



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры


_____ А.Л. Каменева
д.т.н., профессор кафедры ИТМ

« 19 » « мая » 2022г.

**Рабочая программа дисциплины «Методы исследования
функциональных свойств наноматериалов, наноструктурных пленок и
покрытий и композитных структур» по программе аспирантуры**

Научная специальность	2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы
Направленность (профиль) программы аспирантуры Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Нанотехнологии и наноматериалы Инновационные технологии машиностроения
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 4
Виды контроля с указанием семестра: Зачет: 4 Диф.Зачет: Экзамен:	

Пермь 2022

1. Общие положения

Программа дисциплины «Методы исследования функциональных свойств наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур» разработана на основании следующих нормативных документов:

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Методы исследования функциональных свойств наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

1.1 Цель учебной дисциплины – изучение аспирантами методик испытания и оборудования для исследования функциональных свойств наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы исследования функциональных свойств наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур» является дисциплиной по выбору образовательного компонента плана аспиранта.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

Знать:

- методы проведения механических, трибологических и электрохимических испытаний наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур;
- современное оборудование для исследования структуры, строения и состава наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур.

Уметь:

- рассчитывать и анализировать основные функциональные свойства наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур;
- рассчитывать и анализировать основные физико-механические свойства металлов и сплавов: модуль упругости, пределы прочности, упругости, текучести, коэффициент ударной вязкости и др.

Владеть:

- навыками работы на отечественном лабораторном оборудовании для определения функциональных свойств наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур;
- навыками выбора эффективного оборудования и оснастки для оценки функциональных свойств наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		4 семестр
1	Аудиторная работа	21
	В том числе:	
	Лекции (Л)	-
	Практические занятия (ПЗ)	16
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	5
	Самостоятельная работа (СР)	51
	Форма итогового контроля:	зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Методы и средства определения комплекса физических и трибологических свойств материалов.

(Л – 0, ПР - 6, СР – 20)

Тема 1. Физические методы исследования. Термический анализ. Фазовые превращения в сплавах. Определение критических точек или температурных остановок на кривых охлаждения сплавов при температурах фазовых превращений. Дилатометрический метод. Определение критических точек сплавов, температурных интервалов существования фаз. Изучение процессов распада твердых растворов. Изучение физических процессов, связанных с деформацией и разрушением металлов при различных температурах и условиях приложения нагрузки. Приготовление тестовых образцов.

Тема 2. Исследование трения и износа материалов. Материалы, применяемые в узлах трения. Физико-механические лабораторные исследования материалов. Установление физико-механических свойств материалов и прогнозирование на этом основании их трибологических свойств. Оценка влияния физико-механических свойств материалов и внешних условий трения на их трибологические свойства и установление вида и закономерностей этого влияния. Натурные (стендовые) исследования триботехнических систем. Оценка влияния конструктивных особенностей исследуемой триботехнической системы на ее износ и долговечность. Эксплуатационные исследования машины (механизма) как механической системы, которая содержит триботехнические узлы определенного вида. Приготовление тестовых образцов.

Раздел 2. Методы и средства определения трещино- и коррозионностойких свойств материалов.

(Л – 0, ПР - 6, СР – 20)

Тема 3. Изучение трещиностойких свойств. Оценка трещиностойкости металлов по одной или нескольким силовым, деформационным и энергетическим величинам K_{Ic} , K_c^* , K_c , K_{QT} , δ_c , $J_c(/J_{Ic})$. Приготовление тестовых образцов. Испытательное оборудование: машины с механическим, гидравлическим или электрогидравлическим приводом, метрологические параметры которых соответствуют ГОСТ. Методика подготовки и проведения испытаний.

Тема 4. Изучение коррозионно-стойких свойств. Классификация видов коррозии по механизму процесса и характеру разрушения материала. Показатели коррозии и коррозионной стойкости. Факторы, вызывающие коррозию, защита против коррозии. Определение показателей коррозии и коррозионной стойкости. Металлографический метод оценки коррозионных поражений. Приготовление тестовых образцов. Оборудование для проведения электрохимических испытаний. Обработка испытаний в соответствии с ГОСТ. Раздел 3. Методы и средства определения адгезионных свойств материалов.

(Л – 0, ПР - 4, СР – 10)

Тема 5. Изучение адгезионных свойств. Классификация адгезионных соединений. Механизмы образования адгезионных соединений. Условия образования и характер разрушения адгезионных соединений. Условия создания прочного адгезионного соединения. Приготовление тестовых образцов. Оборудование для проведения адгезионных испытаний. Обработка испытаний в соответствии с ГОСТ. Методы определения адгезионной прочности.

4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	2	Определение коэффициента трения материала.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	4	Металлографическое исследование коррозионных поражений	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Определение критических точек сплавов, температурных интервалов существования фаз. Изучение процессов распада твердых растворов. Изучение физических процессов, связанных с деформацией и разрушением металлов при различных температурах и условиях приложения нагрузки. Приготовление тестовых	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

		образцов.		
2	3	Материалы, применяемые в узлах трения. Физико-механические лабораторные исследования материалов. Установление физико-механических свойств материалов и прогнозирование на этом основании их трибологических свойств. Оценка влияния физико-механических свойств материалов и внешних условий трения на их трибологические свойства и установление вида и закономерностей этого влияния.	Творческое задание	Темы творческих заданий

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Методы исследования функциональных свойств наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;

6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	Мишина Е. Д., Шерстюк Н. Э., Евдокимов А. А. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие. 6-е изд. Москва : Лаборатория знаний, 2021. 187 с. URL: https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-166740 (дата обращения: 02.07.2022).	e-книга
2	Каменева А. Л. Изучение функциональных свойств многослойных пленок на основе двух- и трехкомпонентных нитридов тугоплавких металлов и их соединений с легкоплавкими металлами и неметаллами : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2020. 210 с.	5+ЭБ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
3	<i>Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие для вузов / Мишина Е. Д., Вальднер В. О., Евдокимов А. А., Шерстюк Н.Э. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2013. 184 с.</i>	2 - 2013 2 - 2011 3 - 2010
4	<i>Быков С.Ю. Испытания материалов : учебное пособие для вузов / С. Ю. Быков, С. А. Схиртладзе .— 2-е изд., перераб. и доп. — Старый Оскол : ТНТ, 2016 .— 135 с.</i>	2016-5 2015-30
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебно-методические, научные издания		
1	<i>Элионная технология в микро- и nanoиндустрии: Неразрушающие методы контроля процессов осаждения и травления наноразмерных плёночных гетерокомпозиций : учебное пособие / Г. Д. Кузнецов [и др.] ; Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", Кафедра технологии материалов электроники .— Москва : Издат. дом МИСиС, 2012 .— 121 с.</i>	2
2	<i>Барахтин Б.К. Металлы и сплавы. Анализ и исследование. Физико-аналитические методы исследования металлов и сплавов. Неметаллические включения : справочник / Б.К. Барахтин, А.М. Немец ; Под ред. И.П. Калинкина .— СПб : Профессионал, 2006 .— 487 с .</i>	4
4	<i>Барахтин Б.К. Металлы и сплавы. Анализ и исследование. Физико-аналитические методы исследования металлов и сплавов. Неметаллические включения : справочник / Б.К. Барахтин, А.М. Немец ; Под ред. И.П. Калинкина .— СПб : Профессионал, 2006 .— 487 с .</i>	4
2.2 Периодические издания		
1	<i>Упрочняющие технологии и покрытия = Strengthening Technologies and Coatings : научно-технический и производственный журнал / Издательство "Машиностроение" .— Москва : Машиностроение, 2005- . — В вузах: ПНИПУ 2011-2014. — Издаётся с 2005 года .— Ежемесячное.</i>	
2	<i>Реферативные журналы «Металлургия», «Машиностроение»</i>	
3	<i>«Заводская лаборатория»</i>	
4	<i>«Известия вузов». Серии «Чёрная металлургия», «Цветная металлургия»</i>	
2.3 Нормативно-технические издания		
1	<i>Не предусмотрены</i>	
2.4 Официальные издания		
1	<i>Не предусмотрены</i>	

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

<https://www.freepatentsonline.com/8216702.pdf>, <https://www.dissercat.com/>
<https://escholarship.org/uc/item/85t453d2> <https://e.lanbook.com/> <https://www.fips.ru/elektronnye-servisy/> <https://findpatent.ru/>

6.2.2. Профессиональные базы данных

eLibrary, Scopus, Web of science.

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть).....	18	Оперативное управление	2126 АДФ
2	Электронный проектор “NEC M300X”	1	Оперативное управление	2126 АДФ
3	Система универсальная электромеханическая Instron 5882	1	Оперативное управление	лаборатории ЦЭМ - 100, 101а, 101б, 103, 104, к.Д
4	Электромеханический ударный измерительный стенд-копер для проведения динамических испытаний на удар CEAST 9350	1	Оперативное управление	
5	Специализированная сервоэлектрическая испытательная машина для проведения испытаний на термомеханическую	1	Оперативное управление	
6	Цифровая система для видео анализа и измерения деформации Vic-3D (Correlated solutions)	1	Оперативное управление	

8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Formой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является зачет, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Текущий контроль

Текущий контроль проводится в виде собеседования или (и) дискуссии с научным руководителем.

Промежуточная аттестация

Итоговой оценкой результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме устного выступления с научным докладом на семинаре. Аспирант должен представить не менее одного научного доклада и не менее двух кратких выступлений (выступление на заданную тему, рецензирование, оппонирование, изложение точки зрения).

8.2. Шкалы оценивания результатов обучения:

Оценка результатов обучения по дисциплине «Методы исследования структуры, строения и состава наноматериалов, наноструктурных пленок, покрытий и композитных структур» проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл. 5.

Таблица 5

Шкала и критерии оценки результатов обучения на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант уверенно или менее уверенно выступил с устным докладом на научном семинаре. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала, показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	Аспирант неуверенно выступил с устным докладом на научном семинаре или не подготовил доклад. При ответах аспирант продемонстрировал фрагментарные знания . При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов и неточностей. Проявил частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.

9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

10. Типовые вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки освоения дисциплины

10.1 Типовые творческие задания:

1. Рассчитать и проанализировать основные физико-механические свойства наноматериалов, наноструктурных пленок, покрытий и композитных структур: модуль упругости, пределы прочности, упругости, текучести, коэффициент ударной вязкости и др.;
2. Установить основные соотношения между структурой, составом и свойствами наноматериалов.
3. Установить основные соотношения между структурой, составом и свойствами наноструктурных пленок.
4. Установить основные соотношения между структурой, составом и свойствами наноструктурных покрытий.
5. Установить основные соотношения между структурой, составом и свойствами наноструктурных композитных структур.
6. Установление способов улучшения функциональных свойств наноструктурных пленок и покрытий.
7. Установление способов улучшения функциональных свойств наноматериалов и наноструктурных композитных структур.

.....

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		