

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Механико-математический факультет



Рабочая программа дисциплины

НАТУРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Направление подготовки магистратуры
01.04.03 Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки магистратуры
Механика деформируемого твердого тела

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Форма обучения
очная

Саратов,
2024

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Голядкина А.А.		10.10.2024
Председатель НМК	Тышкевич С.В.		10.10.2024
Заведующий кафедрой	Коссович Л.Ю.		10.10.2024
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Натурный эксперимент и моделирование» являются:

- приобретение знаний в разделе механики сплошной среды – теория деформаций и напряжений;
- применение полученных знаний в профессиональной, научно-исследовательской, научно-изыскательской, производственно-технологической деятельности в соответствии с общими целями ОП ВО.

Данные знания являются важными с точки зрения практических приложений.

2. Место дисциплины в структуре ОП магистратуры

Дисциплина по выбору «Натурный эксперимент и моделирование» включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)». Согласно учебному плану направления и профиля подготовки, занятия по данной дисциплине проводятся в 1 семестре и в качестве промежуточной аттестации предусмотрен экзамен.

Знания и умения, полученные студентами при изучении дисциплины «Натурный эксперимент и моделирование» будут использоваться в дисциплинах: «Специальные вопросы применения МКЭ в задачах механики», «Компьютерный практикум по механике», «Экспериментальные методы в МДТТ», а также при выполнении научно-исследовательской работы, прохождении научно-исследовательской и преддипломной практик и выполнении магистерских диссертаций.

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	1.1_М.УК-1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними. 1.2_М.УК-1. Осуществляет	Знать: основные понятия, идеи, общие формы и закономерности механики деформируемого твердого тела. Уметь: самостоятельно проводить анализ проблемной ситуации, выявляя ее составляющие и связи между ними. Владеть: навыками адаптации существующих математических модели к решаемым задачам. Знать: алгоритмы решения

	<p>поиск алгоритмов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации. Определяет в рамках выбранного алгоритма вопросы (задачи), подлежащие дальнейшей детальной разработке. Предлагает способы их решения.</p>	<p>поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации.</p> <p>Уметь: адаптировать существующие математические модели к решаемым задачам.</p> <p>Владеть: навыками анализа математических моделей.</p>
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	<p>1.2_М.УК-2. Способен видеть результат деятельности и планировать последовательность шагов для его достижения. Формирует план-график реализации проекта и план контроля за его выполнением.</p>	<p>Знать: современные тенденции развития механики деформируемого твердого тела и новые результаты, полученные современными российскими и зарубежными учеными в данной области.</p> <p>Уметь: исследовать и анализировать полученные математические модели и их корректность.</p> <p>Владеть: навыками творческого применения методов для решения новых задач.</p>
УК-6. Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	<p>1.1_М.УК-6. Находит, обобщает и творчески использует имеющийся опыт в соответствии с задачами саморазвития.</p>	<p>Знать: методы адаптации известных математических моделей к решаемым задачам, а также методы создания, исследования и анализа математических моделей и их корректности.</p> <p>Уметь: выбирать и творчески применять известные методы к решению новых задач.</p> <p>Владеть: способностью постоянно отслеживать последние достижения науки в области специализации.</p>
ПК-1. Способен разрабатывать новые математические модели и методы расчета поведения элементов конструкций при силовом и температурном воздействиях.	<p>1.1_М.ПК-1. Обладает фундаментальными знаниями в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.</p>	<p>Знать: модели, методы, теории механики деформируемого твердого тела, условия применимости данных моделей и методов.</p> <p>Уметь: применять основные методы математического и численного моделирования для решения теоретических</p>

		<p>и прикладных задач в различных предметных областях.</p> <p>Владеть: основными методами математического и численного моделирования, применяющихся для моделирования в механике, технике, сопротивлении материалов и других естественнонаучных дисциплинах, связанных с механикой.</p>
	<p>2.1_М.ПК-1. Способен собирать и анализировать данные о геометрии, физико-механических характеристиках материалов элементов конструкции и температурно-силовым нагрузках.</p>	<p>Знать: основные модели и методы математических алгоритмов и программных комплексах, необходимые при моделировании поставленной задачи.</p> <p>Уметь: развивать имеющиеся методы решения задач механики деформируемого твердого тела и разрабатывать новые.</p> <p>Владеть: способностью использовать теоретические общефилософские знания в профессиональной деятельности.</p>
<p>ПК-2. Способен к проведению теоретических и экспериментальных научных исследований в области механики деформируемого твердого тела.</p>	<p>4.1_М.ПК-2. Знает современные методы проведения экспериментальных исследований, владеет методами обработки результатов экспериментов в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.</p>	<p>Знать: современные методы проведения экспериментальных исследований.</p> <p>Уметь: самостоятельно сделать выводы о поведении изучаемого механического процесса на основании полученного решения.</p> <p>Владеть: методами обработки результатов экспериментов в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.</p>
<p>ПК-3. Способен представлять результаты собственных исследований в области механики деформируемого твердого тела в форме отчета, доклада или научной статьи.</p>	<p>1.1_М.ПК-3. Владеет навыками представления результатов научных исследований и прикладных расчетов в строгих математических формулировках и в</p>	<p>Знать: представления математических знаний, дистанционные технологии представления математических знаний.</p> <p>Уметь: изложить полученные результаты</p>

	терминах механики деформируемого твердого тела.	ясным научным языком, пользуясь научными терминами в соответствии с их смыслом. Владеть: навыками представления результатов научных исследований и прикладных расчетов в строгих математических формулировках и в терминах механики деформируемого твердого тела.
ПК-4. Способен к проведению расчетов деталей, узлов и отсеков конструкции на прочность и анализу их результатов.	2.1_М.ПК-4. Способен использовать осовременные программные комплексы для расчетов на прочность методом конечных элементов.	Знать: современные вычислительные комплексы, предназначенные для решения задач механики. Уметь: в соответствии с выбранными методами решения провести моделирование модели в специализированных программных комплексах. Владеть: современными методами математического моделирования при решении прикладных задач механики деформируемого твердого тела.
	3.1_М.ПК-4. Способен провести анализ результатов расчетов и сформулировать рекомендации по доработке конструкции.	Знать: основные понятия, идеи и методики проведения математического моделирования применительно к задачам механики сплошной среды, гидромеханики, теории вязкоупругости. Уметь: определять оптимальные формы представления математических знаний и адаптировать их с учетом уровня подготовленности аудитории, использовать дистанционные технологии обучения. Владеть: основными методами математически сложных алгоритмов и программных комплексов при моделировании и проведении натурного

		эксперимента, навыками систематизации и выбора необходимой информации согласно поставленной задаче.
--	--	---

4. Структура и содержание дисциплины «Натурный эксперимент и моделирование»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/ п	Раздел дисциплины	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Практические занятия		КСР	СР	КОНТРОЛЬ	
					Общая трудоемкость	Из них практическая подготовка				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение	1	1	1	2	1		12		
2	Основные экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций	1	2-4	3	6	3		25		Опрос
3	Математические модели гиперупругих материалов	1	5-9	5	10	4	1	25		Контрольная работа
4	Математические модели вязкоупругих материалов	1	10-13	4	8	7	1	25		Контрольная работа
5	Выбор функции плотности потенциальной энергии деформации по данным натурных экспериментов	1	14-18	5	10	3		25		Отчет по практической подготовке
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Общая трудоемкость дисциплины – 180 часов	1	18	18	36	18	2	88	36	

Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение

Раздел 2. Основные экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций

Одноосное растяжение/сжатие образца. Двухосное растяжение/сжатие образца. Совместное действие давления и осевого растяжения. Динамические испытания. Ультразвуковые методы. Методики механических испытаний.

Раздел 3. Математические модели гиперупругих материалов

Модель Нео-Гука. Модель Муни-Ривлина (2-х параметрическая). Модель Муни-Ривлина (3-х параметрическая). Модель Огдена.

Раздел 4. Математические модели вязкоупругих материалов

Модель Максвелла. Модель Кельвина-Фойгта. Обобщенная Модель Максвелла. Модель стандартного линейного тела.

Раздел 5. Выбор функции плотности потенциальной энергии деформации по данным натурных экспериментов

Проведение комплексного анализа моделей материалов для выбора наиболее соответствующего графику зависимости напряжение-деформация, полученного ранее в процессе натурных экспериментов для конкретного образца (для гиперупругого материала).

Проведение комплексного анализа моделей материалов для выбора наиболее соответствующего графику зависимости напряжение-деформация, полученного ранее в процессе натурных экспериментов для конкретного образца (для вязкоупругого материала).

Практические занятия по дисциплине «Натурный эксперимент и моделирование»

Тема 1. Одноосное/двухосное растяжение/сжатие образца.

Тема 2. Проведение испытаний на растяжение/сжатие биологических материалов.

Тема 3. Модель Нео-Гука.

Тема 4. Модели Муни-Ривлина.

Тема 5. Модель Огдена.

Тема 6. Модель Максвелла.

Тема 7. Модель Кельвина-Фойгта.

Тема 8. Обобщенная Модель Максвелла.

Тема 9. Модель стандартного линейного тела.

Тема 10. Выбор функции плотности потенциальной энергии деформации по данным натурных экспериментов.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины «Натурный эксперимент и моделирование»

При реализации практические занятий и самостоятельной работы используются следующие современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- исследовательские методы в обучении;
- проблемное обучение.

Практические занятия предусматривают широкое использование активных форм проведения занятий с разбором конкретных ситуаций.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу студентов и руководство этой работой со стороны преподавателей. Формы текущего контроля: устный опрос по темам курса.

В учебном процессе при реализации компетентностного подхода используются активные и интерактивные формы проведения занятий: метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм, учебные групповые дискуссии.

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуального обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения, проведение дополнительных индивидуальных консультаций по изучаемым теоретическим вопросам и практическим занятиям, оказание помощи при подготовке к промежуточной аттестации. Подготовка, при необходимости, учебных и контрольно-измерительных материалов в формах, доступных для изучения студентами с особыми образовательными потребностями (для студентов с нарушениями зрения учебные материалы подготавливаются с применением укрупненного шрифта, используются аудиозаписи занятий; для студентов с нарушением слуха предоставляются электронные лекции, печатные раздаточные материалы с заданиями для самостоятельной работы).

При необходимости, для подготовки к ответу на практическом занятии, студентам с инвалидностью и студентам с ограниченными возможностями здоровья среднее время увеличивается в 1,5–2 раза по сравнению со средним временем подготовки обычного студента.

Для студентов с инвалидностью или с ограниченными возможностями здоровья форма промежуточной аттестации устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). Промежуточная аттестация по дисциплине может проводиться в несколько

этапов в форме рубежного контроля по завершению изучения отдельных тем дисциплины.

Практическая подготовка осуществляется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнение отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

По дисциплине «Натурный эксперимент и моделирование» обучающиеся формируют первичные профессиональные умения и навыки по обработке и анализу научной информации и результатов исследований.

При проведении практической подготовки студенты решают задачи, направленные на формирование исследовательских умений и навыков. Прохождение практики будет способствовать повышению уровня логической культуры обучающихся, научит аргументировано рассуждать и доказывать, что позволит им более осознанно и эффективно осваивать все последующие математические дисциплины, формировать профессиональные компетенции.

Примеры профессиональных действий: умение работать с литературой, сравнивать изложение одних и тех же вопросов в различных источниках; решение задач аналитического характера; оформление результатов исследовательских работ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Натурный эксперимент и моделирование»

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов проводится в форме изучения и анализа лекционного материала, изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе, подбора дополнительных источников для извлечения научно-технической информации, связанной с проблемами, изучаемыми в рамках данной дисциплины и самостоятельного решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях, подготовки к промежуточной аттестации.

Самостоятельная аудиторная работа студентов проводится в форме самостоятельного решения задач на практических занятиях с дальнейшим их разбором и обсуждением; выполнения контрольных работ; поиска решений проблемных ситуаций, предложенных на лекциях и практических занятиях; поиска и устранения ошибок, заложенных в представлении материала преподавателем и допущенных другими студентами.

Текущий контроль усвоения дисциплины «Натурный эксперимент и моделирование» проводится в виде контрольных работ по темам: «Основные экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций» и

«Математические модели вязкоупругих материалов». Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Список вопросов к экзамену

1. Одноосное растяжение/сжатие образца.
2. Двухосное растяжение/сжатие образца.
3. Совместное действие давления и осевого растяжения.
4. Динамические испытания.
5. Ультразвуковые методы.
6. Методики механических испытаний.
7. Модель Нео-Гука.
8. Модель Муни-Ривлина (2-х параметрическая).
9. Модель Муни-Ривлина (3-х параметрическая).
10. Модель Огдена.
11. Модель Максвелла.
12. Модель Кельвина-Фойгта.
13. Обобщенная Модель Максвелла.
14. Модель стандартного линейного тела.
15. Комплексный анализ моделей материалов для выбора наиболее соответствующего графику зависимости напряжение-деформация, полученного ранее в процессе натурных экспериментов для конкретного образца (для гиперупругого материала).
16. Комплексный анализ моделей материалов для выбора наиболее соответствующего графику зависимости напряжение-деформация, полученного ранее в процессе натурных экспериментов для конкретного образца (для вязкоупругого материала).

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1 – Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
1	4	0	16	10	0	30	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

1 семестр

Лекции

Посещаемость, активность и др. за один семестр – от 0 до 4 баллов.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия

Посещаемость, активность (ответы с места, работа у доски), самостоятельное решение задач в аудитории оценивается от 0 до 16 баллов (каждое занятие – 0-1 балл).

Самостоятельная работа

Правильное выполнение домашних заданий оценивается от 0 до 10 баллов (каждое домашнее задание – 0-1 балл).

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрены.

Другие виды учебной деятельности

Выполнение контрольных работ по темам: «Основные экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций» и «Математические модели вязкоупругих материалов». Максимально возможная сумма баллов, которые может получить студент за выполнение контрольных работ, составляет 30 баллов.

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация студентов проводится в виде экзамена.

При проведении промежуточной аттестации:

ответ на «отлично» оценивается от 32 до 40 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 25 до 31 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 20 до 24 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 19 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 1 семестр по дисциплине «Натурный эксперимент и моделирование» составляет 100 баллов.

Таблица 2 – Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Натурный эксперимент и моделирование» в оценку.

86-100 баллов	«Отлично»
76-85 баллов	«Хорошо»
60-75 баллов	«Удовлетворительно»
меньше 60 баллов	«Неудовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Натурный эксперимент и моделирование»

а) литература:

1. Практические задания по применению пакета ANSYS Mechanical APDL к задачам биомеханики сердечно-сосудистой системы [Текст]: учебно-методическое пособие для студентов естественно-научных дисциплин / Д. В. Иванов [и др.]; ФГБОУ ВПО "Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского", Образоват.-науч. ин-т наноструктур и биосистем. - Саратов: Буква, 2015. - 54, [2] с.: ил. - (Биомеханика). - Библиогр.: с. 54 (10 назв.). - ISBN 978-5-9906918-0-3

2. Биомеханика сонной артерии [Текст]: коллективная монография / А. А. Голядкина [и др.]. - Саратов: Саратовский источник, 2015. - 174 с.: ил., табл. - Библиогр.: с. 152-173 (187 назв.). - ISBN 978-5-91879-554-5

3. Герман, Ирвинг П. Физика организма человека [Текст] / И. П. Герман; пер. с англ. А. М. Мелькумянца, С. В. Ревенко. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 991, [1] с.: рис. - Библиогр.: с. 976-991. - ISBN 978-5-91559-057-0 (в пер.). - ISBN 978-3-540-29603-4 (англ.)

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. ОС Windows (лицензионное ПО) или ОС Unix/Linux (свободное ПО)
2. Microsoft Office (лицензионное ПО) или Open Office/Libre Office (свободное ПО)
3. Браузеры Internet Explorer, Google Chrome, Opera и др. (свободное ПО).

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Натурный эксперимент и моделирование»

Практическая подготовка проводится на кафедре математической теории упругости и биомеханики или в ОНИ наноструктур и биосистем СГУ им. Н.Г.Чернышевского.

Для проведения занятий по дисциплине «Натурный эксперимент и моделирование», предусмотренной учебным планом ООП магистратуры по направлению 01.03.03 «Механика и математическое моделирование» и профилю подготовки «Механика деформируемого твердого тела», имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

- специализированные классы, предназначенные для проведения практических занятий;
- библиотечный фонд, укомплектованный печатными изданиями, перечисленными в разделе 8 в необходимом количестве;
- электронная библиотека;
- специально оборудованные помещения для самостоятельной работы обучающихся с компьютерным оборудованием и доступом к сети Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки: 01.04.03 «Механика и математическое моделирование», профиль: «Механика деформируемого твердого тела».

Авторы:  А.А. Голядкина, к.ф.-м.н., доцент кафедры математической теории упругости и биомеханики механико-математического факультета СГУ.

Программа одобрена на заседании кафедры математической теории упругости и биомеханики от 10.10.2024 года, протокол № 5.