

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 биомеханических систем**

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:

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 динамике 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 по динамике, прочности, устойчивости, надежности, трению и износу конструкций

ИПК 3.2 Уметь овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований по динамике и прочности, устойчивости, надежности, трению и износу 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 физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования, применяемые в процессе профессиональной деятельности

ИПК 4.2 Уметь применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности

**ИПК 4.3** Владеть навыками применения физико-математического аппарата, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследования, методов математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности

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

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

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

## **2. Задачи освоения дисциплины**

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

– Научить 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, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Профессиональный модуль №2 «Механика биокомпозитов, получение и моделирование их структуры и свойств».

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

Первый семестр, экзамен

## **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: 10 ч.

-лабораторные: 28 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. Нейтронография

Сравнительная характеристика метода по отношению к рентгенографии, преимущества и недостатки, области применения.

Тема 4. Рентгеноспектральный анализ:

Области применения, методы рентгеноспектрального анализа: эмиссионный, абсорбционный, флуоресцентный, количественный и качественный спектральный анализ.

Тема 5. Электронная микроскопия

Взаимодействие электронов с веществом, формирование изображения в электронном микроскопе, основные узлы электронного микроскопа, разрешающая способность микроскопа, глубина поля и глубина резкости.

Тема 6. Ядерная гамма-резонансная спектроскопия кристаллов

Взаимодействие гамма излучения с веществом, основы метода гамма-резонанса, области применения и задачи, решаемые методом.

## **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 семестре.

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

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

Экзамен в первом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух вопросов из разных разделов курса. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

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

## **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:

- Растворная электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение.
- Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 601 с.. URL: <https://e.lanbook.com/book/166756>. URL: <https://e.lanbook.com/img/cover/book/166756.jpg>
- Попечителев Е. П. Технические методы диагностики биоматериалов : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки "Биотехнические системы и технологии" / Е. П. Попечителев. - 2-е изд, стер.. - Старый Оскол : ТНТ, 2018. - 315 с.

б) дополнительная литература:

- Брандон Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля : [учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки "Прикладные математика и физика"] / Д. Брандон, У. Каплан ; пер. с англ. под ред. С. Л. Баженова, с доп. О. В. Егоровой. - М. : Техносфера, 2006. - 377 с.
- Кларк Эшли Р. Микроскопические методы исследования материалов : пер. с англ. / Э. Р. Кларк, К. Н. Эберхардт. — Москва: Техносфера, 2007. — 371 с.;
- Фульц Брент. Просвевающая электронная микроскопия и дифрактометрия материалов : пер. с англ. / Б. Фульц, Дж. Хэй. — Москва: Техносфера, 2011. — 904 с.: ил.
- Мир физики и техники. — Библиогр.: с. 805-820.
- Зевайль А. Трёхмерная электронная микроскопия в реальном времени / А. Зевайль, Дж. Томас ; пер. с англ. А. В. Сухова. – Долгопрудный : Интеллект, 2013. – 327 с.
- Методы исследования материалов. Структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий : учебное пособие / Л. И. Тушинский, А. В. Плохов, А. О. Токарев, В. И. Синдеев. – М. : Мир, 2004. – 384 с.
- Косенков В. М.. Рентгенография в реакторном материаловедении / В. М. Косенков; Ульяновский государственный университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ульяновск : Изд-во Ульяновского ГУ, 2006. – 168 с.
- Синдо Д. Аналитическая просвевающая электронная микроскопия : пер. с англ. / Д Синдо, Т. Оикава. – М. : Техносфера, 2006. – 253 с.
- Егорова О. В. Техническая микроскопия. Практика работы с микроскопами для технических целей / О. В. Егорова. – 2-е изд., перераб. – М. : Техносфера, 2007. – 360 с.

в) ресурсы сети Интернет:

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

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.onlinelibrary.wiley.com](http://www.onlinelibrary.wiley.com)
- Политеатическая 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 30 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 фирмы GATAN для подготовки образцов для просвечивающего электронного микроскопа; хромато-масс-спектрометр Thermo Finnigan TRACE DSQ-EI/250, Настольный оптический микроскоп (модель Carl Zeiss AXIOVERT 40 MAT, сканирующий электронный микроскоп (модель Axia ChemiSEM), рентгенофлуоресцентный спектрометр с SSD детектором (модель X-Calibur), аппарат для растяжения материалов (модель MPHM-20).

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

Марченко Екатерина Сергеевна, доктор физико-математических наук, зав. кафедрой прочности и проектирования физико-технического факультета