

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

**Практикум по физическим методам исследования композиционных материалов**

по направлению подготовки / специальности

**15.03.03 Прикладная механика**

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:

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

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Инженер, инженер-разработчик**

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:

ОПК-6 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, аргументировано защищать результаты выполненной работы.

ПК-1 Способен осуществлять проведение расчетов композиционных материалов и микромеханики.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-6.1 Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, способы обработки и представления данных, системы стандартизации и сертификации

РООПК-6.2 Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования

РОПК 1.1 Знает основы технологии конструкционных и композиционных материалов, основы упругости, пластичности и ползучести, основы механики композиционных материалов и конструкций, основы материаловедения, физические и механические характеристики конструкционных и композиционных материалов, основы теплопроводности и теплопередачи, основы усталостной прочности, основы теории устойчивости конструкций, основы теории проведения измерений при экспериментальных работах

РОПК 1.2 Умеет применять методики расчета на прочность конструкций различной сложности, составлять математические модели с учетом геометрической нелинейности элементов силовых, температурных воздействий, и пластичности материалов, проводить расчеты на прочность аналитическими и численными методами решения задач механики, проводить расчеты на прочность в универсальных программных системах конечно-элементного анализа, читать и понимать техническую документацию на английском языке, использовать стандартное программное обеспечение при оформлении документации и инженерных расчетов, использовать программное обеспечение для расчетов на прочность

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить понятийный аппарат и терминологию применительно к методам исследования структуры композиционных материалов и анализа их свойств.

– Научиться правильно подбирать композиционные материалы на основе анализа их структуры и свойств для решения практических задач профессиональной деятельности.

- Научиться самостоятельно выполнять расчетно-экспериментальные работы, обрабатывать и анализировать полученные результаты, составлять отчеты о выполненной работе.

## **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**

Восьмой семестр, зачет

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

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

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: математический анализ, физика, химия, материаловедение и технология конструкционных материалов.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часов, из которых:  
-лабораторные: 24 ч.

в том числе практическая подготовка: 24 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

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

Тема 1. Основы сканирующей зондовой микроскопии.

Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов (СЗМ). Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов. Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий. Формирование и обработка СЗМ изображений. Методы сканирующей зондовой микроскопии: атомно-силовая микроскопия, сканирующая туннельная микроскопия.

Тема 2. Лабораторная работа «Получение первого СЗМ изображения».

Теоретическая часть. Знакомство с конструкцией СЗМ NanoEducator: общая конструкция, универсальный датчик туннельного тока и силового взаимодействия, СЗМ сканер, механизм подвода зонда к образцу (вход в обратную связь, параметры Scanner Protraction и Probe Oscillation Amplitude). Знакомство с программой управления прибором NanoEducator: режим получения и режим обработки данных, работа со сканирующим силовым микроскопом и сканирующим туннельным микроскопом.

Практическая часть. Получение первого СЗМ изображения в режиме сканирующего силового микроскопа: установка образца, установка зонда (зондового датчика), позиционирование зонда относительно образца (выбор места сканирования, первоначальный подвод зонда к образцу), быстрое сближение, поиск резонанса и установление рабочей частоты, вход в обратную связь (Landing, Rising). Выбор параметров скана: критерии выбора размера скана, числа точек на линии и линий в скане, скорости сканирования, параметры цепи обратной связи. Получение СЗМ изображения. Оформление отчёта по лабораторной работе.

Тема 3. Лабораторная работа «Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии».

Теоретическая часть. Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии. Основные компоненты СЗМ, вызывающие артефакты: пьезоэлектрическая керамика (нелинейность, гистерезис, ползучесть, температурный дрейф), СЗМ сканеры (методы линеаризации характеристик сканеров, резонансные частоты сканеров), СЗМ зонды (искажения особенностей типа ступеньки/канавки, искажения особенностей типа выпуклости, загрязнение зонда, разрушение зонда, угол между зондом и образцом, методы восстановления формы поверхности по ее СЗМ изображению). Устройство для изготовления зондов для прибора NanoEducator. Методика восстановления затупившегося зонда. Методика изготовления нового зонда.

Практическая часть. Измерение резонансной частоты сканера. Определение нелинейности сканера по тестовой решетке TGX1. Исследование термодрейфа. Определение формы зонда по тестовой решетке TGT1. Электрохимическая перезаточка зонда или изготовление нового зонда. Повторное определение формы зонда по тестовой решетке TGT1. Обработка результатов, оформление отчёта по лабораторной работе.

Тема 4. Лабораторная работа «Обработка и количественный анализ СЗМ изображений».

Теоретическая часть. Улучшение качества СЗМ изображений. Основные методы фильтрации СЗМ изображений: сглаживание, медианная фильтрация. Количественный анализ СЗМ изображений: построение гистограммы изображения, определение параметров шероховатости поверхности, построение Фурье-спектра изображения.

Практическая часть. Выполнение фильтрации изображения. Измерение и сравнение параметров шероховатости изображений до и после фильтрации. Построение Фурье-спектра изображения и измерение величины преобладающих пространственных частот спектра, сравнение соответствующих этим частотам периодов повторения элементов изображения с интервалами, полученными при измерениях на изображении. Определение углов между направлениями на изображении двумя способами и сравнение результатов. Обработка результатов, оформление отчёта по лабораторной работе.

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

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных опросов по теоретическому материалу каждой темы, проверки отчётов 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/eduop/>.

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

Зачет в восьмом семестре проводится в письменной форме. 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/eduop/>.

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

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «iDO» - <https://lms.tsu.ru/mod/assign/view.php?id=730009>

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

в) Голубок А.О., Горбенко О.М., Звонкова М.Б., Фельштын М.Л., Филатов Д.О., Гущина Ю.Ю., Круглов А.В., Сапожников И.Д. Сканирующая зондовая микроскопия, спектроскопия и литография: учебное пособие. – Москва: ЗАО «Нанотехнология-МДТ», 2006. – 171 с.

г) СЗМ NanoEducator. Руководство пользователя. - Москва: ЗАО «Нанотехнология-МДТ», 2006. – 99 с.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Учебное пособие для студентов старших курсов высших учебных заведений. – Н. Новгород: ИФМ РАН, 2004. - 110 с.

– Неволин В.К. Основы туннельно-зондовой нанотехнологии. Учебное пособие. – Москва: МИЭТ, 2000 г.

– Г.Бинниг, Г.Рорер. Сканирующая туннельная микроскопия — от рождения к юности — Нобелевские лекции по физике. – 1996. УФН, т. 154 (1988), вып.2, с. 261

б) дополнительная литература:

– Прэтт У. Цифровая обработка изображений. – Москва: Мир, 1982, книги 1, 2, 790 с.

– Ярославский Л.П. Введение в цифровую обработку изображений. –Москва: Сов.радио, 1979. - 312 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы

– Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система.  
<http://www.consultant.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 OneNote, 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.).

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:

– Университетская информационная система РОССИЯ – <https://uisrussia.msu.ru/>

– Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) –  
<https://www.fedstat.ru/>

## 14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, 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.

Учебная лаборатория кафедры прочности и проектирования, оснащённая пятью базовыми приборами для научно-образовательного процесса в области нанотехнологий – сканирующими зондовыми микроскопами NanoEducator (модель СЗМУ-Л15).

Научно-технические информационные материалы информационно-библиографического отдела НБ ТГУ. При самостоятельной работе рекомендуется пользоваться библиотечным фондом литературы (учебниками и периодическими изданиями), а также методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

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

Каракулов Валерий Владимирович, к.ф.-м.н., доцент, кафедра прочности и проектирования ФТФ ТГУ, доцент.