

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Физический

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана
физического факультета _____

Малышев А.И.

« 7 » _____ июня 2018г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Основы механики деформируемого твердого тела

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.03.02 «Физика»

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Физика конденсированного состояния

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

бакалавр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

очно-заочная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2018

год набора 2018

1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Основы механики деформируемого твердого тела» входит в состав вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору для изучения на 5 курсе обучения в 9 семестре.

Целями освоения дисциплины являются:

- познакомить студентов с основными понятиями, законами и методами механики деформируемого твердого тела, научить использовать эти знания для решения задач, возникающих перед специалистами-материаловедами;
- научить описывать явления, протекающие в металлах и сплавах, а также в конструкциях, изготовленных из них, при деформационном-температурном воздействии на языке механики твердого тела;
- научить эффективному использованию знаний в области теории упругости и теории пластичности для решения практических задач по оценке состояния образцов, элементов конструкций и конструкций, выполненных из новых и перспективных материалов;
- научить составлять рекомендации (предписания), позволяющие подбирать методы и способы описания поведения материалов при их изготовлении и в процессе эксплуатации в конструкциях;
- научить студентов использовать теоретические знания в области физики металлов и сплавов для решения практических задач (экспериментальных исследований), связанных с изучением особенностей деформирования образцов и конструкций из современных металлических материалов;
- выработать первичные навыки эффективной практической работы в современных пакетах прикладных программ, предназначенных для описания поведения изделий из материалов в условиях многофакторного воздействия;
- выработать навыки анализа результатов численного эксперимента, получаемых при исследовании сложных физических процессов.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-1	<p><u>Знать:</u></p> <p>З1: Знать теоретические основы механики деформируемого твердого тела и методов моделирования в механике сплошных сред.</p> <p>З2: Знать метод конечных элементов в части приложения для задач механики твердого тела.</p> <p>З3: Знать методы физических исследований, необходимые для получения новых знаний и решения задач в области механики твердого тела.</p> <p><u>Уметь:</u></p> <p>У1: Уметь соотносить знания различных разделов механики твердого тела с профильными знаниями в области физического материаловедения, а также со знаниями в смежных областях.</p> <p>У2: Уметь использовать знания различных разделов механики твердого тела для решения типовых (стандартных) задач в области механики деформируемого твердого тела.</p> <p>У3: Уметь использовать специализированные знания в области механики сплошных сред для обоснования выбора оптимального способа решения поставленных задач.</p> <p><u>Владеть:</u></p> <p>В1: Владеть методами, теориями и инструментарием дисциплины «Основы механики деформируемого твердого тела», базирующихся на различных разделах механики сплошных сред.</p> <p>В2: Владеть опытом использования знаний и методов механики деформируемого твердого тела для получения новых знаний и решения задач в области механики деформируемого твердого тела.</p>

ПК-4	<p><u>Знать:</u></p> <p>31: Знать теоретические основы аналитических и численных методов исследований в рамках механики твердого тела, необходимых для выполнения практических заданий и лабораторных работ по дисциплине «Основы механики деформируемого твердого тела».</p> <p>32: Знать блок решения статических задач механики твердого тела в программном комплексе ANSYS WORKBENCH</p> <p>33: Знать блок решения температурных задач механики твердого тела в программном комплексе ANSYS WORKBENCH</p> <p>34: Знать требования к документам, предъявляемым в качестве отчетных за выполненные лабораторные работы (практические задания).</p> <p><u>Уметь:</u></p> <p>У1: Уметь анализировать и обосновывать выбор оптимального решения исследовательских и практических задач, стоящих перед студентом в рамках курса «Основы механики деформируемого твердого тела».</p> <p>У2: Уметь использовать возможности современных аналитических и численных методов механики сплошных сред для решения сложных экспериментальных и теоретических физических задач в области механики деформируемого твердого тела.</p> <p>У3: Уметь решать статические задачи механики деформируемого твердого тела в программном комплексе ANSYS WORKBENCH.</p> <p>У4: Уметь решать температурные задачи механики деформируемого твердого тела в программном комплексе ANSYS WORKBENCH.</p> <p><u>Владеть:</u></p> <p>В1: Владеть опытом проведения сложных (комплексных) теоретических численно-аналитических исследований (выполнения лабораторных работ) в области механики деформируемого твердого тела с использованием современных методов механики сплошных сред.</p> <p>В2: Владеть опытом анализа полученных теоретических численно-аналитических результатов и их интерпретации с учетом профессиональных знаний в области теории и методов в рамках механики деформируемого твердого тела.</p> <p>В3: Владеть навыками проведения численных расчетов с использованием пакета ANSYS WORKBENCH.</p>
------	---

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 7 зачетных единиц, всего 252 часа, из которых 50 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (16 часов занятия лекционного типа, 32 часа занятия лабораторного типа, в том числе 2 часа - мероприятия текущего контроля успеваемости, 2 часа - мероприятия промежуточной аттестации), 202 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	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	
	Очно-заочное	Очно-заочное	Очно-заочное	Очно-заочное	Очно-заочное	Очно-заочное
Тема 1: Основные соотношения механики сплошных сред	38	4		0	4	34
Тема 2: Теория упругости изотропных и анизотропных тел	48	4		10	14	44
Тема 3: Методы численного моделирования задач механики сплошных сред	50	4		12	16	34
Тема 4: Теория пластичности	68	4		10	14	54
В т.ч.текущий контроль	2			2	2	
Промежуточная аттестация - Экзамен						

Примечание: Краткое содержание отдельных разделов (тем) дисциплины приведено в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины «Основы механики деформируемого твердого тела».

4. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины «Основы механики деформируемого твердого тела» используются следующие образовательные технологии: проблемный метод изложения материала и диалогичная форма проведения лекций, методы научной дискуссии. Лекции и семинарские занятия проводятся с использованием средств мультимедиа.

На практических занятиях применяются технологии интерактивного обучения, выполнение лабораторных работ с использованием современных пакетов конечно-элементного анализа, с презентацией полученных результатов (позволяющих получить компьютерные симуляции рассматриваемых физических процессов)

Самостоятельная работа студентов связана с применением компьютерных и информационно-коммуникационных технологий, включающих в себя использование современных пакетов конечно-элементного анализа.

В преподавании дисциплины (в части семинаров) активно используются интерактивные технологии групповой работы на практических занятиях, когда студенты обсуждают с преподавателем предложенную им задачу (научно-практическую проблему) как индивидуально («преподаватель – студент»), так и в ходе группового обсуждения с преподавателем возможных вариантов предложенных студентами решений («преподаватель – группа студентов»). В ходе обсуждения преподаватель может высказывать конструктивные критические замечания к предлагаемым решениям, просить студентов уделить особое внимание какому-нибудь аспекту рассматриваемого явления (обосновать сделанные выводы), а также предложить провести групповое обсуждение рассматриваемой проблемы и придти к единому мнению.

Доля времени, связанного с использованием интерактивных технологий в преподавании дисциплины, составляет ~64% (42 часа из 66 часов контактной работы)

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов включает активное изучение лекционного материала, основной и вспомогательной учебной литературы, а также соответствующих разделов учебных и учебно-методических пособий, перечень которых приведен в п.7 настоящей рабочей программы дисциплины.

Основной целью самостоятельной работы является подготовка к выполнению лабораторных работ (практических занятий), анализ результатов, полученных в ходе выполнения проектов (лабораторных работ), а также решение задач, заданных преподавателем для самостоятельного разбора.

В случае отклонения студента от графика учебного процесса по какой-либо причине, в рамках самостоятельной работы может выделяться время на выполнение той части лабораторной работы, по которой имеет место отставание обучающегося от графика.

Для проведения самостоятельной работы обучающимся предоставляются свободные аудитории, доступ к компьютерной технике с установленным программным обеспечением ANSYS WORKBENCH.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

Перечень компетенций, включая указание результатов обучения (знаний, умений, владений) приведен в п.2 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Карты компетенций, в формировании которых участвует данная дисциплина, приведены в Приложении 2 к ОПОП.

6.2. Описание шкал оценивания.

При промежуточной аттестации студентов на экзамене в конце семестра обучения используется традиционная семибалльная шкала оценивания (выставления оценки («Плохо», «Неудовлетворительно», «Удовлетворительно», «Хорошо», «Очень хорошо», «Отлично», «Превосходно»)), общие критерии выставления оценок по которой определены приказом ректора ННГУ №229-ОД от 10 октября 2002 г., а также рекомендации учебно-методической комиссии физического факультета (см. источник [1] в п.6.5 программы дисциплины):

Оценка	Критерий выставления
Превосходно	Отличная подготовка. Студент самостоятельно решает задачу, отвечает полностью на вопросы билета и дополнительные вопросы (задания), выходящие за рамки изученного объема курса и изученных алгоритмов и подходов, проявляя инициативу и творческое мышление.
Отлично	Отличная подготовка. Студент отвечает полностью на вопросы билета, самостоятельно решает задачу в рамках изученных алгоритмов и подходов. При ответе на вопросы допускаются незначительные неточности.
Очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент показывает хороший уровень знания вопросов билета, самостоятельно решает задачу и отвечает на вопросы (задания) преподавателя с небольшими неточностями.
Хорошо	Хорошая подготовка. Студент показывает средний уровень знания вопросов билета, решает задачу с наводящими вопросами преподавателя и отвечает на некоторые дополнительные вопросы преподавателя (в рамках билета).
Удовлетворительно	Удовлетворительная подготовка. Студент показывает удовлетворительное знание вопросов билета и знание базовых понятий,

	может решить типовую задачу с помощью преподавателя.
Неудовлетворительно	Студент показывает неудовлетворительное знание основ курса и базовых понятий. Задача не решена. Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания.
Плохо	Подготовка совершенно недостаточна. Последующая передача возможна только с комиссией.

При проверке отчета по расчетно-графической работе преподавателем оценивается:

- степень понимания целей работы;
- степень достижения поставленных целей (соответствие объема выполненной работы минимальным требованиям, установленным в учебном или учебно-методическом пособии);
- качество и достоверность полученных экспериментальных результатов;
- обоснованность полученных выводов (качество анализа полученных экспериментальных результатов);
- умение объяснить полученные результаты с использованием базовых и дополнительных источников, а также знаний, полученных при изучении профильных дисциплин;
- умение представить полученные результаты (оформить отчет в соответствии с требованиями, изложенными в учебном или учебно-методическом пособии).

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- тестирование (текущий контроль);
- индивидуальное собеседование (текущий контроль, промежуточная аттестация);
- письменные ответы на вопросы (промежуточная аттестация).

Для оценивания результатов обучения в виде умений используются следующие процедуры и технологии:

- простые практические контрольные задания (задачи) (текущий контроль, промежуточная аттестация);
- индивидуальная или групповая дискуссия с преподавателем при обсуждении возможных вариантов решения поставленных задач (текущий контроль);

Для оценивания результатов обучения в виде владений (оценка навыков) используются следующие процедуры и технологии:

- комплексные практические задания (отчеты по расчетно-графическим работам) (текущий контроль, промежуточная аттестация);
- практические контрольные задания повышенной сложности (факультативные задачи или практические задания) (текущий контроль).

Критерии и шкалы оценивания сформированности компетенций приведены в п.2.1 Фонда оценочных средств дисциплины «Основы механики твердого тела».

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Типовые контрольные задания для текущего и промежуточного (итогового) контроля сформированности компетенций приведены в п.3 Фонда оценочных средств дисциплины «Основы механики твердого тела».

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

- [1] Морозов О.А., Солдатов Е.А., Чупрунов Е.В. «О примени семибальной системы оценки уровня знаний студентов на физическом факультете // Вестник ННГУ. Серия «Инновации в образовании». 2005, Выпуск 1(6), с. 105-111.
- [2] Приказ ректора ННГУ №229-ОД от 10 октября 2002 г. о введении семибальной системы оценивания в ННГУ.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература

1. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука, 1988. – 712 с. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=85835>
2. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука, 1979. – 744 с. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=85836>
3. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. – М.: Машиностроение, 1975. – 400с. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=80776>
4. Беляев Н.М. Сборник задач по сопротивлению материалов. – М.: Наука, 1968. – 351.: <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=79669>
5. Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теории упругости и пластичности. – М.: Высш. школа, 1990. – 398 с. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=81632>
6. Соколовский В.В. Теория пластичности. – М.: Высш. шк., 1969. – 608 с. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=86309>
7. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. – 544 с. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Zenkevich1975ru.djvu>
8. Применение системы ANSYS к решению задач механики сплошных сред. Практическое руководство, Под ред. А.К. Любимова. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2006. 227 с. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=446868&DB=1>

б) дополнительная литература

1. Малинин Н.Н., Романов К.И., Ширшов А.А. Сборник задач по прикладной теории пластичности и ползучести. – М.: Высш. шк., 1984. – 231с. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=85854&DB=1>
2. Ишлинский А.Ю., Ивлев Д.Д. Математическая теория пластичности. – М.: Физматлит, 2001, 2003. – 704 с. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/IshlinskijIvlev2003ru.djvu>
3. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел.Т.1. – М.: ИЛ., 1954. – 648 с. http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Nadai_t1_1954ru.djvu
4. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел.Т.2. – М.: Мир., 1969. – 864 с. http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Nadai_t2_1969ru.djvu
5. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. – М.: Наука, 1969. – 420 с. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=86272>
6. Новацкий В. Теория упругости. – М.: Мир, 1975. – 872 с. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Novackij1975ru.djvu>
7. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести. Справ. Пособ. /Писаренко Г.С., Мозжаровский Н.С. Киев: Наукова Думка, 1981. – 496 с. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/PisarenkoMozharovskij1981ru.djvu>
8. Безухов Н.И. Сборник задач по теории упругости и пластичности. – М.: Гостехиздат, 1957. – 286 с. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Bezuhov1957ru.djvu>
9. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы. – М.: Мир: 1984. – 428 с. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=70922>
10. Оден Дж. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред. – М.: Мир, 1976. – 464 с. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=69486>
11. Берендеев Н.Н. Исследование влияния внутреннего трения и способа возбуждения на вынужденные колебания системы/ Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 50 с. <http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/files/ivuvtsvkv.pdf>

12. Берендеев Н.Н. Методы решения задач усталости в пакете ANSYS WORKBENCH/ Электронное учебно- методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 64 с. http://www.unn.ru/books/met_files/mrzupaw.doc

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. <http://www.lib.unn.ru/> - сайт Фундаментальной библиотеки ННГУ.
2. <http://www.unn.ru/books/> - фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ.
3. <http://eqworld.ipmnet.ru/> - сайт электронной библиотеки EqWord, содержащий книги по отдельным разделам дисциплины.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Библиотечные залы и компьютерные классы ННГУ и НИФТИ ННГУ, обеспечивающие доступ к Интернет – ресурсам. Для чтения лекций со стороны физического факультета и НИФТИ ННГУ предоставляются аудитории с презентационным оборудованием.

Для проведения семинарских занятий и выполнения лабораторных работ со стороны предоставляется доступ к компьютерам с установленным лицензионным пакетом ANSYS WORKBENCH.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.03.02 – «Физика».

Автор (ы)	_____	к.ф.-м.н. доцент Берендеев Н.Н.
Рецензент (ы)	_____	к.ф.-м.н., зав. лаб. НИФТИ ННГУ Лопатин Ю.Г., к.ф.-м.н., с.н.с. НИФТИ ННГУ Пирожникова О.Э.
Зав. Кафедрой ФМВ	_____	д.ф.-м.н. профессор Чувильдеев В.Н.

Программа одобрена на заседании методической комиссии
физического факультета
от « 7 » июня 2018 г., протокол № б/н

Председатель
учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ _____

**Краткое содержание основных разделов (тем) дисциплины
«Основы механики деформируемого твердого тела»**

Тема 1: Основные соотношения механики сплошных сред

Введение: модели геометрии; виды внешних и внутренних сил, метод сечений, определение напряжения, перемещение; определение деформации закон Гука для элемента конструкции; принцип начальных размеров, принцип независимости действия сил; принцип Сен-Венана; основные виды нагружения стержня и дифференциальные уравнения равновесия

Теория напряжений: компоненты напряжений, напряженное состояние в точке тела, дифференциальные уравнения равновесия, тензор и девиатор напряжений, наибольшие касательные напряжения, октаэдрические напряжения.

Теория деформаций: деформированное состояние в точке тела, однородная деформация, бесконечно малая деформация, конечная деформация без вращения, условия совместности деформаций, тензор и девиатор деформаций, объемная деформация и октаэдрическая деформация, интенсивность деформаций, направляющий тензор деформаций, приращения деформаций, скорости деформаций.

Решение задач по различным разделам темы №1.

Тема 2: Теория упругости изотропных и анизотропных тел

Зависимости между напряжениями и деформациями для упругого изотропного тела; условия начала пластичности для изотропного тела условие начала пластичности Треска, условие начала пластичности Мизеса; условия начала пластичности для анизотропного тела: квадратичное условие пластичности Мизеса, условие пластичности Хилла.

Решение задач по различным разделам темы №2.

Лабораторная работа по теме №2.

Тема 3: Методы численного моделирования задач механики сплошных сред

Обобщенное понятие конечного элемента, прямые методы построения конечных элементов, вариационные методы построения конечных элементов, функции формы конечного элемента, криволинейные изопараметрические элементы, численное интегрирование

Решение задач по различным разделам темы №3.

Тема 4: Теория пластичности

Основные законы теории пластичности: поверхность пластичности, нагружение и разгрузка, постулат Друкера, ассоциированный закон течения; теория течения; теория малых упругопластических деформаций, теорема о простом нагружении; теория пластичности изотропного материала с анизотропным упрочнением, случай комбинированного упрочнения; теория пластичности ортотропного материала с изотропным упрочнением.

Подходы к численному моделированию с использованием метода конечных элементов задач теории пластичности.

Подходы к численному моделированию с использованием метода конечных элементов задач теплопроводности.

Решение задач по различным разделам темы №4.

Лабораторная работа по теме №4.