков и ординаторов на анатомически точных фантомах

Г) Замена естественного плацентарного барьера на всем протяжении беременности

8. [Заполнение пропуска]

Процесс выделения целевых анатомических структур (органов, опухолей, сосудов) на послойных медицинских изображениях КТ, МРТ или УЗИ для построения трехмерной цифровой модели называется _____.

9. [Выбор одного правильного ответа].

Какое преимущество дают индивидуальные 3D-печатные анатомические модели при подготовке пациенток к сложным гинекологическим операциям?

А) Полностью отменяют необходимость в проведении лабораторных анализов крови

Б) Позволяют наглядно продемонстрировать пациентке ход вмешательства, снижая уровень предоперационной тревожности и повышая осознанность информированного согласия

В) Сокращают длительность послеоперационной реабилитации за счет прямого вживления модели в малый таз

Г) Заменяют общий наркоз при полостных операциях

10. [Установление соответствия]

Установите соответствие между этапами создания физической анатомической модели для клинической практики и содержанием работ на каждом этапе:

Элемент / Понятие	Характеристика / Назначение
1) Сбор диагностических данных	А) Удаление поддерживающих структур, шлифовка, окрашивание или стерилизация изделия
2) Сегментация и 3D-реконструкция	Б) Получение послойных томограмм (DICOM) или объемных данных УЗИ
3) Постобработка напечатанной модели	В) Выделение контуров органов и экспорт полигональной сетки в

	формат STL

Ответ: 1 — ___ 2 — ___ 3 — ___

11. Выбор нескольких правильных ответов.

Какие технологические и биологические барьеры сдерживают широкое клиническое внедрение 3D-биопечати полноценных васкуляризированных органов? (Выберите несколько правильных ответов)

А) Сложность формирования разветвленной капиллярной сети для питания клеток в глубине крупного конструкта

Б) Механические напряжения сдвига в сопле, способные повреждать живые клетки при экструзии

В) Необходимость одновременного поддержания стерильности, температуры и оптимальной реологии биочернил

Г) Полное отсутствие биосовместимых природных и синтетических гидрогелей

12. [Выбор одного правильного ответа]. В чем заключается главная особенность бионического протеза верхних конечностей «Hero Arm» (Open Bionics), рассмотренного в разделе 3?

А) Это пассивный косметический протез без подвижных суставов

Б) Это легкий, доступный по цене миоэлектрический протез, напечатанный на 3D-принтере с учетом индивидуальной анатомии и дизайном, адаптированным в том числе для детей

В) Это имплантируемый титановый эндопротез плечевой кости

Г) Это пневматический экзоскелет для нижних конечностей весом более 15 кг

13. [Заполнение пропуска]

Протезы, способные выполнять активные захваты и движения за счет передачи механического усилия от сохранившихся суставов (тяговые) или считывания электрических сигналов мышц (миоэлектрические), называются _____ протезами.

14. [Открытый вопрос (краткий ответ)]

Объясните принципиальное различие между статическими (косметическими) и динамическими протезами, изготавливаемыми с применением аддитивных технологий.

15. Выбор нескольких правильных ответов.

Какие преимущества обеспечивает аддитивное производство при изготовлении индивидуальных протезов и ортезов (на примере проектов LimbForge и Unyq)? (Выберите несколько правильных ответов)

А) Точная подгонка приемной гильзы по данным 3D-сканирования культи пациента

Б) Снижение массы изделия за счет ячеистой структуры и оптимизации геометрии

В) Возможность персонализации внешнего вида (декоративные накладки, цвет, фактура), повышающей психологический комфорт пользователя

Г) Увеличение срока изготовления протеза до 8–10 месяцев по сравнению с ручной формовкой

16. [Установление соответствия]

Установите соответствие между проектами и разработками, описанными в разделе 3 (левый столбец), и их назначением (правый столбец):

Элемент / Понятие	Характеристика / Назначение
1) Hero Arm (Open Bionics)	А) Персонализированные 3D-печатные косметические накладки на протезы конечностей и ортопедические корсеты для лечения сколиоза
2) Unyq	Б) Доступные индивидуальные 3D-печатные протезы рук для пациентов в развивающихся регионах
3) LimbForge	В) Дополнительный роботизированный шестой палец кисти, управляемый датчиками давления под стопами, для изучения нейропластичности
4) Third Thumb (Дэни Клод)	Г) Многофункциональный миоэлектрический бионический протез предплечья и кисти

Ответ: 1 — ___ 2 — ___ 3 — ___ 4 — ___

17. [Выбор одного правильного ответа] Какой феномен работы головного мозга продемонстрировали эксперименты с 3D-печатным устройством «Third Thumb» («Третий большой палец»)?

А) Неспособность взрослого человека освоить управление дополнительным органом движения

Б) Высокую нейропластичность мозга, позволяющую быстро интегрировать дополнительный искусственный палец в схему тела и выполнять сложные манипуляции одной рукой

В) Полную потерю чувствительности естественных пальцев при ношении устройства

Г) Необходимость прямого вживления электродов в кору головного мозга для управления приводом

18. [Заполнение пропуска]

Направление на стыке медицины, биомеханики и робототехники, использующее аддитивные технологии для расширения физических возможностей здорового человека за пределы естественных анатомических границ, относится к _____ технологиям.

19. [Выбор одного правильного ответа] Для чего в клинической практике применяются 3D-печатные полимерные хирургические шаблоны (гайды) при ортопедических и реконструктивных операциях?

А) Для замены рассасывающегося шовного материала при ушивании кожи

Б) Для точного позиционирования режущего инструмента и сверл строго по предоперационному цифровому плану

В) Для стерилизации металлических имплантатов в автоклаве

Г) Для ультразвуковой диагностики мягких тканей во время наркоза

20. Выбор нескольких правильных ответов.

Какие требования предъявляются к полимерным материалам, используемым для 3D-печати хирургических направляющих шаблонов и интраоперационных моделей? (Выберите несколько правильных ответов)

А) Биосовместимость при кратковременном контакте с тканями и кровью пациента

Б) Устойчивость к выбранному методу стерилизации (автоклавирование, этиленоксид, плазменная стерилизация) без деформации геометрии

В) Достаточная механическая жесткость и точность воспроизведения посадочных поверхностей

Г) Обязательная электропроводность для подключения к кардиостимулятору

21. [Установление соответствия]

Установите соответствие между параметрами настройки 3D-печати полимерных изделий (левый столбец) и их влиянием на свойства готовой медицинской модели (правый столбец):

Элемент / Понятие	Характеристика / Назначение
1) Ориентация детали на платформе построения	А) Определяет гладкость поверхности, выраженность «ступенчатого» эффекта и время печати
2) Толщина слоя печати	Б) Влияет на анизотропию прочности, расположение поддержек и точность критических сопрягаемых поверхностей

3) Плотность и геометрия внутреннего заполнения (infill)	В) Регулирует массу изделия, жесткость и расход полимерного материала

Ответ: 1 — ___ 2 — ___ 3 — ___

22. [Выбор одного правильного ответа] Какая тенденция развития рынка медицинской 3D-печати и биопечати отмечается в главе 4 учебного пособия?

А) Снижение спроса на персонализированные изделия и возврат к массовому выпуску типовых размеров

Б) Устойчивый ежегодный рост рынка за счет перехода от единичных прототипов к серийной кастомизации имплантатов, протезов, хирургических гайдов и тканеинженерных продуктов

В) Полный отказ от полимерных материалов в пользу деревянных и гипсовых заготовок

Г) Ограничение применения 3D-печати исключительно ветеринарной стоматологией

23. [Заполнение пропуска]

Анизотропия механических свойств полимерных изделий, напечатанных методом послойного наплавления (FDM), связана с тем, что прочность сцепления между соседними _____ обычно ниже прочности вдоль непрерывной полимерной нити.

24. Выбор нескольких правильных ответов.

Какие преимущества дают 3D-печатные учебные анатомические фантомы в медицинском образовании по сравнению с традиционными кадаверными (трупными) препаратами? (Выберите несколько правильных ответов)

А) Отсутствие этических, правовых и санитарно-гигиенических ограничений при хранении и использовании

Б) Возможность многократного воспроизведения редких клинических патологий и анатомических аномалий

В) Цветовое кодирование различных тканей, сосудов и нервов для наглядности обучения

Г) Полное совпадение биохимических процессов метаболизма с живым организмом

25. [Открытый вопрос (краткий ответ)]

Раскройте понятие «аугментативные технологии» на примере проекта «Third Thumb» и поясните, какие перспективы такие разработки открывают для клинической реабилитации пациентов с нарушениями моторики.

4 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

5 Оценивание обучающегося на зачете

Промежуточная аттестация производится на основе текущего контроля успеваемости при условии выполнения всех заданий в семестре, предусмотренных фондом оценочных средств по дисциплине.