

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 Ученого совета ННГУ

протокол № 12 от 26.12.2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Физико-механический практикум

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

15.03.03 - Прикладная механика

---

Направленность образовательной программы

Инженерное приложение суперкомпьютерного моделирования

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.28 Физико-механический практикум 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-13: Способен владеть методами информационных технологий подготовки конструкторско-технологической документации с соблюдением основных требований информационной безопасности;	ОПК-13.1: Демонстрирует знание основ информационных технологий подготовки конструкторско-технологической документации с соблюдением основных требований к информационной безопасности ОПК-13.2: Демонстрирует умение применять методы информационных технологий подготовки конструкторско-технологической документации с соблюдением основных требований к информационной безопасности ОПК-13.3: Владеет методикой учета современных тенденций развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности	ОПК-13.1: Знает основы информационных технологий подготовки конструкторско-технологической документации с соблюдением основных требований к информационной безопасности  ОПК-13.2: Умеет применять методы информационных технологий подготовки конструкторско-технологической документации с соблюдением основных требований к информационной безопасности  ОПК-13.3: Владеет навыками учета современных тенденций развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы
ОПК-5: Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью;	ОПК-5.1: Демонстрирует знание методов разработки аналитических и численных методов при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем,	ОПК-5.1: Знает методы разработки аналитических и численных методов при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем,	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

	технологических процессов ОПК-5.2: Демонстрирует умение разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов ОПК-5.3: Владеет методикой разработки аналитических и численных методов при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	технологических процессов.  ОПК-5.2: Умеет разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.  ОПК-5.3: Владеет навыками разработки аналитических и численных методов при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>4</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>0</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>96</b>
- КСР	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>46</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>зачёт</b>

#### 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			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные	Всего	

			работы), часы		
	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О
Владеет навыками учета современных тенденций развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности	13		8	8	5
Построение диаграмм деформирования по результатам испытания на кручение	13		8	8	5
Определение микро- и макротвердости материалов	14		8	8	6
Экспериментальное исследование устойчивости прямолинейных стержней при осевом сжатии	14		8	8	6
Перемещения и деформации при прямом и косом изгибе консольной балки	22		16	16	6
Определение коэффициента тензочувствительности партии датчиков с помощью балки равного сопротивления	22		16	16	6
Плоское напряженное состояние на примере цилиндрической оболочки под внутренним давлением	22		16	16	6
Исследование динамики колебаний механических систем	22		16	16	6
Аттестация	0				
КСР	2			2	
Итого	144	0	96	98	46

### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Построение истинных диаграмм деформирования по результатам испытаний образцов на осевое растяжение: на примере растяжения образца доразрушение исследование процессов деформирования, построение вторичных условных и истинных диаграмм деформирования; определение предела прочности, относительно удлинения на разрыв; определение модуля Юнга, коэффициента Пуассона, предела текучести.
2. Построение диаграмм деформирования по результатам испытания на кручение: на примере кручения образца с круглым поперечным сечением до разрушения исследование процессов деформирования, построение вторичных условных и истинных диаграмм деформирования; определение предела прочности при кручении; знакомство с торсиомером, определение сдвигового модуля упругости, предела текучести при кручении.
3. Определение микро- и макротвердости материалов: на примере плоских металлических образцов ознакомление с методами измерения твердости, измерение твердости по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу.
4. Экспериментальное исследование устойчивости прямолинейных стержней при осевом сжатии: экспериментальное исследование эйлеровой критической силы в зависимости от длины, сечения, материала, условий закрепления; критерий начальных несовершенств, метод Саусвела определения критической силы.
5. Перемещения и деформации при прямом и косом изгибе консольной балки. Что такое и что не такое: консольная балка, изгиб, прямой изгиб, косой изгиб, главные оси сечения. Принцип независимости действия нагрузок при косом изгибе. Закон Гука для балки. Закон Гука при нагрузке и разгрузке. Жесткость в зависимости от ориентации сечения.
6. Определение коэффициента тензочувствительности партии датчиков с помощью балки равного сопротивления. Тензометрический метод измерения деформаций. Проволочный тензодатчик. Тензостанция. Причины разброса показаний тензодатчиков. Балка равного сопротивления. Распределение деформаций и напряжений в балке.
7. Плоское напряженное состояние на примере цилиндрической оболочки под внутренним давлением.

Что такое плоское напряженное состояние. Почему напряженное состояние в круговой цилиндрической оболочке под внутренним давлением можно считать плоским. Двухосное и одноосное напряженное состояние. Изменение деформаций и напряжений при повороте осей координат.

8. Исследование динамики колебаний механических систем. Степени свободы системы. Закон движения тела. Уравнения Лагранжа. Собственные и парциальные колебания. Решение и исследование уравнения вынужденных колебаний связанных маятников. Биения. Влияние параметра.

#### **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 соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде лабораторной (в специализированной аудитории) и самостоятельной работы студентов. 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 практического типа),
- подготовка и отчет по выполненным в специализированной аудитории лабораторным работам.

Формами контроля самостоятельной работы студентов, соответственно, являются:

- сдача теоретического допуска к лабораторной работе (может проходить как в письменной форме, так и в форме устного собеседования)
- защита отчета о выполненной лабораторной работе

Зачет выставляется автоматически при условии успешной сдачи всех запланированных на семестр работ.

#### **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-13:**

1. Способы проведения эксперимента.
2. Средства измерений.
3. Экспериментальные образцы.
4. Последовательность испытаний.
5. Планирование эксперимента.
6. Методы измерений.
7. Оценка погрешности.
8. Метод наименьших квадратов.

##### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-5:**

1. Эксперимент и его основы.
2. Способы планирования эксперимента.
3. Методы обработки экспериментальных данных

### 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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными недочетами и,	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

				с недочетами		выполнены все задания в полном объеме	
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных 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».
	удовлетворительно	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	неудовлетворительно	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-13

1. Центральное растяжение-сжатие прямолинейного стержня. Метод сечений. Внутреннее нормальное усилие в поперечном сечении. Гипотезы. Деформации в стержне. Напряжения в поперечном сечении. Закон Гука.
2. Отражение принципа Сен-Венана при испытании образцов на растяжение.

3. Определение напряжений, возникающих в произвольно наклоненной площадке при растяжении образца. Первоначальная диаграмма растяжения.
4. Определение модуля упругости  $E$  из первичной диаграммы растяжения.
5. Вторичная условная диаграмма растяжения для пластических материалов.
6. Характерные точки диаграммы: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, условный предел текучести, предел прочности.
7. Вторичная условная диаграмма растяжения для хрупких материалов.
8. Определение истинных напряжений и деформаций.
9. Коэффициент поперечной деформации.
10. Вторичная истинная диаграмма напряжений
11. Образование шейки. Объемное напряженное состояние в шейке.
12. Интенсивность напряжений и интенсивность деформаций.
13. Диаграмма деформирования.
14. Условия прочности. Коэффициент запаса прочности. Допускаемые напряжения для пластических и хрупких материалов при растяжении и сжатии. Критическая сила.
15. Энергия деформирования.
16. Какое состояние называется чистым сдвигом.
17. Какой должна быть внешняя нагрузка, чтобы образец испытывал чистое кручение.
18. Сформулировать и объяснить гипотезу плоских сечений при кручении круглых цилиндрических образцов.
19. Сформулировать и объяснить принцип Сен-Венана при чистом кручении круглого цилиндрического образца.
20. Что такое упругая и остаточная деформация сдвига при чистом кручении? Как найти ее, имея диаграмму  $M - \varphi$ .
21. Показать математически, что при чистом сдвиге не происходит изменения объема образца.
22. Какой смысл объемного модуля  $K$ .
23. Вывести формулу для модуля  $K$  из обобщенного закона Гука.
24. Вычислить максимальную погрешность замены реального распределения касательных напряжений в тонкостенной трубке толщиной  $\delta$  и наибольшего радиуса  $R$  равномерным распределением напряжений в пределах закона Гука.
25. Твердость материала – механическая характеристика.
26. Методы измерения твердости.
27. Приборы для измерения твердости.
28. Различие твердости по Бринеллю и твердости по Мейеру.
29. Физическая связь между твердостью по Бринеллю и твердостью по Виккерсу.
30. Физический смысл корреляционной связи между пределом прочности и твердостью.
31. Нормальное и касательное напряжение
32. Перемещение, линейная деформация и угол сдвига
33. Тензометрический метод измерения деформаций
34. Прямой изгиб, косой изгиб балки
35. Гипотеза плоских сечений при изгибе
36. Степени свободы механической системы
37. Зачем нужна балка равного сопротивления при измерении тензочувствительности
38. Зачем нужно при изгибе приводить к главным осям поперечного сечения стержня

### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-5**

1. Используя экспериментальные результаты измерения твердости, определите класс материала, с которым проводился эксперимент.



2. Отыщите в Инете данные о зависимости предела текучести и предела прочности от твердости материала.
3. Оцените предел текучести и предел прочности по данным о твердости, полученным Вами экспериментально.
4. Сравните полученный экспериментальные значения модуля упругости 1 рода  $E$  с известными значениями для вашего материала.
5. Сравните полученный экспериментальные значения модуля упругости 2 рода  $G$  с известными значениями для вашего материала.
6. Сравните (нарисуйте в одних осях) диаграммы деформирования, полученные из опытов на растяжение и кручение образцов.
7. Оцените среднее арифметическое и дисперсию ряда данных
8. При заданной силе, размерах и ориентации площадки вычислить напряжения на ней
9. Даны нормальные и касательные напряжения на двух взаимно перпендикулярных площадках в точке тела. Найти нормальное и касательное напряжение на площадке, наклоненной к этим двум под углами  $45^\circ$  и  $45^\circ$ ,  $30^\circ$  и  $60^\circ$

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

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

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

Основная литература:

1. Белл Джеймс Фредерик. Экспериментальные основы механики деформируемых твердых тел : [в 2 ч.]. Ч. 1. Малые деформации / пер. с англ. Л. Е. Иофина [и др.] ; под ред. А. П. Филина. - М. : Наука, 1984. - 596 с. : ил. - 6.60., 2 экз.
2. Белл Джеймс Фредерик. Экспериментальные основы механики деформируемых твердых тел : [в 2 ч.]. Ч. 2. Конечные деформации / пер. с англ. А. М. Линькова [и др.] ; под ред. А. П. Филина. - М. : Наука, 1984. - 431 с. : ил. - 4.50., 2 экз.
3. Лабораторный практикум по механике материалов и конструкций : учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности "Механика" / под ред. А. К. Любимова ; Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2003. - 360 с. - ISBN 5-85746-495-1 : 41.00., 51 экз.
4. Феодосьев Всеволод Иванович. Сопротивление материалов : [учеб. для вузов]. - 9-е изд., перераб. - М. : Наука, 1986. - 512 с. : ил. - 1.10., 33 экз.
5. Работнов Юрий Николаевич. Сопротивление материалов : [учеб. пособие для ун-тов]. - М. : Физматгиз, 1962. - 455 с. : с черт. - 0.88., 20 экз.

Дополнительная литература:

1. Работнов Юрий Николаевич. Механика деформируемого твердого тела : [учеб. пособие для

мех.-мат. и физ. специальностей ун-тов]. - 2-е изд., испр. - М. : Наука, 1988. - 711, [1] с. : ил. - 1.80., 12 экз.

2. Шенк Хилберт мл. Теория инженерного эксперимента / пер. с англ. Е. Г. Коваленко ; под ред. Н. П. Бусленко. - М. : Мир, 1972. - 381 с. : черт. - 1.51., 2 экз.

3. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Наука, 1976. - 378 с. - 1.23., 2 экз.

4. Новицкий Петр Васильевич. Оценка погрешностей результатов измерений : справочник. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л. : Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1991. - 301 с. : ил. - 3.00., 1 экз.

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

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm>

<https://yadi.sk/d/L8XTdl36FsBKz>

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

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

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 ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 - Прикладная механика.

Автор(ы): Сергеев Олег Анатольевич, кандидат технических наук, доцент.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 10.10.2023 г., протокол № 2.