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 металлургии и материаловедения
_____ А.А. Уманский
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование процессов и объектов в наукоемких производствах

22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»
(направленность (профиль): «Материаловедение и технологии материалов»)

Квалификация выпускника
Магистр

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 2 года

Год начала подготовки 2026

Новокузнецк
2026

СибГИУ Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: b74f1896a8e5f6d1b42349567b351e7a7b0d4c48
Владелец: Директор ИМиМ Уманский Александр Александрович
Действителен: с 8 июля 2025 г. по 1 октября 2026 г.
Дата и время: 26-04-2026 18:11:38 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– Сформировать у специалистов-материаловедов системные знания и практические компетенции в области нейросетевого моделирования, позволяющие прогнозировать механические, биосовместимые и эксплуатационные свойства материалов, а также оптимизировать конструкции протезно-ортопедических изделий на всех этапах жизненного цикла;
– Обеспечить подготовку к решению сквозных инженерных задач цифрового проектирования персонализированных протезов и ортезов с использованием современных методов искусственного интеллекта (глубокое обучение, физически информированные нейросети, графовые сети, генеративные модели) в интеграции с аддитивными технологиями и биомеханическим анализом.

Задачами учебной дисциплины являются:

– Освоить математические основы и ключевые архитектуры нейронных сетей (MLP, CNN, RNN/LSTM, трансформеры, GNN, автокодировщики) и научиться обоснованно выбирать их для обработки различных типов данных о материалах, биомеханических процессах и физиологических сигналах.;
– Научиться применять нейросетевые методы для прогнозирования свойств полимеров, композитов и биоматериалов (модуль упругости, прочность, температура стеклования, биосовместимость) в условиях ограниченных экспериментальных выборок, используя трансферное обучение и графовые представления кристаллических структур.;
– Овладеть технологиями нейросетевой суррогатной замены и физически информированных нейронных сетей (PINN) для значительного ускорения конечно-элементного анализа биомеханических систем, оценки стресс-экранирования имплантатов и решения обратных задач механики мягких тканей.;
– Приобрести практические навыки построения сквозного нейросетевого конвейера проектирования протеза голени, включающего обработку 3D-сканов культи (PointNet++), биомеханическую верификацию гильзы, топологическую оптимизацию решётчатых структур (GAN/RL) и классификацию ЭМГ-сигналов (CNN-LSTM) для интеллектуального управления.

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) 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Разработка и реализация проектов 1;
– Специальное материаловедение.

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

– Управление большими данными на основе искусственного интеллекта;
– Новые функциональные материалы;
– Материалы с особыми свойствами.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Общепрофессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемые результаты обучения
Управление качеством	ОПК-3: Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества	ОПК-3.2 Предлагает эффективные способы повышения качества производства работ при выполнении различных технологических операций	– знать: Ключевые показатели качества наукоёмкого производства протезно-ортопедических изделий. – уметь: Анализировать качество выполнения технологических операций.
Профессиональное совершенствование	ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	ОПК-4.1 Осуществляет самостоятельный поиск, анализ и отбор информации при проведении научных исследований	– знать: Основные источники, форматы и критерии качества информации для нейросетевого моделирования материалов и процессов в производстве протезов и ортезов..

			– уметь: Документировать процесс поиска и отбора информации с обеспечением воспроизводимости результатов для других исследователей.
		ОПК-4.3 Применяет правила преобразования информации для решения научно-практических задач	– знать: Правила и методы преобразования информации из различных форматов данных.. – уметь: Применять правила преобразования информации для подготовки данных и решения конкретных научно-практических задач нейросетевого моделирования в производстве протезов и ортезов..
Исследование	ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях	ОПК-5.2 Оценивает результаты научных исследований в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях	– знать: существующие прикладные программные средства. – уметь: использовать информационные технологии и прикладные программные средства.

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***	***2 семестр***
Форма промежуточной аттестации			*экзамен*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***216***	*216*
	зачетных единиц	***6***	*6*
Лекции, *академ. час.*		***36***	*36*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***18***	*18*
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.*		***99***	*99*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*		***63***	*63*
в форме практической подготовки		***0***	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Основы и методология (Введение: место нейросетей в наукоёмком производстве. Математические основы нейронных сетей. Архитектуры нейросетей: обзор для задач материаловедения.);

Раздел 2 Прогнозирование свойств материалов (Нейросетевое прогнозирование механических свойств полимеров и композитов. Графовые нейросети (GNN) для предсказания свойств материалов по кристаллической структуре. Трансферное обучение при дефиците данных.);

Раздел 3 Биомеханическое моделирование (Метод конечных элементов (МКЭ): основы и применение к протезам. Нейросетевые суррогатные модели: ускорение МКЭ. Физически информированные нейронные сети (Physics-Informed Neural Networks, PINNs). Биомеханика ходьбы и нейросети для анализа движения.);

Раздел 4 Проектирование протезно-ортопедических изделий с помощью ИИ (ИИ в проектировании приёмной гильзы протеза.

Генеративные нейросети (GAN, VAE, диффузионные модели) для синтеза структур биоматериалов. Оптимизация топологии и решётчатых структур с помощью ML.);

Раздел 5 Интеллектуальное управление протезами (Электромиография (ЭМГ): физиологические основы и обработка сигналов. Нейросетевые методы классификации ЭМГ для управления протезами. Обучение с подкреплением (RL) для адаптивного управления протезами.);

Раздел 6 Специальные темы (ИИ в открытии новых биоматериалов: замкнутый цикл обратного проектирования. Аддитивные технологии и ИИ: 3D-биопечать и оптимизация параметров. Объяснимый ИИ (XAI), этика и регуляторные аспекты. Нейроинтерфейсы мозг-компьютер (BCI) и перспективы нейроуправления.).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Введение: место нейросетей в наукоёмком производстве.	6	
Раздел 2.	Нейросетевое прогнозирование механических свойств полимеров и композитов.	6	
Раздел 3.	Метод конечных элементов (МКЭ): основы и применение к протезам. Нейросетевые суррогатные модели: ускорение МКЭ.	06	
Раздел 4.	ИИ в проектировании приёмной гильзы протеза. Генеративные нейросети (GAN, VAE, диффузионные модели) для синтеза структур биоматериалов.	06	
Раздел 5.	Электромиография (ЭМГ): физиологические основы и обработка сигналов.	06	
Раздел 6.	ИИ в открытии новых биоматериалов: замкнутый цикл обратного проектирования. Аддитивные технологии и ИИ: 3D-биопечать и	06	

	оптимизация параметров.		
Итого:		**36**	**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; Раздел 4; Раздел 5; Раздел 6.	Математические основы нейросетей	6	
Раздел 1; Раздел 2; Раздел 3; Раздел 4; Раздел 5; Раздел 6.	Регрессионный анализ «малых данных» и проблема переобучения	6	
Раздел 1; Раздел 2; Раздел 3; Раздел 4; Раздел 5; Раздел 6.	Бинарная классификация биосовместимости (Логистическая регрессия)	6	
Итого:		**18**	**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; Раздел 2; Раздел 3; Раздел 4; Раздел 5; Раздел 6.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию.	97	
Раздел 1.	1. Прохождение тестирования.	2	
Контроль	*Подготовка к экзамену*	63	
Итого:		**162**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Контролируемые компетенции	Оценочные средства
Раздел 1; Раздел 2; Раздел 3; Раздел 4; Раздел 5; Раздел 6.	ОПК-3; ОПК-4; ОПК-5	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Оценка участия в работе на лекционном занятии
Раздел 1.	ОПК-3; ОПК-4; ОПК-5	1. Наблюдение за работой на практическом занятии; 2. Тестовые задания
Экзамен.	ОПК-3; ОПК-4; ОПК-5	1. Экзамен 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 – индивидуальный или фронтальный устный опрос. В ходе проведения входного контроля обучающимся предлагается ответить на вопросы по материалу, изученному в процессе освоения ООП ВО.

Шкала оценивания устных ответов обучающихся

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);

– сопровождение ответа примерами (учитывается умение грамотно и с пользой применять фактический материал для подкрепления теоретического при устном ответе);

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

Оценку «зачтено» получает обучающийся, если он при собеседовании обнаруживает знание и понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе и самостоятельно составленные; при ответе на вопросы излагает материал последовательно и правильно, полно и аргументировано отвечает по содержанию задания; рационально использует время, отведенное на ответ.

Оценку «не зачтено» получает обучающийся, который не рационально использует время, отведенное на ответ; обнаруживает незнание ответа на соответствующий вопрос; допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл; беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «не зачтено» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые требуют проведения дополнительных индивидуальных консультаций.

Вопросы 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: экзамен.

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

13.2 Оценивание обучающегося на экзамене

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами

Оценка	Требования к знаниям
	применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает 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.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» 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 Заварухин, С. Г. Математическое моделирование химико-технологических процессов и аппаратов : учебное пособие / С. Г. Заварухин. – Москва : НГТУ, 2017. – 86 с. – ISBN 978-5-7782-3284-6. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778232846.html (дата обращения: 17.02.2026);

2 Осипова, Н. В. Математическое моделирование объектов и систем управления : учебное пособие / Н. В. Осипова. – Москва : МИСиС, 2019. – 67 с. – ISBN 978-5-906953-66-7. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785906953667.html (дата обращения: 17.02.2026).

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

8 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 –]. – URL: http://eivis.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;
– Р7-Офис;
– Сервис поиска текстовых заимствований Руконтекст.

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 (лабораторных работ);
- 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.

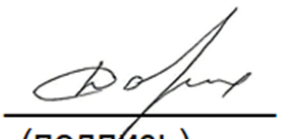
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов».

Составитель(и):

доцент Куценко Андрей Андреевич (кафедра теплогазоводоснабжения, водоотведения и вентиляции).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:
Главный калибровщик
рельсобалочного цеха
ПАО «ЕВРАЗ»
филиал «ЗСМК»



(подпись)

В.В. Дорофеев
(инициалы, фамилия)

Приложение

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Какие основные требования предъявляются к материалам для изготовления протезов нижних конечностей с точки зрения механических свойств?
2. Назовите три основных типа биосовместимых полимеров, применяемых в протезно-ортопедических изделиях, и их ключевые характеристики.
3. В чем различие между эластомерными и термопластичными материалами для изготовления приёмных гильз протезов?
4. Какие титановые сплавы наиболее часто применяются для ортопедических имплантатов и почему именно они?
5. Опишите основные проблемы деградации биоматериалов в организме и как их решают в протезировании.
6. Какие керамические материалы используются для покрытия имплантатов и какую роль играет гидроксиапатит?
7. В чем преимущество композитов на основе углеродного волокна перед металлическими конструкциями в протезировании?
8. Как изменяются механические свойства PLA при 3D-печати в зависимости от параметров процесса?
9. Какие основные фазы цикла ходьбы выделяют в биомеханике и как они влияют на нагрузку на протез?
10. Что такое "stress shielding" и почему эта проблема критична для ортопедических имплантатов?
11. Опишите основные типы нагрузок, действующих на протез верхней конечности при выполнении хватательных движений.
12. Как изменяется распределение мышечных усилий при ампутации голени и как это влияет на конструкцию протеза?
13. Что такое "socket-prosthesis interface" и какие факторы определяют комфорт ношения протеза?
14. Назовите ключевые биомеханические параметры, которые необходимо учитывать при проектировании ортеза коленного сустава.
15. В чём основная идея метода конечных элементов и как он применяется в протезировании?
16. Что такое тензор напряжений и как вычисляется эквивалентное напряжение по Мизесу?
17. Какие типы конечных элементов наиболее подходят для моделирования биоматериалов и почему?
18. Опишите постановку краевых условий для моделирования взаимодействия кости-имплантат.
19. В чём различие между линейной и нелинейной задачей упругости при моделировании мягких тканей?

20. Перечислите основные аддитивные технологии, применяемые для изготовления протезов, и их особенности.

21. В чём преимущество цифрового сканирования культи перед традиционным слепочным методом?

22. Какую роль играет постобработка в качестве 3D-печатных протезных конструкций?

23. Назовите основные этапы изготовления композитной приёмной гильзы протеза.

24. Какие стандарты качества обязательны для серийного производства протезно-ортопедических изделий в России?

25. Опишите жизненный цикл протезно-ортопедического изделия от проектирования до полного обслуживания.

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

Тема 1. Основы и методология.

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Что вы понимаете под наукоёмким производством? Приведите примеры из протезно-ортопедической отрасли.

2. Какие основные этапы жизненного цикла протезно-ортопедического изделия вы можете выделить?

3. В чём фундаментальные преимущества нейросетей перед традиционными методами численного моделирования (МКЭ)?

4. Опишите архитектуру простого перцептрона и принцип его работы.

5. Назовите три основные функции активации и объясните, когда какую из них предпочтительно использовать.

6. Что такое функция потерь MSE и как она применяется в задачах регрессии свойств материалов?

7. Объясните принцип обратного распространения ошибки (backpropagation).

8. В чём разница между градиентным спуском SGD и оптимизатором Adam?

9. Назовите три метода предотвращения переобучения нейросетей и их принципы действия.

10. Для каких типов данных материаловедения подходят свёрточные нейронные сети (CNN)

Тема 2. Прогнозирование свойств материалов

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Какие источники данных используются для обучения нейросетей в материаловедении?

2. Что такое дескрипторы материалов и назовите три примера дескрипторов для полимеров.

3. Объясните принцип работы графовых нейронных сетей (GNN) для кристаллических структур.

4. В чём преимущество CGCNN (Crystal Graph CNN) перед традиционными дескрипторами?

5. Что такое Materials Project и какие данные там содержатся?

6. Как трансферное обучение помогает решать проблему малых выборок в биоматериалах?

7. Назовите три механических свойства биоматериалов, которые можно прогнозировать нейросетями.

8. В чём различие между предсказанием свойств полимеров и металлов с помощью ML?

9. Какой тип нейросетей лучше подходит для прогнозирования тепловых свойств материалов?

10. Объясните концепцию latent space в вариационных автокодировщиках (VAE).

Тема 3. Биомеханическое моделирование

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Что такое метод конечных элементов (МКЭ/FEM) и как он применяется к протезам?

2. Что представляет собой эффект stress shielding и почему он опасен для имплантатов?

3. Опишите постановку краевых условий для моделирования взаимодействия кость-имплантат.

4. В чём суть суррогатной модели на основе нейросетей для замены МКЭ-расчётов?

5. Объясните принцип работы Physics-Informed Neural Networks (PINNs).

6. Как PINNs сочетают данные измерений и физические уравнения в функции потерь?

7. Что такое цифровой двойник ампутанта и для чего он используется в протезировании?

8. Назовите основные фазы цикла ходьбы и их биомеханическое значение для протезов.

9. Как нейросети классифицируют фазы шага по сигналам ЭМГ?

10. В чём преимущество NNFE-подхода перед традиционным МКЭ для мягких тканей?

Тема 4. Проектирование протезно-ортопедических изделий с помощью ИИ

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Опишите процесс традиционного изготовления приёмной гильзы протеза.

2. Как PointNet++ обрабатывает 3D-сканы культи для автоматизированного проектирования?

3. Что такое GAN (генеративно-состязательная сеть) и из каких компонентов она состоит?

4. Объясните принцип работы ScaffoldGAN для синтеза костных каркасов.

5. В чём заключается задача топологической оптимизации в протезировании?

6. Какой критерий используется для оценки качества решётчатых структур (Gyroid)?

7. Назовите преимущества 3D-печатных протезов с AI-оптимизированной решёткой.

8. Что такое обратный (инверсный) дизайн материалов и как его реализуют?

9. Как нейросети интегрируются с аддитивными технологиями в протезировании?

10. Объясните роль цифрового двойника в контроле качества 3D-печатных протезов.

Тема 5. Интеллектуальное управление протезами

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Что такое поверхностная электромиография (sEMG) и как она используется в протезировании?

2. Назовите пять временных признаков ЭМГ-сигналов для классификации движений.

3. В чём преимущество CNN-LSTM перед классическими методами классификации ЭМГ?

4. Объясните принцип работы Transfer Learning для распознавания жестов по ЭМГ.

5. Что такое NinaPro база данных и для чего она используется?

6. Как обучение с подкреплением (RL) применяется для адаптивного управления протезами?

7. В чём суть регенеративного периферического нейроинтерфейса (RPNI)?

8. Назовите алгоритмы для непрерывного управления пальцами протеза из RPNI-сигналов.

9. Что такое latency в контексте управления протезами и почему это критично?

10. Как обеспечивается устойчивость ЭМГ-классификатора при смене пользователя?

Тема 6. Специальные темы

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Что такое объяснимый ИИ (XAI) и почему он важен для медицинских применений?
2. Назовите методы XAI для интерпретации нейросетевых решений.
3. Какие регуляторные требования предъявляются к AI-медицинским изделиям (FDA, Росздравнадзор)?
4. В чём проблема bias в тренировочных данных биомедицинских нейросетей?
5. Объясните концепцию human-in-the-loop оптимизации протезных систем.
6. Как нейроинтерфейсы мозг-компьютер (BCI) интегрируются с протезами?
7. Назовите российские разработки в области цифровых двойников для протезирования.
8. Какие этические вопросы возникают при персонализации протезов с помощью ИИ?
9. Как стандартизируют эксперименты по ML в протезировании?
10. Какие перспективы развития нейроуправления протезами вы видите на 5 лет вперёд?

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.

Перечень вопросов для тестирования:

1. Что вы понимаете под наукоёмким производством?

a) Массовое производство простых изделий
b) Производство, где знания и технологии играют ключевую роль
c) Ручное производство
d) Автоматизированное производство без участия человека

2. Какой основной этап жизненного цикла протеза следует за проектированием?

a) Изготовление
b) Тестирование
c) Эксплуатация
d) Утилизация

3. Какое преимущество нейросетей перед МКЭ в моделировании протезов?

a) Более высокая точность физики
b) Мгновенные предсказания после обучения
c) Не требуют данных
d) Работают без компьютера

4. Что такое перцептрон?
a) Функция активации
b) Однослойная нейросеть
c) Оптимизатор
d) Функция потерь

5. Какая функция активации используется для бинарной классификации?
a) ReLU
b) Tanh
c) Sigmoid
d) Linear

6. Что вычисляет функция потерь MSE?
a) Среднеквадратичную ошибку
b) Максимальную ошибку
c) Абсолютную ошибку
d) Энтропию

7. Какой алгоритм используется для обучения нейросетей?
a) Forward pass
b) Backpropagation
c) Dropout
d) BatchNorm

8. Что такое learning rate в градиентном спуске?
a) Вес связи
b) Скорость обучения
c) Количество эпох
d) Размер батча

9. Какой метод предотвращает переобучение, случайно отключая нейроны?
a) L2-регуляризация
b) Dropout
c) Early stopping
d) Data augmentation

10. Для каких данных предназначены CNN?
a) Последовательности

b) Графы
c) Изображения и пространственные данные
d) Табличные данные

11. Сколько слоёв имеет многослойный перцептрон (MLP)?
a) Только входной
b) Входной + скрытые + выходной
c) Только выходной
d) Только скрытые

12. Какая активация устраняет проблему vanishing gradient?
a) Sigmoid
b) Tanh
c) ReLU
d) Linear

13. Что минимизирует градиентный спуск?
a) Функцию потерь
b) Точность
c) Время обучения
d) Размер модели

14. Что такое Adam?
a) Функция активации
b) Адаптивный оптимизатор
c) Метод регуляризации
d) Архитектура сети

15. Какой метод останавливает обучение при переобучении?
a) Dropout
b) Early stopping
c) L1-регуляризация
d) BatchNorm

16. Что такое batch normalization?
a) Нормализация входных данных
b) Нормализация активаций внутри слоя
c) Уменьшение размера батча
d) Нормализация весов

17. Для чего используют RNN?
a) Изображения
b) Последовательности во времени
c) Графы
d) Табличные данные

18. Что такое self-attention в трансформерах?
a) Внимание к предыдущим токенам
b) Внимание каждого токена ко всем
c) Внешнее внимание
d) Глобальное внимание

19. Что представляет кристаллическая структура в GNN?
a) Матрицу пикселей
b) Граф атомов и связей
c) Последовательность
d) Тензор

20. Какой датасет содержит 60 000 кристаллических структур?
a) ImageNet
b) QM9
c) Materials Project
d) CIFAR-10

21. Что решает проблема малых выборок в биоматериалах?
a) Больше данных
b) Transfer learning
c) Больше слоёв
d) Меньше эпох

22. Какой тип сети для свойств полимеров?
a) Только GNN
b) CNN + MLP гибриды
c) Только RNN
d) Только трансформеры

23. Что такое latent space в VAE?
a) Входные данные
b) Сжатое представление
c) Выходные данные
d) Веса сети

24. Сколько компонентов в GAN?
a) Один (генератор)
b) Два (генератор и дискриминатор)
c) Три
d) Четыре

25. Что предсказывают CGCNN?
a) Только энергию

b) Модуль упругости, bandgap и др.
c) Только изображения
d) Только последовательности

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.