

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

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«30» ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины  
Физико-механический практикум

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования  
специалитет

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность  
01.05.01 Фундаментальные математика и механика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы  
Фундаментальная механика и приложения

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород  
2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к обязательной части.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина Б1.О.31, «Физико-механический практикум» относится к обязательной части ООП специальности 01.05.01 Фундаментальные математика и механика

## 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**	
<b>ОПК-1</b> Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы фундаментальной математики и механики	<b>ОПК-1.1. Знает</b> основы фундаментальных физико-математических дисциплин и других естественных наук.	<b>Знать</b> основные положения, терминологию и методологию в области физического моделирования, а также основы теории эксперимента в механике.	<i>Собеседование,</i>
	<b>ОПК-1.2. Умеет</b> формулировать, анализировать и решать профессиональные задачи с применением фундаментальных знаний математики, физики и других естественных наук.	<b>Уметь</b> определять необходимые экспериментальные методы в зависимости от поставленных задач.	<i>Выполнение заданий</i>
	<b>ОПК-1.3. Имеет практический опыт</b> постановки и решения актуальных задач математики и механики.	<b>Владеть</b> применением экспериментальных методов с использованием современного экспериментального оборудования для решения стандартных задач механики.	<i>Собеседование по отчетам о выполненных работах</i>
<b>ОПК-2</b> Способен создавать, анализировать и реализовывать новые математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении	<b>ОПК-2.1. Знает</b> основные положения, терминологию и методологию в области математического и алгоритмического моделирования	<b>Знать</b> основные положения, терминологию и методологию в области математического и алгоритмического моделирования.	<i>Собеседование,</i>
	<b>ОПК-2.2. Умеет</b> осуществлять анализ и выбор методов решения задач профессиональной и научной деятельности на основе теоретических знаний в области математических и	<b>Уметь</b> осуществлять анализ и выбор методов решения задач профессиональной и научной деятельности на основе теоретических знаний в области математических и компьютерных наук.	<i>Выполнение заданий</i>

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**	
	компьютерных наук.		
	<b>ОПК-2.3. Имеет практический опыт</b> разработки новых методов математического моделирования для решения задач профессиональной и научной деятельности	<b>Владеть</b> опытом разработки новых методов математического моделирования для решения задач профессиональной и научной деятельности	<i>Собеседование по отчетам о выполненных работах</i>

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>4 з.е.</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	<b>66</b>
- занятия лекционного типа	
- занятия семинарского типа	<b>64</b>
- Контроль самостоятельной работы (КСР)	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>78</b>
<b>Промежуточная аттестация – зачет</b>	

#### 3.2. Содержание дисциплины

Очная форма обучения						
Наименование и краткое содержание 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
Построение истинных диаграмм деформирования по результатам испытаний образцов на осевое растяжение	18		8		8	10
Построение диаграмм деформирования по результатам испытания на кручение	18		8		8	10

Определение микро- и макротвердости материалов	18		8		8	10
Экспериментальное исследование устойчивости прямолинейных стержней при осевом сжатии	18		8		8	9
В т.ч. текущий контроль					1	
Перемещения и деформации при прямом и косом изгибе консольной балки	18		8		8	10
Определение коэффициента тензочувствительности партии датчиков с помощью балки равного сопротивления	18		8		8	10
Плоское напряженное состояние на примере цилиндрической оболочки под внутренним давлением	18		8		8	10
Исследование динамики колебаний механических систем	18		8		8	9
В т.ч. текущий контроль					1	
Итого	144		64		2	78

Краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

- 1. Построение истинных диаграмм деформирования по результатам испытаний образцов на осевое растяжение:** на примере растяжения образца доразрушения, 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. Двуосное 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.

Практические занятия (семинарские занятия) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий (семинарских занятий) в форме практической подготовки отводится 64 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: построение диаграмм деформирования по результатам испытаний; исследование динамики колебаний механических систем.
- компетенций – ОПК-1, ОПК-2.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет), включающий выполнение заданий и собеседование по результатам отчетов о выполненных лабораторных работах.

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

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

Примеры общих теоретических вопросов и заданий для собеседований приведены в п. 5.2

## 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств включает: контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме контрольных вопросов теоретического характера, контрольных вопросов к описанию лабораторных работ и контрольных заданий для собеседования.

### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		Знания	Умения	Навыки
<b>плохо</b>	не зачтено	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа
<b>неудовлетворительно</b>		Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
<b>удовлетворительно</b>	зачтено	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
<b>хорошо</b>		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
<b>очень хорошо</b>		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
<b>отлично</b>		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
<b>превосходно</b>		Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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»
незачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### 5.2.1. Контрольные задания для оценки формирования компетенции ОПК-1

№	Задание
1.	Эксперимент и его основы.
2.	Способы планирования эксперимента.
3.	Методы обработки экспериментальных данных
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.

### 5.2.2. Контрольные вопросы для оценки формирования компетенции ОПК-2

№	Вопрос
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

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Лабораторный практикум по механике материалов и конструкций / под ред. проф. А.К. Любимова. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2003. 360 с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=60042&DB=1>
2. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1967. 552 с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=80337&DB=1>,  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=80338&DB=1>,  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=80339&DB=1>
3. Работнов Ю.Н. Сопротивление материалов. М.: ГИФМЛ, 1962. 458 с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=467681&DB=1>,  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=80306&DB=1>,  
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Rabotnov1962ru.djvu>
4. Белл Ф. Дж. Экспериментальные основы механики деформируемых твердых тел. В 2-х ч. (1984), <https://lib-bkm.ru/load/114-1-0-669>,  
<https://yadi.sk/d/L8XTdl36FsBKz>

### б) дополнительная литература:

1. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1988. 712 с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=85835&DB=1>,  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=85836&DB=1>
2. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. М.: Мир, 1972. 384 с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=75839&DB=1>
3. Адлер Ю.П. и др. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 280 с. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=93922&DB=1>
4. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1985. 248 с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=66863&DB=1>,  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=66864&DB=1>

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

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лабораторное оборудование кафедры теоретической, компьютерной и экспериментальной механики, 118, 120 (2 корпус ННГУ).

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 01.05.01 Фундаментальные математика и механика.

Авторы доц. Киселев В.Г., доц. Леонтьев Н.В.

Заведующий кафедрой ТКиЭМ Игумнов Л.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.