

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Экспериментальная механика материалов

---

Уровень высшего образования

Специалитет

---

Направление подготовки / специальность

01.05.01 - Фундаментальные математика и механика

---

Направленность образовательной программы

Фундаментальная механика и приложения

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.35 Экспериментальная механика материалов относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы фундаментальной математики и механики	ОПК-1.1: Знает основы фундаментальных физико-математических дисциплин и других естественных наук ОПК-1.2: Умеет формулировать, анализировать и решать профессиональные задачи с применением фундаментальных знаний математики, физики и других естественных наук ОПК-1.3: Имеет практический опыт постановки и решения актуальных задач математики и механики	ОПК-1.1: Знает основы фундаментальных физико-математических дисциплин, необходимые при создании моделей реальных тел и конструкций.  ОПК-1.2: Умеет применять и модифицировать известные модели реальных тел и конструкций.  ОПК-1.3: Имеет опыт решения задач нелинейного деформирования ответственных конструкций, подвергающихся импульсным воздействиям.	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы
ОПК-2: Способен создавать, анализировать и реализовывать новые математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении	ОПК-2.1: Знает основные положения, терминологию и методологию в области математического и алгоритмического моделирования ОПК-2.2: Умеет осуществлять анализ и выбор методов решения задач профессиональной и научной деятельности на основе теоретических знаний в области математических и	ОПК-2.1: Знает основной набор современных методов и алгоритмов математического моделирования элементов конструкций при динамическом нагружении.  ОПК-2.2: Умеет осознанно выбрать оптимальные методы экспериментальных исследований механических свойств материалов при	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

	компьютерных наук ОПК-2.3: Имеет практический опыт разработки новых методов математического моделирования для решения задач профессиональной и научной деятельности	импульсных воздействиях.  ОПК-2.3: Имеет опыт использования методов идентификации и верификации математических моделей деформирования твердых тел, реализованных в программных комплексах ANSYS, LS-DYNA.		
ОПК-4: Способен использовать в педагогической деятельности научные основы знаний в сфере математики и механики	ОПК-4.1: Знает основы преподавания физико-математических дисциплин и компьютерных наук в средней школе, специальных и высших учебных заведениях ОПК-4.2: Умеет использовать полученные фундаментальные и специальные знания в области физико-математических наук в преподавательской деятельности ОПК-4.3: Имеет практический опыт планирования и подготовки учебных занятий, а также представления известных научных знаний и результатов собственных научных исследований	ОПК-4.1: Знает методические и фактические основы преподавания физико-математических дисциплин и компьютерных наук в высших учебных заведениях.  ОПК-4.2: Умеет использовать полученные фундаментальные и специальные знания в области экспериментальной механики материалов в преподавательской деятельности  ОПК-4.3: Имеет практический опыт планирования и подготовки учебных занятий, проведения научных исследований, оформления результатов и их представления мировой научной общественности.	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>5</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>180</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32

- КСР	2
самостоятельная работа	78
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Раздел 1. Задачи и методы механических испытаний конструкционных материалов	9	4		4	5
Раздел 2. Механические свойства конструкционных материалов	9	2	2	4	5
Раздел 3. Понятие о напряженно-деформированном состоянии материала	16	6	2	8	8
Раздел 4. Диаграммы деформирования металлов и сплавов	10		4	4	6
Раздел 5. Диаграммы деформирования хрупких структурно-неоднородных сред	8	2		2	6
Раздел 6. Статические испытательные машины	12	4	2	6	6
Раздел 7. Методы динамических испытаний материалов	19	6	6	12	7
Раздел 8. Методы высокоинтенсивных динамических испытаний материалов	12		4	4	8
Раздел 9. Средства регистрации при высокоскоростных испытаниях	14	2	4	6	8
Раздел 10. Численное моделирование высокоскоростного деформирования	21	2	8	10	11
Раздел 11. Верификация численных моделей высокоскоростного деформирования конструкционных материалов	12	4		4	8
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	180	32	32	66	78

#### Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Задачи и методы механических испытаний конструкционных материалов.

Тема 1: Предмет и задачи курса «Экспериментальная механика материалов». История развития методов экспериментальной механики деформируемых твердых тел.

Тема 2: Виды и влияние внешних воздействий на здания, сооружения и элементы конструкций.

Основные физико-механические свойства конструкционных материалов.

Раздел 2. Механические свойства конструкционных материалов.

Тема 1: Основные механические характеристики металлов и сплавов. Базовые (критериальные) механические свойства материалов — прочность, пластичность, твердость, ударная вязкость и выносливость. Экспериментальные методы исследования базовых механических свойств материалов.

Тема 2: Виды экспериментов. Измеряемые в эксперименте параметры. Компоненты испытательных систем. Жесткое и мягкое нагружение. Способы измерения усилий и деформаций.

Раздел 3. Понятие о напряженно-деформированном состоянии материала.

Тема 1: Понятие напряжения, деформации. Понятие тензора напряжений и деформаций. Коэффициент мягкости напряженного состояния. Схемы напряженно-деформированного состояния.

Тема 2: Требования к образцам для испытаний. Однородность напряженно-деформированного состояния образца. Инерционные эффекты. Влияние скорости деформации.

Тема 3: Упругая и пластическая деформации. Элементарный закон Гука. Физический смысл модуля упругости. Упругие константы и связь между ними. Обобщенный закон Гука для изотропных тел. Методы определения упругих модулей. Влияние различных факторов на величину упругих модулей.

Тема 4: Основные гипотезы и принципы механики материалов. Расчетная схема объекта. Типовые формы элементов инженерных сооружений. Внешние силы и их классификация.

Раздел 4. Диаграммы деформирования металлов и сплавов.

Тема 1: Понятие диаграммы деформирования пластичных и хрупких материалов. Техническая, условная и истинная диаграммы. Типы идеализированных диаграмм (линейно-упругая, нелинейно-упругая, упругопластическая, идеально-пластическая), используемых при расчете и численном моделировании. Чувствительность к скорости деформации.

Тема 2: Модуль упругости, секущий модуль, модуль участка упрочнения и разгрузки. Предел текучести при растяжении и сжатии. Временное сопротивление. Полная и остаточная деформация. Эффект наклепа. Предельные характеристики пластичности. Разномодульные материалы.

Раздел 5. Диаграммы деформирования хрупких структурно-неоднородных сред.

Тема 1: Диаграммы деформирования хрупких структурно-неоднородных сред при одноосном напряжении (сжатие и растяжение) и одноосной деформации. Диаграммы деформирования мягких грунтовых сред при одноосной деформации. Влияние скорости деформации на кривую ударной сжимаемости.

Раздел 6. Статические испытательные машины.

Тема 1: Типы статических испытательных машин: простые и универсальные, широкого применения, специализированные и целевые. Силовые схемы испытательных машин. Типы приводов. Захваты испытательных машин. Базовые испытания. Понятие жесткого и мягкого режимов нагружения. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Испытания на ползучесть.

Тема 2: Испытания на трещиностойкость (ударную вязкость). Неразрушающие методы контроля. Определение твердости. Устройства для измерения нагрузки и деформации при квазистатических испытаниях. Динамометры, деформометры, тензометры, индикаторы, прогибомеры, месдозы. Средства бесконтактного измерения деформаций.

Тема 3. Практическое знакомство с парком статических испытательных машин

Раздел 7. Методы динамических испытаний материалов.

Тема 1: Средства создания интенсивных кратковременных нагрузок. Копровые испытания, кулачковый пластометр, метод Тейлора, методика расширяющегося кольца. Газовые пушки. Взрывное нагружение, магнитоимпульсное нагружение, взрыв проволоки в воде.

Тема 2: Методика Кольского при сжатии и растяжении. Достоинства и недостатки. Однородность напряженно-деформированного состояния. Инерционные эффекты. Оптимальная геометрия образцов. Волновые эффекты в стержнях, дисперсия волн. Формирование нагружающего импульса.

Тема 3: Модификации методики Кольского: испытания при срезе, чистом сдвиге, комбинированном нагружении, при исследовании трещиностойкости и динамической твердости.

Тема 4. Практическое знакомство с экспериментальным комплексом установок для динамических испытаний материалов

Тема 5: Модификация методики Кольского для исследования свойств в условиях одноосной

деформации. Влияние степени ограничения боковой деформации. Исследование анизотропии свойств.  
Тема 6: Регистрирующие устройства. Динамометр-волновод. Датчики для измерения деформаций: фольговые тензорезисторы, полупроводниковые тензодатчики. Коэффициент тензочувствительности. Схемы питания тензодатчиков. Тензостанции. Термокомпенсация, подавление помех.

Раздел 8. Методы высокоинтенсивных динамических испытаний материалов.

Тема 1: Плосковолновые ударные методы испытаний. Исследование ударной сжимаемости. Методы построения ударной адиабаты. Средства регистрации волн сжатия. Исследование откольной прочности.

Тема 2: Методы исследования процессов ударного взаимодействия. Эксперименты в прямой и обращённой постановках. Средства регистрации параметров ударного взаимодействия.

Экспериментальная техника проведения плосковолновых ударных испытаний. Средства нагружения образцов и методы регистрации параметров. Диэлектрические и манганиновые датчики.

Раздел 9. Средства регистрации при высокоскоростных испытаниях.

Тема 1: Типы датчиков для измерения перемещений (ёмкостные, индуктивные, резисторные, фотодатчики). Пьезорезистивный эффект. Способы регистрации полей деформации: муаровые покрытия, поляризационные покрытия.

Тема 2: Датчики для измерения волн давления (PVDF, манганин). Исследование высокоскоростных процессов: кинокамеры, лазерные интерферометры (Майкельсона, дифференциальный, VISAR, PDV).

Тема 3: Современные средства бесконтактной регистрации полей деформации при высокоскоростном деформировании материалов. Спекл-интерферометрия.

Раздел 10. Численное моделирование высокоскоростного деформирования.

Тема 1: Использование численного моделирования при конструировании и расчете элементов ответственных конструкций на динамические воздействия. Расчетные комплексы LS-DYNA, ABAQUS, ЛОГОС. Этапы и компоненты моделирования. Базы данных.

Тема 2: Определяющие соотношения теории пластичности. Численные модели материалов (металлов). Типы численных моделей (феноменологические и физически обоснованные).

Тема 3: Модели пластичности металлов и сплавов. Учет моделями влияния различных факторов: скорости деформации, температуры, истории.

Тема 4: Критерии разрушения материалов и численные модели деформирования и разрушения хрупких сред.

Тема 5: Параметрическая идентификация численных моделей пластичности металлов и сплавов. Идентификация критериев разрушения металлов и сплавов.

Раздел 11. Верификация численных моделей высокоскоростного деформирования конструкционных материалов.

Тема 1: Верификация численных моделей пластичности металлов и сплавов. Натурные и виртуальные тестовые эксперименты. Способы оценки достоверности моделей. Тест Тейлора. Динамическое индентирование.

Тема 2: Верификация численных моделей деформирования и критериев разрушения хрупких сред. Натурные и виртуальные эксперименты. Способы оценки достоверности моделей.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- самостоятельная теоретическая подготовка к занятиям практического типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях),

- подготовка и отчет по выполненным в специализированной аудитории.
- Формами контроля самостоятельной работы студентов, соответственно, являются:
- сдача теоретического допуска к практической работе (может проходить как в письменной форме, так и в форме устного собеседования)
  - защита отчета о выполненной практической работе – в виде собеседования.
  - Самостоятельное выполнение итоговой практической работы с индивидуальным заданием.

Экзамен выставляется по итогам успешной сдачи итоговой работы при условии успешной сдачи всех запланированных на семестр работ.

Дополнительная литература:

1. Прикладная механика. Механика материалов: учебно-методическое пособие / сост.: В.Н. Основин [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2018. – 356 с.

[https://www.bsatu.by/sites/default/files/field/publikatsiya\\_file/prikladnaya-mehanika-mehanika-materialov.pdf](https://www.bsatu.by/sites/default/files/field/publikatsiya_file/prikladnaya-mehanika-mehanika-materialov.pdf)

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:**

1. Привести примеры диаграмм деформирования пластичных и хрупких материалов.
2. Объяснить сущность жесткого и мягкого режимов нагружения при испытаниях материалов.
3. Объяснить этапы параметрической идентификации численных моделей пластичности металлов и сплавов

#### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:**

1. Популярные модели пластического деформирования металлов и сплавов.
2. Способы постановки численных экспериментов для верификации моделей пластичности металлов и сплавов.
3. Привести примеры экспериментов для верификации моделей деформирования и разрушения хрупких сред.

#### **5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-4:**

1. Привести примеры силовых схем испытательных машин.
2. Объяснить, какие устройства применяются для измерения нагрузки и деформации при квазистатических испытаниях.
3. Объяснить способы представления результатов динамических испытаний металлов при сжатии.

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых	При решении стандартных	Имеется минимальн	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрированы



	навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	задач не продемонстриро ваны базовые навыки. Имели место грубые ошибки	ый набор навыков для решения стандартны х задач с некоторым и недочетами	базовые навыки при решении стандартны х задач с некоторым и недочетами	базовые навыки при решении стандартны х задач без ошибок и недочетов	навыки при решении нестандарт ных задач без ошибок и недочетов	творческий подход к решению нестандартны х задач
--	--	---	--	---	--	---	--

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворитель но	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворите льно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Основные физико-механические свойства конструкционных материалов. Изотропные и анизотропные материалы.
2. Понятие напряжения, деформации. Понятие тензора напряжений и деформаций.
3. Основные гипотезы и принципы механики материалов.

#### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

1. Модели пластичности металлов и сплавов. Учет моделями влияния различных факторов: скорости деформации, температуры, истории.
2. Параметрическая идентификация численных моделей пластичности металлов и сплавов.

3. Идентификация критериев разрушения металлов и сплавов.

### 5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-4

1. Экспериментальные методы исследования базовых механических свойств материалов.
2. Диаграммы деформирования пластичных и хрупких материалов. Условная и истинная диаграммы. Типы идеализированных диаграмм.
3. Исследование механических свойств в условиях одноосной деформации.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Экспериментальная механика : в 2 кн. Кн. 1 / под ред. А. Кобаяси ; пер. с англ. под ред. Б. Н. Ушакова ; [авт. кн.: С. Алтури и др.]. - М. : Мир, 1990. - 615 с. : ил. - ISBN 5-03-001542-6 (в пер.) : 3.50., 1 экз.
2. Механика материалов и конструкций. Основные формулы. Контрольные вопросы и задачи. Основоположники механики : учебное пособие / Окопный Ю.А.; Радин В.П.; Хроматов В.Е.; Чирков В.П. - Москва : МЭИ, 2022. - . - ISBN 978-5-383-01511-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=869579&idb=0>.
3. Ломунов Андрей Кириллович. Высокоскоростная деформация материалов различной физической природы : дис. ... д-ра физ.-мат. наук : 01.02.04 / ННГУ. - Н. Новгород, 2008. - 295 с. - Библиогр.: с. 275 - 295., 1 экз.
4. Симонов Ю. Н. Физика прочности и механические испытания металлов: курс лекций / Симонов Ю. Н., Симонов М. Ю. - Пермь : ПНИПУ, 2020. - 199 с. - Утверждено Редакционно-издательским

советом университета. - Книга из коллекции ПНИПУ - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-398-02349-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=804266&idb=0>.

5. Надаи Арпад. Пластичность и разрушение твердых тел : пер. с англ. [Т. 1] / под ред. Г. С. Шапира. - М. : Изд-во иностр. лит., 1954. - 648 с. : ил. - 30.55., 1 экз.

6. Надаи Арпад. Пластичность и разрушение твердых тел. Т. 2 / под ред. Г. С. Шапира ; пер. В. И. Розенблюма [и др.]. - М. : Мир, 1969. - 863 с. : ил., карт. - 4.02., 11 экз.

#### Дополнительная литература:

1. Ильющин Алексей Антонович. Сопротивление материалов : [учеб. пособие для ун-тов]. - М. : Физматгиз, 1959. - 371 с. : ил. - 8.00., 1 экз.

2. Брагов Анатолий Михайлович. Экспериментально-теоретическое исследование процессов высокоскоростного деформирования и разрушения материалов различной физической природы и использованием метода Кольского и его модификаций : монография / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2018. - 187 с. : ил. - ISBN 978-5-91326-488-6 : 516.89., 2 экз.

3. Фридман Яков Борисович. Механические свойства металлов : в 2 ч. Ч. 1. Деформация и разрушение. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1974. - 472 с. : ил. - 2.45., 2 экз.

4. Золоторевский Вадим Семенович. Механические свойства металлов : учебник для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : МИСИС, 1998. - 400 с. - 42.00., 1 экз.

#### Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/solid.htm>
2. <http://www.cadfem-cis.ru/>
3. <https://www.facebook.com/cadfemcis>
4. <http://www.youtube.com/user/CADFEM>
5. <http://www.cae-club.ru/forum>
6. Научно-образовательный центр при МИАН – <http://www.mi.ras.ru/>
7. Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ –
8. <http://lib.mexmat.ru/>
9. Электронная библиотека - <http://www.hi-edu.ru>
10. Электронные поисковые системы Yandex, Google и т.д.

#### **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: проектор, экран

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по специальности 01.05.01 - Фундаментальные математика и механика.

Автор(ы): Ломунов Андрей Кириллович, доктор физико-математических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.