

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Рабочая программа дисциплины

**Экспериментальные методы исследования материалов**

по направлению подготовки

**15.04.03 Прикладная механика**

Направленность (профиль) подготовки:

**Компьютерный инжиниринг конструкций, биомеханических систем и материалов**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2025**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

В.А. Скрипняк

Е.С. Марченко

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск 2025

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 Способен критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты.

ПК-3 Готов овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований по исследованию структуры и прочности, устойчивости, надежности, трению и износу конструкций, обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов.

ПК-4 Способен применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности.

УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК 1.1 Знать перспективные направления и последние достижения современной науки и техники в области производства объемных материалов, соединений, композитов на их основе и изделий из них

ИПК 1.2 Знать современные проблемы прикладной механики, методы планирования научно-исследовательской работы, способы решения научных задач механики, обработки и анализа полученных данных, представления результатов

ИПК 1.3 Уметь осуществлять сбор, анализ и систематизацию информации по проблеме исследования с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий

ИПК 1.4 Уметь ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач

ИПК 1.5 Уметь анализировать, интерпретировать, оценивать, представлять результаты собственных исследований в профессиональном сообществе и защищать результаты выполненного исследования с обоснованными выводами и рекомендациями

ИПК 3.1 Знать современные методы и средства проведения экспериментальных исследований структуры, прочности, устойчивости, надежности, трения и износа конструкций

ИПК 3.2 Уметь овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований структуры, прочности, устойчивости, надежности, трения и износа конструкций

ИПК 3.3 Уметь обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов

ИПК 3.4 Владеть навыками использования современных методов и средств проведения экспериментальных исследований, навыками обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов

ИПК 4.1 Знать и уметь применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования, применяемые в процессе профессиональной деятельности

ИУК 3.1 Формировать стратегию командной работы на основе совместного обсуждения целей и направлений деятельности для их реализации

ИУК 3.2 Организовать работу команды с учетом объективных условий (технология, внешние факторы, ограничения) и индивидуальных возможностей членов команды

ИУК 3.3 Обеспечивать выполнение поставленных задач на основе мониторинга командной работы и своевременного реагирования на существенные отклонения

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Изучить основные методы исследования структуры материалов, способы определения типов и параметров кристаллической структуры, способы качественного и количественного фазового анализа, основные методы подготовки образцов, способы расшифровки (индицирования) электронограмм, методы обработки дифрактограмм, методы определения размеров кристаллитов и напряжений;

– Научиться определять типы кристаллической структуры материалов, параметры кристаллической структуры, проводить качественный и количественный фазовый анализ материалов, обрабатывать дифрактограммы, определять размеры кристаллитов, анализировать полученные результаты на основе современных информационных технологий;

– Обучить навыкам работы на экспериментальном оборудовании: рентгеновских аппаратах, электронных микроскопах, установках по нагружению образцов, навыкам получения информации из дифрактограмм.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Второй семестр, зачет

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 14 ч.

-лабораторные: 20 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Тема 1. Рентгеноструктурный анализ.

Природа рентгеновских лучей, непрерывный и характеристический спектры, природа их возникновения, взаимодействие рентгеновских лучей с веществом, получение рентгеновских лучей, формула Вульфа-Брэгга, понятие о динамической теории рассеяния рентгеновских лучей, экстинкции.

Тема 2. Применение рентгеноструктурного анализа для исследования материалов

Метод порошков, геометрия съемки, регистрация рентгенограмм, точность определения межплоскостных расстояний, индицирование рентгенограмм в случае

известной и неизвестной ячейки, графическое индицирование, задачи, решаемые методом Лауэ, метод вращения монокристалла.

Тема 3. Растровая электронная микроскопия (РЭМ) и анализ картин дифракции обратно рассеянных электронов (ДОРЭ).

Электронная оптика. Взаимодействие электронного пучка с образцом. Формирование изображения в РЭМ. Типы контраста. Детекторы. Оборудование для анализа картин ДОРЭ. Разрешение в ДОРЭ. Точность измерений. Измерение размера зерен. Анализ текстуры с использованием ДОРЭ. Анализ границ. Требования к образцу.

Тема 4. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).

Основные узлы просвечивающего электронного микроскопа, разрешающая способность, aberrации электронных линз, глубина поля и глубина резкости. Режимы работы ПЭМ. Основы теории контраста. Расшифровка электронограмм. Приготовление образцов для ПЭМ

Тема 5. Микрорентгеноспектральный анализ.

Спектрометрия с дисперсией по длинам волн. Спектрометрия с дисперсией по энергиям фотонов.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости и устного опроса по материалам предыдущих занятий, путем контроля выполнения лабораторных работ и отчетов по лабораторным работам и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduor/>.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Зачет во втором семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей. Продолжительность зачета 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduor/>.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «iDO» - <http://lms.tsu.ru/course/view.php?id=22412>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) Методические указания по проведению лабораторных работ.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

- Горелик С.С., Скаков Ю.А., Расторгуев Л.Н. Рентгенографический и электроннооптический анализ: Учеб. Пособие для ВУЗов.- 4-е изд. – М.: МИСИС, 2002. – 360 с.
- Блохин Михаил Арнольдович. Физика рентгеновских лучей / М. А. Блохин. - 2-е изд., перераб. - Москва : Гостехиздат, 1957. - 518 с.
- Гоулдстейн Дж., Ньюбери, Д., Эчлин П. Джой Д., Лифшин Э. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: Книга 1. – М.: Мир, 1984. – 303 с.
- Хирш П. и др. Электронная микроскопия тонких кристаллов. – М.: Мир, 1968. – 573 с.

- Hamphreys F.J. Grain and subgrain characterization by electron backscatter diffraction // Journal of Materials Science. – 2001. – Vol.36. – P. 3833 – 3854.

б) дополнительная литература:

- Томас Г. Электронная микроскопия металлов. – М.: Мир, 1963. – 351 с.
- Утевский Л.М. Дифракционная электронная микроскопия. – М.: Металлургия, 1973. – 584 с.
- Brent Fultz, James Howe. Transmission Electron Microscopy and Diffractometry of Materials. – Heidelberg: Springer, 2013. – 761 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-29761-8>

в) ресурсы сети Интернет:

- <https://www.ebsd.com/>
- SpringerLink [Electronic resource] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Electronic data. – Cham, Switzerland, [s. n.]. – URL: <http://link.springer.com/> (Электронный ресурс SpringerLink: <http://link.springer.com/> ;).
- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000- . – URL: [http://elibrary.ru/defaultx.asp?](http://elibrary.ru/defaultx.asp?;);
- ScienceDirect [Electronic resource] / Elsevier B.V. – Electronic data. – Amsterdam, Netherlands, 2016. – URL: <http://www.sciencedirect.com/>
- Электронная библиотека ТГУ: <http://www.lib.tsu.ru/ru;>

### 13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).
- программный комплекс "RENEX" с интерфейсом пользователя и визуализацией результатов для анализа профилей рентгеновских линий., программный комплекс "DRON" с развитым интерфейсом пользователя и визуализацией результатов получения рентгеновских спектров

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

в) профессиональные базы данных:

- Научная электронная библиотека – [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)
- База данных по материаловедению Springer Materials – [www.materials.springer.com](http://www.materials.springer.com)
- Библиотека журналов издательства John Wiley & Son и др., например, Wiley Online Library – [www.onlinelibrary.wiley.com](http://www.onlinelibrary.wiley.com)
- Коллекции журналов Sage по естественным, техническим наукам и медицине – [www.online.sagepub.com](http://www.online.sagepub.com)
- Политематическая база данных издательства Elsevier – [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Лаборатории, оборудованные соответствующим оборудованием: просвечивающий электронный микроскоп Philips CM 12 с электронной записью изображения; система с электронным и сфокусированным ионным пучками Quanta 200 3D; рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD 6000; растровый электронный микроскоп Philips SEM 515; оптический металлографический микроскоп Olympus GX-71; комплект оборудования для подготовки образцов для просвечивающего электронного микроскопа; аппарат для растяжения материалов (модель МРНМ-20).

#### **15. Информация о разработчиках**

Иванов Константин Вениаминович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры прочности и проектирования физико-технического факультета