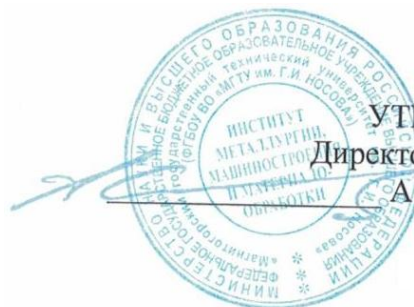




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

09.02.2023

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ПРОЧНОСТЬ И ПЛАСТИЧНОСТЬ НАНОМАТЕРИАЛОВ***

Направление подготовки (специальность)  
28.03.03 Наноматериалы

Направленность (профиль/специализация) программы  
Объемные наноматериалы, наноструктуры и изделия из них

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Технологий обработки материалов
Курс	2
Семестр	3, 4

Магнитогорск  
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы (приказ Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 968)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технологий обработки материалов

31.01.2023, протокол № 6


Зав. кафедрой  А.Б. Моллер

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

09.02.2023, протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

ст.науч.сотрудник инжинирингового центра ФГБОУ ВО МГТУ им.Г.И. Носова,  
канд. техн. наук  А.Е. Гулин

Рецензент:

доцент кафедры МиХТ, канд. техн. наук  М.В. Потапова

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины «Прочность и пластичность наноматериалов» являются: развитие у студентов личностных качеств, а также формирование общекультурных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Прочность и пластичность наноматериалов входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Общее материаловедение

Физикохимия наноструктур и наноматериалов

Физика

Математика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Механика материалов и основы конструирования

Конструирование наноматериалов

Основы деформационного наноструктурирования

Основы производства композиционных материалов

Основы производства порошковых материалов и изделий

Физические свойства материалов

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Прочность и пластичность наноматериалов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен проводить мониторинг инновационных технологических процессов и осуществлять методическое сопровождение создания объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них
ПК-1.1	Осуществляет поиск, анализ и систематизацию опыта в области перспективных направлений развития производства объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них
ПК-1.2	Разрабатывает методические подходы и рекомендации по проведению аналитических работ для оценки структуры и свойств объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них
ПК-1.3	Систематизирует, обрабатывает и подготавливает данные для корректировки регулируемых параметров технологического процесса производства объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 131,2 акад. часов;
- аудиторная – 126 акад. часов;
- внеаудиторная – 5,2 акад. часов;
- самостоятельная работа – 49,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен, курсовая работа, зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Прочность и пластичность наноматериалов								
1.1 Основные понятия физической и конструктивной прочности твердых тел	3	2			2	Повторение конспекта лекции	Блиц-опрос по теме лекции	
1.2 Дислокационная теория прочности и пластичности		4	8/3И		2	Подготовка к сдаче лабораторной работы	Сдача лабораторной работы	
1.3 Основные принципы структурного упрочнения материалов		4	10/3И		2	Подготовка к сдаче лабораторной работы	Сдача лабораторной работы	
1.4 Физика и механика пластичности и разрушения неорганических материалов		4		10/4И	2	Подготовка к сдаче практической работы	Сдача практической работы	
1.5 Основные направления разработки перспективных конструкционных		4		8/4,4И	7,1	Подготовка к сдаче практической работы	Сдача практической работы	
1.6 Механизмы деформации микрои нанокристаллических материалов	4	2			6			
1.7 Эффект Холла–Петча		4	8/3И		6			
1.8 Хрупкость и сверхпластичность микро- и нанокристаллических		4	10/3И		8			
1.9 Пластическая деформация наноматериалов		4		20	8			
1.10 Усталость и разрушение		4		16	6			
Итого по разделу		36	36/12И	54/8,4И	49,1			

Итого за семестр	18	18/6И	36	34		кр,зачёт	
Итого по дисциплине	36	36/12И	54/8,4 И	49,1		экзамен, курсовая работа, зачет	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образова-тельных технологий в преподавании дисциплины «Прочность и пластичность наноматериалов» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии с использованием мультимедийного оборудования и современного программного обеспечения, в том числе с использованием Интернет-ресурсов.

При проведении практических работ предполагается использование технологии модульного обучения и коллективного взаимообучения (парная работа трех видов: статическая пара, динамическая пара, вариационная пара).

Самостоятельная работа студентов направлена на закрепление теоретического материала, изложенного преподавателем, на проработку тем, отведенных на самостоятельное изучение, на подготовку к практическим и лабораторным занятиям, написание реферата, подготовку к промежуточным зачетам, к контрольной работе, выполнение курсовой работы и подготовку к зачету с оценкой.

В ходе занятий предполагается использование инновационного метода активного и интерактивного обучения студентов, включающего в себя:

- самостоятельную поисковую деятельность в решении учебных проблем, направляемую преподавателем;
- самостоятельное решение проблем студентами под контролем преподавателя.

Реализация инновационных методов обучения возможна с использованием следующих приемов:

- инструктаж студентов по составлению таблиц, схем, графиков с проведением последующего их анализа;
- применение рекомендаций по составлению тезисов и конспектов по прочитанному материалу;
- раскрытие преподавателем причин и характера неудач, встречающихся при решении проблем;
- демонстрация альтернативных подходов к решению конкретной проблемы;
- анализ полученных результатов и отыскание границ их применимости;
- использование заданий для самостоятельной работы с избыточными данными;
- самостоятельное составление студентами нестандартных задач и др.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Наноматериалы и нанотехнологии : учебник для вузов / Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова, О. Ю. Ганзуленко ; под редакцией Е. И. Пряхина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-5373-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149303> (дата обращения: 03.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Введение в нанотехнологию : учебник / В. И. Марголин, В. А. Жабрев, Г. Н. Лукьянов, В. А. Тупик. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-1318-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4310> (дата обращения: 03.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Рогачев, С. О. Металлические наноматериалы для медицины : учебное пособие / С. О. Рогачев. — Москва : МИСИС, 2015. — 86 с. — ISBN 978-5-87623-978-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93656> (дата обращения: 03.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

**в) Методические указания:**

1. Исследование и расчет напряженного состояния: Метод. указ. / Дорогобид В.Г. – Магнитогорск: МГТУ, 2007 - 45 с.

2. Исследование напряженно-деформированного состояния толстостенной трубы по теории упругопластических деформаций: Метод. указ. / Дорогобид В.Г. – Магнитогорск: МГТУ, 2006. – 33 с.

3. Исследование процессов пластической деформации при растяжении: Метод. указ. / Харитонов В.А., Иванцов А.Б., Мустафина В.Г., Головизнин С.М. - Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. – 44 с.

4. Определение механических свойств металла и построение кривых упрочнения по диаграмме растяжения: Метод. указ. / Дорогобид В.Г. – Магнитогорск: МГТУ, 2008. - 50 с.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Аппаратно - программный комплекс "Многомасштабное моделирование в нанотехнологиях"	К-62-14 от 12.08.2014	бессрочно
LibreOffice	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Adobe Reader	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>



## **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
4. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
5. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
6. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
  - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
  - инструментами для ремонта учебного оборудования;
  - шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

По дисциплине «Прочность и пластичность наноматериалов» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся. Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает участие в собеседовании на заданную тему, подготовке обоснованных ответов на вопросы преподавателя и участие в устном опросе, разбор практических вопросов продвижения научной продукции.

Устный опрос:

Теоретическая прочность твердого тела.

Упругая и пластическая деформация.

Закон Гука.

Модули нормальной упругости, сдвига и всестороннего сжатия.

Кривая пластического течения.

Пределы пропорциональности, упругости текучести и прочности.

Площадка и зуб текучести, деформационное упрочнение.

Напряжение разрушения.

Относительное удлинение и относительное сужение.

Виды механических испытаний.

Общая классификация дефектов структуры.

Точечные, линейные, плоские и объемные дефекты.

Вакансии, примеси и границы зерен.

Дислокации. Краевая, винтовая и смешанная дислокация.

Поле напряжений дислокации.

Упругое взаимодействие дислокаций.

Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.

Поперечное скольжение.

Источники дислокаций.

Наноматериалы с полимерной матрицей.

Полимерные нанокомпозиты со слоистыми силикатами.

Перспективные области применения конструкционных наноматериалов и нанокомпозитов с метал-лической, керамической и полимерной матрицей.

Биосовместимые объемные материалы и покрытия.

Радиационностойкие материалы.

Вязкие керамики.

«Умные» материалы.

Многофункциональные материалы.

Градиентные, гибридные и метаматериалы.

Порошковая металлургия.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы, материалов интернет-ресурсов по соответствующей теме для выбора материала для участия в собеседованиях и устных опросах.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<p>ПК-1: Способен проводить мониторинг инновационных технологических процессов и осуществлять методическое сопровождение создания объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них</p>		
ПК-1.1	<p>Осуществляет поиск, анализ и систематизацию опыта в области перспективных направлений развития производства объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них</p>	<p><b>Теоретические вопросы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Упругая и пластическая деформация.</li> <li>2. Закон Гука. Модули нормальной упругости, сдвига и всестороннего сжатия.</li> <li>3. Кривая пластического течения. Пределы пропорциональности, упругости текучести и прочности. Площадка и зуб текучести, деформационное упрочнение.</li> <li>4. Относительное удлинение и относительное сужение.</li> <li>5. Виды механических испытаний.</li> <li>6. Понятие конструктивной прочности.</li> <li>7. Требования, предъявляемые к конструкционным материалам. Жесткость, прочность, надежность и долговечность материалов. Усталость.</li> <li>8. Механизмы пластической деформации.</li> <li>9. Прочность монокристаллов.</li> <li>10. Деформационное старение и зуб текучести.</li> <li>11. Субструктурное упрочнение.</li> <li>12. Твердорастворное упрочнение.</li> <li>13. Статическая и динамическая деформация.</li> </ol>
ПК-1.2	<p>Разрабатывает методические подходы и рекомендации по проведению аналитических работ для оценки структуры и свойств объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них</p>	<p><b>Задания, выполняемые в рамках лабораторных работ:</b></p> <p>Определить ключевые факторы технологии обработки наноматериала</p> <p>Определить механических свойств и построение кривых упрочнения по диаграмме растяжения</p> <p>Провести статистическую обработку и анализ экспериментальных результатов исследования структуры и механических свойств наноматериалов</p> <p>Обосновать выбор метода получения необходимого уровня механических свойств</p>
ПК-1.3	<p>Систематизирует, обрабатывает и подготавливает данные для корректировки регулируемых параметров технологического процесса производства</p>	<p><b>Теоретические вопросы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>14. Деформационная фрагментация и низкотемпературная динамическая рекристаллизация.</li> <li>15. Сверхпластичность.</li> </ol>

	объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них	16. Зернограничное проскальзывание. 17. Ползучесть. 18. Неупругость и микропластичность. 19. Сверхупругость и память формы. 20. Виды разрушения. Хрупкое и вязкое разрушение. 21. Замедленное и усталостное разрушение. 22. Основные методы повышения пластичности материалов. 23. Структура наноматериалов. 24. Структурные механизмы пластической деформации и разрушения наноматериалов. 25. Структурные механизмы пластической деформации и разрушения аморфных материалов. 26. Новые принципы создания перспективных материалов.
--	--	---

***б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:***

Промежуточная аттестация по дисциплине «Прочность и пластичность наноматериалов» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

на оценку «зачтено» обучающийся должен показать высокий уровень знания материала по дисциплине, продемонстрировать интеллектуальные навыки решения проблем, нахождения уникальных ответов, вынесения критических суждений; продемонстрировать знание и понимание дисциплины, умение оперировать этими знаниями в профессиональной деятельности;

на оценку «не зачтено» обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации по дисциплине, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач, умение критически оценивать свои личностные качества.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по представленным к экзамену вопросам.

***Критерии аттестации экзамена:***

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

– на оценку «отлично» – обучающийся должен показать высокий уровень знания материала по дисциплине не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и продемонстрировать интеллектуальные навыки решения проблем, нахождения уникальных ответов, вынесения критических суждений; продемонстрировать знание и понимание законов дисциплины, умение оперировать этими знаниями в профессиональной деятельности;

– на оценку «хорошо» – обучающийся должен показать средний уровень знания материала по дисциплине не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и продемонстрировать интеллектуальные навыки решения проблем, нахождения уникальных ответов, вынесения критических суждений; продемонстрировать знание и понимание законов дисциплины, умение оперировать этими знаниями в профессиональной деятельности;

– на оценку «удовлетворительно» – обучающийся должен показать пороговый

уровень знания материала по дисциплине не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и продемонстрировать интеллектуальные навыки решения проблем, нахождения уникальных ответов, вынесения критических суждений; продемонстрировать знание и понимание законов дисциплины, умение оперировать этими знаниями в профессиональной деятельности;

– на оценку «неудовлетворительно» – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации по дисциплине, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

**Показатели и критерии оценивания курсовой работы:**

– на оценку «отлично» – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку «хорошо» – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку «удовлетворительно» – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку «неудовлетворительно» – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

Курсовая работа выполняется под руководством преподавателя. В процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении настоящего курса. При выполнении курсовой работы обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсовой работы обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.