

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор Инженерной школы
новых производственных
технологий

А.Н. Яковлев

« 30 » 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

**ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ОБЪЕМНЫХ
НАНОМАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки/ специальность	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Производство изделий из наноструктурных материалов и аддитивные технологии		
Специализация	Производство изделий из наноструктурных материалов и аддитивные технологии		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	1	семестр	2
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	8	
	Практические занятия	24	
	Лабораторные занятия	16	
	ВСЕГО	48	
Самостоятельная работа, ч		60	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной
аттестации

экзамен

Обеспечивающее
подразделение

Отделение
материаловедения
ИШНПТ

Заведующий кафедрой -
руководитель ОМ на правах
кафедры ИШНПТ
Руководитель ООП

В.А. Клименов

Преподаватель

О.Л. Хасанов

О.Л. Хасанов

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-1	Способен реализовывать на производстве технологии сухого компактирования порошковых материалов, используя методы горячего и холодного прессования, ультразвукового и коллекторного компактирования	И.ПК(У)-1.4	Применяет методы компактирования и консолидации сухих нанопорошков (динамическое прессование под ультразвуковым воздействием, статическое коллекторное прессование с последующим спеканием; искровое плазменное спекание) для формирования наноструктуры в консолидированных материалах и изделиях	ПК(У)-1.4В1	Владеет опытом современного представления о свойствах наночастиц и синтеза на их основе нанокерамик, нанокompозитов
				ПК(У)-1.4У1	Умеет выбирать подходящие технологии для изготовления изделий из нанопорошков
				ПК(У)-1.4З1	Знает классификацию консолидированных наноматериалов по их структуре и свойствам
		И.ПК(У)-1.5	Использует методики определения реологических, физико-механических свойств порошковых материалов (логарифмическое уравнение прессования в безразмерной форме; реологические уравнения состояния) для прогнозирования поведения нанопорошков при прессовании и эксплуатационных свойств консолидированных наноматериалов	ПК(У)-1.5В1	Владеет опытом построения кривых уплотнения сухих порошков, характеристики физико-механических свойств консолидированных наноматериалов
				ПК(У)-1.5У1	Умеет применять аналитическое оборудование для исследования уплотнения порошков в зависимости от условий статического или динамического прессования, для определения физико-механических свойств консолидированных наноматериалов: плотность, микротвердость, прочность, трещиностойкость
				ПК(У)-1.5З1	Знает технологические задачи при компактировании и спекании порошков, основы реологии дисперсных систем, методики построения кривых уплотнения нанопорошков с учетом упругих и пластических свойств порошков, принципы конструирования и подбора оснастки при горячем, холодном статическом и динамическом прессовании
ОПК(У)-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок,	И.ОПК(У)-5.6	Представляет тематические аналитические обзоры по	ОПК(У)-5.6В1	Владеет опытом составления тематических аналитических обзоров о функциональных свойствах (физико-механических, оптических, радиационных) объемных наноматериалов и изделий из них

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
	научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях		проблемам создания функциональных изделий из объемных наноматериалов на основе международных информационно-поисковых систем, удовлетворяющие требованиям новизны, объективности, доказательности	ОПК(У)-5.6У1	Умеет определять эффективность научных, конструкторских и технологических разработок в области формования и консолидации изделий из объемных наноматериалов по критериям соответствия эксплуатационным требованиям
				ОПК(У)-5.631	Знает современные базы данных научных публикаций, патентов (российских и зарубежных), содержащие сведения о результатах разработок технологий функциональных объемных наноматериалов, об их структуре и эксплуатационных свойствах

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Применять знания о промежуточном масштабном состоянии объёмных наноматериалов между масштабом молекул и массивных твердых тел с учётом определяющего влияния площади поверхности на свойства наноматериалов.	И.ОПК(У)-5.6
РД 2	Выполнять анализ структурно-морфологического состояния объёмных наноматериалов на основе принципов классификации наноматериалов, экспериментальных данных просвечивающей, сканирующей электронной микроскопии.	И.ОПК(У)-5.6
РД 3	Определять обоснованные подходы для оптимизации технологических режимов изготовления объёмных наноматериалов различных типов (керамических, композитных, металлических) и различных функциональных назначений (конструкционные, оптически прозрачные, радиационно-защитные, бронезащитные) на основе нанопорошков соответствующих составов.	И.ПК(У)-1.5
РД 4	Строить экспериментальные кривые уплотнения сухих нано- и микро-дисперсных порошков с учетом вкладов упругой и пластической деформации.	И.ПК(У)-1.5
РД 5	Применять логарифмическое уравнение прессования в безразмерной форме для расчёта коэффициентов уравнения прессования сухих порошков на основе анализа экспериментальных кривых уплотнения сухих порошков, для определения эффективности уплотнения сухих порошков конкретных типов.	И.ПК(У)-1.5
РД 6	Выполнять операции пробоподготовки порошков и консолидированных материалов для технологических и аналитических целей: гомогенное смешивание порошков различных составов и дисперсности; дозирование навесок; резка твердых образцов; шлифовка, полировка образцов; ионное травление.	И.ПК(У)-1.4

РД 7	Выполнять комплексные исследования порошков для характеристики их реологических свойств: дисперсности, удельной поверхности, кристаллической и микро-структуры, фазового, элементного составов современными экспериментальными методами.	И.ОПК(У)-5.6
РД 8	Выполнять комплексные исследования физико-механических свойств и микроструктуры консолидированных объёмных наноматериалов современными экспериментальными методами: абсолютной и относительной плотности; пористости; микро- и нано-твёрдости; коэффициента текучести под нагрузкой; прочности на сжатие, на изгиб; трещиностойкости.	И.ОПК(У)-5.6
РД 9	Выполнять технологические операции для прессования сухих порошков статическим и динамическими методами, включая коллекторное, ультразвуковое прессование с применением соответствующей прессовой и технологической оснастки.	И.ПК(У)-1.4
РД 10	Выполнять технологические операции для спекания нано- и микро-дисперсных порошков различных составов (керамических, композитных, металлических) методами свободного спекания или искрового плазменного спекания под внешним давлением.	И.ПК(У)-1.4
РД 11	Выбирать диапазоны давления прессования, мощности ультразвукового воздействия, длительности УЗ-воздействия для порошков конкретных типов на основании экспериментально установленных реологических свойств порошков.	И.ПК(У)-1.5
РД 12	Выбирать условия и диапазоны режимов спекания для порошков конкретных типов на основании анализа термодинамических и реологических свойств порошков: среду спекания, материалы контейнеров для спекания, скорость нагрева, температуру спекания, длительность изотермической выдержки.	И.ПК(У)-1.5
РД 13	Определять усадку при спекании для порошков конкретных типов на основании экспериментально установленных параметров изменения размеров образцов при выбранных режимах спекания.	И.ПК(У)-1.4
РД 14	Применять знания основ конструирования пресс-форм для формования из порошков изделий различной геометрии с заданными типоразмерами.	И.ОПК(У)-5.6
РД 15	Применять знания о возможностях существующих международных и российских базах данных научных публикаций, включая Интернет-ресурсы, для целенаправленного поиска сведений о современном состоянии технологий и свойств порошковых наноматериалов заданных составов и функционального назначения.	И.ОПК(У)-5.6
РД 16	Применять знания о принципах поиска патентной информации, включая Интернет-ресурсы, для целенаправленного анализа сведений о современном состоянии приоритетных прав на технологии, составы, функциональное назначение разработанных порошковых наноматериалов.	И.ОПК(У)-5.6

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности ¹	Объем времени, ч.
Раздел (модуль) 1. Объемные наноструктурные материалы	РД1	Лекции	2
		Самостоятельная работа	3
	РД2	Лабораторные занятия	3
		Самостоятельная работа	3
	РД7	Лабораторные занятия	3
		Самостоятельная работа	4
	РД8	Практические занятия	8
		Самостоятельная работа	4
	РД 14	Лекции	2
		Самостоятельная работа	2
	РД 15	Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	2
	РД 16	Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	2
Раздел (модуль) 2. Технологии компактирования и консолидации сухих нано- и микро-дисперсных порошков	РД 3	Лекции	2
		Самостоятельная работа	2
	РД 4	Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	10
	РД 5	Лекции	2
		Самостоятельная работа	2
	РД 6	Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	2
	РД 9	Практические занятия	6
		Самостоятельная работа	6
	РД 10	Лабораторные занятия	4
	РД 11	Самостоятельная работа	6
	РД 12	Самостоятельная работа	6
	РД 13	Практические занятия	6
		Самостоятельная работа	6

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. ОБЪЕМНЫЕ НАНОСТРУКТУРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Темы лекций:

1. Нанопорошки и объемные наноструктурные материалы. Характеризация нанопорошков по размеру наночастиц, содержанию атомов и молекул в наночастице (зерне). Определяющее влияние площади поверхности на свойства наноматериалов. Промежуточное состояние между масштабом молекул и масштабом крупнокристаллических материалов. Метастабильность наночастиц. (2 часа).

2. Классификация наноматериалов по размерности, составу, распределению и форме структурных составляющих. Типы нанокристаллических материалов (0-, 1-, 2-, 3-мерные). Однофазные и многофазные (композитные, гетерогенные) наноматериалы. Границы

¹ Общая трудоёмкость контактной работы и виды контактной работы в соответствии учебным планом

раздела в консолидированных наноматериалах. Проблемы формирования наноструктуры и заданной геометрической формы в процессах консолидации нанопорошков. (2 часа).

Темы практических занятий:

1. Характеризация нанокомпозитов по типу основной матрицы (керамической, металлической), по функциональным свойствам - физико-механическим, оптическим, радиационно-защитным. (4 часа).
2. Типы функциональных керамик и роль наноструктуры в формировании свойств. (2 часа).
3. Кинетика спекания в зависимости от размеров зёрен, роль наномасштабных зёрен. Критические размеры наномасштабных зёрен. (4 часа).
4. Аддитивные технологии: возможности и ограничения для создания объемных наноматериалов. (2 часа).

Названия лабораторных работ:

1. Получение нанопорошков керамических составов методом распыления-сушки. (6 часов).
2. Просвечивающая, сканирующая электронная микроскопия для исследования объемных наноматериалов: пробоподготовка, высокоразрешающий микроструктурный анализ, элементный анализ. (10 часов).

Раздел 2. ТЕХНОЛОГИИ КОМПАКТИРОВАНИЯ И КОНСОЛИДАЦИИ СУХИХ НАНО- И МИКРО-ДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ

Темы лекций:

1. **Процессы консолидация порошков. Типы аппроксимирующих уравнений прессования порошков. Логарифмическое уравнение прессования в безразмерной форме.** Способы компактирования и консолидации нанокристаллических материалов. Типы аппроксимирующих уравнений прессования порошков: степенные, экспоненциальные, гиперболические, логарифмические. Логарифмическое уравнение прессования в безразмерной форме: граничные условия; физический смысл эмпирических коэффициентов уравнения. (2 часа)
2. **Реологическое уравнение состояния. Физико-механические свойства материалов.** Проблемы механической прочности и стабильности. Основные термины теории прочности. Основы реологии дисперсных систем, реологическое уравнение состояния. Упругие, пластические, сдвиговые деформации. Механизм образования трещин. Уравнение Гриффитса для коэффициента интенсивности напряжений (2 часа).

Темы практических занятий:

1. Методика прессования сухих порошков под действием мощного ультразвука. (4 часа).
2. Методика прессования сухих порошков с перераспределением сил трения в пресс-форме коллекторного типа. (2 часа).
3. Динамические импульсные методы прессования порошков: изотермическая штамповка, магнитно-импульсный метод, взрывное прессование. Изостатическое прессование. (2 часа).
4. Сравнительный анализ методов спекания. Шликерное литьё, литьё керамических лент, экструзия. (4 часа).

Названия лабораторных работ:

1. Построение кривых уплотнения сухих порошков. (8 часов).
2. Метод искрового плазменного спекания – интенсивное горячее прессование нанопорошков. (8 часов).

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом
- поиск и обзор литературы и электронных источников информации по теме индивидуального проекта
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Структурирование и создание презентаций по теме индивидуального проекта
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку (отрицательный коэффициент линейного расширения, импедансная спектроскопия)
- Описание экспериментальных результатов и оформление отчета (2 шт)
- Подготовка к оценивающим мероприятиям (экзамен);

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

1. Хасанов О. Л. Сопротивление материалов. Твердость и трещиностойкость наноструктурных керамик : учебное пособие [Электронный ресурс] / О. Л. Хасанов, В. К. Струц, Э. С. Двилис, З.Г. Бикбаева; Томский политехнический университет — Томск, 2014. — 151 с.: ил. Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/62932>
2. Хасанов, О. Л. Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий [Электронный ресурс] / Хасанов О. Л., Двилис Э. С., Бикбаева З. Г., Качаев А. А., Полисадова В.В. — 3-е изд. (эл.). — Издательство "Лаборатория знаний", 2020. — 272 с.. — Книга из коллекции Издательство "Лаборатория знаний" - Нанотехнологии.. — ISBN 978-5-00101-716-5. Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/135502>
3. Хасанов, О. Л.. Эффекты мощного ультразвукового воздействия на структуру и свойства наноматериалов : учебное пособие [Электронный ресурс] / Хасанов О. Л., Двилис Э. С., Полисадова В. В., Зыкова А. П. — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 148 с. Схема доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=10364

Дополнительная литература (указывается по необходимости)

1. Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 252 с.
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C224768>
2. Хасанов О.Л. Метод коллекторного компактирования нано- и полидисперсных порошков : учебное пособие [электронный ресурс] / О. Л. Хасанов, Э. С. Двилис, А. А. Качаев — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 99 с. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m130.pdf>
3. Справочник Шпрингера по нанотехнологиям : пер. с англ. : в 3 т. / Московский государственный институт электронной техники (Технический университет) (МИЭТ) ; под ред. Б. Бхушана. — Москва: Техносфера, 2010. — Мир материалов и технологий. — ISBN 978-5-94836-261-8.
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C209902>
4. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 416 с. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/LANBOOK%5C2173>

6.2. Информационное и программное обеспечение

1. Хасанов О.Л. Структура нанокристаллических материалов. Модифицирующие эффекты наноструктурных элементов композиционной керамики. Видеолекции <http://portal.tpu.ru:7777/dite-media/RUSNANO/1>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

7-Zip;
 Adobe Acrobat Reader DC;
 Adobe Flash Player;
 AkelPad;
 Cisco Webex Meetings;
 Document Foundation LibreOffice;
 Google Chrome;
 Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic;
 Mozilla Firefox ESR;
 ownCloud Desktop Client;
 Tracker Software PDF-XChange Viewer;
 WinDjView; Zoom Zoom

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 203	Комплект оборудования для проведения занятий по основным разделам дисциплины Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 42 посадочных мест; Компьютер - 2 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 210	Комплект оборудования для проведения занятий по основным разделам дисциплины Комплект учебной мебели на 22 посадочных мест; Проектор - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования,	Комплект оборудования для проведения лабораторных занятий по основным разделам дисциплины Сканирующий (растровый) электронный микроскоп JEOL JSM-7500FA - 1 шт.;

	консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 018	Установка для производства жидкого азота Cryomech LNP-10 - 1 шт.; Тепловизор Hotfind DXT - 1 шт.; Пресс гидравлический двухходовой 2430В - 1 шт.; Ультрамикротвердомер Shimadzu DUH-211S - 1 шт.; Шлифовально-полировальная система Buehler EcoMet 300 Pro - 1 шт.; Баллон под азот 40л - 1 шт.; Манометр ДМ 5001 Е - 1 шт.; Штангенциркуль электрон. - 1 шт.; Шлифовально-полировальная система EcoMet 300 Pro - 1 шт.; Установка для спекания объёмных наноматериалов в разряде плазмы Dr. Sinter Lab SPS-515S - 1 шт.; Точило - 1 шт.; Мельница шаровая лабораторная "МШЛ-1П" - 1 шт.; Преобразователь ПМС-2,0 - 1 шт.; Весы лабораторные ВЛТЭ-150г с гирей калибровочной 100 F1 - 1 шт.; Инверторный аппарат ARC-160"Сварог" с реостатом балластным - 1 шт.; Компрессор поршневой Aircraft Compact Air BX 330 OF - 1 шт.; Испытательный пресс ИП-500М-авто - 1 шт.; Фотоаппарат цифровой Digital Camera - 1 шт.; Вентилятор центр.СТ 200-4 - 1 шт.; Ступка механическая - 1 шт.; Весы ВЛР-200 - 1 шт.; Комплект ультразвукового лабораторного оборудования ИЛ10-5.0 - 1 шт.; Баллон с азотом - 1 шт.; Весы Shinko AJ-420CE - 1 шт.; Датчик амплитуды - 1 шт.; Рентгеновский детектор РКА-1 - 1 шт.; Ультразвуковая ванна для очистки Quick218-100 - 1 шт.; Штатив - 1 шт.; Толщиномер ультразвуковой TIME TT130 - 1 шт.; Таймер с контроллером - 1 шт.; Тележка гидравлическая СВУ25-II - 1 шт.; Ультразвуковой генератор УЗГ-2-22М - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 3 посадочных мест; Компьютер - 2 шт.
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)	Комплект оборудования для проведения лабораторных занятий по основным разделам дисциплины Настольный pH-метр ST3100-F - 1 шт.; Дозатор DragonLab переменного объема 100-1000 мкл - 1 шт.; Дозатор PIPETTE перем. объема 1000-5000 мкл - 1 шт.; Нано-распылительная сушилка BUCHI Nano Spray Dryer B-90 - 1 шт.; Кондуктометр S30-K Seven Easy с штативом для электрода - 1 шт.; Баллон стальной ГОСТ 949-73 - 1 шт.;

	634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 211	Высокотемпературная атмосферная печь LAC VP 20/17 - 1 шт.; Термостат ТС-1/80 СПУ - 1 шт.; Центрифуга - 1 шт.; Центрифуга ОПН-12 с двумя роторами - 1 шт.; Электрофоретическая камера Model 111 Mini IEF Cell - 1 шт.; Дозатор Термо Фишер Сайентифик "Лайт" переменного объема (неавтоклавируемые) - 1 шт.; Гомогенизатор универсальный для пробирок 2-50мл Ultra-Turrax Tube Drive.IKA - 1 шт.; Центрифуга для разделения суспензий Eppendorf 5702 - 1 шт.; Магнитная мешалка ПЭ-6110 с подогревом - 1 шт.; Вентилятор канальный ВК 200Б - 2 шт.; Спектрофотометр Apel PD-303 - 1 шт.; Магнитная мешалка ПЭ-6100 без подогрева - 1 шт.; Магнитная мешалка BioSan MS-3000 - 1 шт.; Вортекс лабораторный универсальный ХН-D (2800 об/мин/50Вт) - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 3 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.
5.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 021А	Комплект оборудования для проведения лабораторных занятий по основным разделам дисциплины Ультразвуковой толщиномер 38DLPlus - 1 шт.; Система пробоподготовки EM-09100IS - 1 шт.; Баллон стальной ГОСТ 949-73 - 1 шт.; Просвечивающий электронный микроскоп JEOL JEM-2100F с системой подготовки проб - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 2 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.

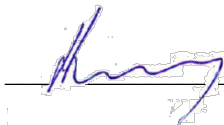
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов / специализация «Производство изделий из наноструктурных материалов и аддитивные технологии» (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Профессор		О.Л. Хасанов

Программа одобрена на заседании Отделения материаловедения ИШНПТ (протокол №19/1 от 01.07.2019).

Руководитель выпускающего отделения,
д.т.н, профессор

 /В.А. Клименов/

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании Отделения материаловедения (протокол)
2020/2021 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС.	№ 36/1 от 01.09.2020 г.