

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям



О.Н.Здрок

«*30*» *Венесия* 2020 г.

Регистрационный № УД- 8957/уч.

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МЕХАНИКИ
ДЕФОРМИРОВАННОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА И ОСНОВЫ МЕХАНИКИ
РАЗРУШЕНИЯ**

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности**

1-31 03 02 Механика и математическое моделирование

Минск, 2020

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 02-2013 и учебного плана № G31-136/уч., утвержденного 30.05.2013

СОСТАВИТЕЛЬ:

Журавков М.А., заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики механико-математического факультета Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Василевич Ю.В., заведующий кафедрой сопротивления материалов и теоретической механики Белорусского национального технического университета, доктор физико-математических наук, профессор.

Михасев Г.И., заведующий кафедрой нано- и биомеханики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теоретической и прикладной механики механико-математического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 11 от 16.06.2020)

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета
(протокол №5 от 17.06.2020)

Зав.кафедрой _____

М.А. Журавков

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины «Математические модели механики деформированного твердого тела и основы механики разрушения» является повышение общепрофессионального уровня подготовки студентов, ознакомление студентов с основными базовыми математическими моделями, описывающими состояние объектов механики деформированного твердого тела (далее – МДТТ), получение знаний по основным методам и подходам к математическому моделированию напряженно-деформированного состояния (далее – НДС) твердых деформируемых сред, получение знаний по основным базовым понятиям механики разрушения. процессов и явлений механики деформированного твердого тела (далее – МДТТ)

Рассматриваемый курс относится к математическому моделированию механических процессов, имеющих место в деформируемых твердых средах, находящихся в условиях разнообразного силового и кинематического нагружения. Математическое моделирование применяют для изучения тех процессов, которые можно описать математически (т.е. для которых можно построить математические модели), причем таким образом, что построенная модельная математическая задача является решаемой.

Задачами дисциплины «Математические модели механики деформированного твердого тела и основы механики разрушения» являются:

- знакомство студентов с основными математическими моделями, описывающими состояние и поведение твердых деформируемых тел;
- знакомство студентов с основными правилами и подходами к построению систем разрешающих уравнений для описания напряженно-деформированного состояния твердых деформируемых сред;
- формирование у студентов знаний о подходах и методах математического моделирования процессов и явлений механики деформированного твердого тела;
- знакомство студентов с основными методами и подходами решения различных классов модельных задач МДТТ
- ориентация студентов на творческий анализ задач математического моделирования разнообразных процессов и явлений МДТТ;
- развитие профессионального мышления, которое обеспечивает специалисту возможность свободно оперировать профессиональными знаниями, видеть проблемы и пути их решения в самостоятельной

практической деятельности, выбирать оптимальные пути их решения и методу осуществления решений.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к **циклу** специальных дисциплин компонент учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Данная дисциплина опирается и использует знания ранее изучаемых дисциплин: «Сопротивление материалов и основы строительной механики», «Механика сплошных сред».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Математические модели механики деформированного твердого тела и основы механики разрушения» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных **компетенций**:

Академические компетенции:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Социально-личностные компетенции:

- СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.
- СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.
- СЛК-6. Уметь работать в команде.

Профессиональные компетенции:

- ПК-1. Разрабатывать практические рекомендации по использованию научных исследований, планировать и проводить экспериментальные исследования, исследовать патентоспособность и показатели технического уровня разработок программного обеспечения

информационных систем, разрабатывать научно-техническую документацию.

- ПК-3. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.
- ПК-5. Заниматься аналитической и научно-исследовательской деятельностью в области механики и прикладной математики.
- ПК-7. Проводить исследования в области эффективности решения производственных задач.
- ПК-8. Работать с научной, нормативно-справочной и специальной литературой, разрабатывать и использовать современное учебно-методическое обеспечение.
- ПК-15. Анализировать и оценивать собранные данные.
- ПК-18. Готовить доклады, материалы к презентациям.
- ПК-19. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.
- ПК-20. Владеть современными средствами телекоммуникаций.
- ПК-24. Работать с научной, технической и патентной литературой.
- ПК-27. Разрабатывать новые информационные технологии на основе проектирования механических схем и систем, приводимым к математическим моделям и их оптимизациям.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- сущность и классификацию основных групп механических характеристик твердых деформируемых сред;
- сущность и классификацию основных предельных критериев;
- сущность и классификацию основных типов поведения твердых деформируемых сред (упругость, пластичность, реология);
- базовые правила и подходы к построению механико-математических аналогов задач МДТТ;
- математические модели описания поведения твердого деформируемого тела в рамках теорий линейной и нелинейной упругости, пластичности, ползучести, с учетом динамических эффектов;
- основные подходы к решению различных классов модельных задач МДТТ;
- точные решения различных классических задач различных разделов МДТТ;
- методы решения задач упругости, пластичности, вязкоупругости;
- основные современные подходы численного решения и компьютерного моделирования прикладных задач МДТТ.

уметь:

- выбирать модель и осуществлять математическую постановку начально-краевых задач различных разделов МДТТ;
- осуществлять математическое решение задач МДТТ;
- совершенствовать «стандартные» модели применительно к задачам из различных разделов МДТТ;
- использовать основные уравнения и математические модели различных разделов МДТТ в постановке конкретных классических учебных и прикладных задач;
- ставить граничные и начальные условия;
- применять аналитические, приближенные и численные методы решения задач МДТТ и разрабатывать на их основе алгоритмы и расчетные схемы решения различных классов прикладных задач МДТТ;
- проводить анализ полученных результатов, сравнения с экспериментами, формулировать выводы и заключения.

владеть:

- методами математического моделирования процессов и явлений МДТТ;
- навыками самообразования в области математического моделирования процессов и явлений МДТТ.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 7 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Математические модели механики деформированного твердого тела и основы механики разрушения» отведено:

- для очной формы получения высшего образования – 200 часов, в том числе 86 аудиторных часа, из них: лекции – 52 часов, лабораторные занятия – 30 часов, аудиторный контроль УСР – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема I. Введение в дисциплину. О постановке и моделировании краевых задач МДГТ

Определение и сущность МДГТ. Основные базовые, «классические» разделы МДГТ. О математическом моделировании в МДГТ. Основные требования к построению математической модели объекта МДГТ. Выбор основных определяющих характеристик математической модели. Общие требования к построению определяющих уравнений при проведении математического моделирования механических процессов. Основные этапы процесса математического моделирования механических процессов и явлений.

Тема II. Механические характеристики материалов и твердых деформируемых тел

Основные механические характеристики материалов и твердых тел. Классификация материалов по характеру деформирования от внешнего механического воздействия. О масштабном факторе. Полные диаграммы деформирования и разрушения при одноосном сжатии и растяжении. О критериях прочности материалов с учетом стадии предельного деформирования. Эффективные механические характеристики структурно-неоднородного объекта МДГТ.

Тема III. Базовые понятия теории напряженно-деформированного состояния

Определяющие понятия механики сплошных сред. Тензор напряжений, его свойства. Уравнения равновесия упругого тела. Условия равновесия на границе. Главные оси и главные значения тензора напряжений. Максимальные касательные напряжения. Девиатор и шаровая часть тензора напряжений. Деформации и перемещения. Тензор деформаций. Главные оси и главные значения тензора деформаций. Девиатор и шаровая часть тензора деформаций. Уравнения совместности деформаций. Об инвариантах напряженного и деформированного состояний в математических моделях механики сплошных сред.

Тема IV. О механико-математической постановке задач в рамках моделей механики деформируемого твердого тела

Полная система уравнений для описания состояния среды в рамках моделей МДТТ. Физические соотношения, определяющие поведение твердого деформируемого тела.

Тема V. Математические модели теории упругости

Основные понятия и определения. Закон Гука. Формула Клапейрона. Теорема Клайперона. О существовании и единственности решения задачи теории упругости. Термоупругость. Граничные задачи теории упругости. Постановка задачи теории упругости в перемещениях. Постановка задачи теории упругости в напряжениях. Однородная задача теории упругости в напряжениях. Постановки задач теории упругости в цилиндрической и сферической системах координат. Плоские задачи теории упругости. Примеры исследования НДС простейших деформируемых тел в рамках моделей теории упругости.

Тема VI. Вариационные принципы

Принцип возможных перемещений Лагранжа. Принцип возможных сил Кастильяно. Теоремы Кастильяно. Теорема взаимности Бетти. Вариационный метод Релея – Ритца. Метод Бубнова – Галеркина. Метод Ритца – Лагранжа.

Тема VII. Специальные разделы теории упругости

Решение задач для гетерогенных сред путем сведения к эффективным упругим средам. Механико-математические модели для описания НДС в телах с учетом внутренней структуры в рамках МДТТ. Модель деформирования ауксетичного пороматериала. Описания НДС тел блочной структуры в целом как сплошной деформируемой структуры с различными внутренними связями между элементами. Нелинейная теория упругости.

Тема VIII. Фундаментальные решения теории упругости

Фундаментальные решения эллиптических уравнений. Тензор перемещений Грина. Формулы Сомильяны. Метод квазифункций Грина решения задач механики деформируемого твердого тела. Метод Треффца. Представление Папковича–Нейбера. Потенциал упругого перемещения. Действие массовых сил в неограниченном теле. Первая краевая задача для упругого полупространства. Вторая краевая задача для упругого полупространства. Задача Буссинеска. Формулы Герца. Задача Черутти. Общий случай действия нагрузки на поверхности полупространства. Задача Миндлина. О перемещениях упругой полуплоскости. Решение Фламана. Некоторые обобщения. О сингулярных решениях в задачах механики. Решение

модельных задач теории упругости на основе фундаментальных решений.

Тема IX. Математические модели поведения твердых деформируемых сред с реологическими свойствами

Ползучесть и релаксация. Математические модели реологических тел. Структурные реологические модели. Разрушение (повреждение) при ползучести. Общие замечания к построению математических моделей реологических сред. Построение реологических уравнений в общем случае пространственной деформации. Реологические уравнения линейной вязкоупругости. Примеры видов ядер ползучести и релаксации. Принцип Вольтерра. Полная система уравнений механики линейно-наследственных сред. Алгоритм решения задач линейной вязкоупругости на основе принципа Вольтерра. Решение задач линейной теории вязкоупругости для неоднородных тел путем сведения к решению задач теории упругости неоднородных тел.

Тема X. Математические модели теории пластичности

Модели твердо-пластического поведения среды. Пластичность материалов при растяжении и сжатии. Упругопластические модели поведения материала. Модели вязкопластичности. Условия пластичности. Простое и сложное нагружения. Гипотезы теории малых упругопластических деформаций. Постановка задач теории малых упругопластических деформаций. Метод упругих решений. Теория пластического течения. Геометрическая интерпретация процесса нагружения. Пример предельной поверхности. Связь между теорией течения и деформационной теорией. Некоторые обобщения и выводы теории пластического течения. Основы общей математической теории пластичности А.А. Ильюшина. Билинейная теория упругости. Переменные нагружения упругопластических тел. Циклические нагружения в температурном поле. Циклическое деформирование упругопластических тел в нейтронном потоке. Постановка и общие методы решения основных задач теории пластичности.

Тема XI. Термовязкоупругопластичность

Нелинейные вязкоупругие среды. Уравнения нелинейной вязкоупругости, учитывающие влияние вида напряженного состояния. Вязкоупругопластические среды. Метод последовательных приближений в задачах вязкоупругопластичности.

Тема XII. Динамические задачи МДТТ

Волновое уравнение. Фронт волны, волновые поверхности. Волны напряжений. Модельные задачи динамики упругого тела. Задача Коши и граничные задачи динамики упругого тела. Кинематические и динамические условия совместности системы Ламе. Поверхность разрыва. Вариационный принцип в динамике. Фундаментальные решения нестационарных процессов. Задача Стокса (задача динамики о действии силы в безграничной упругой среде). Собственные и вынужденные гармонические колебания. Неравенство Рэлея и метод Ритца. Мгновенная нагрузка и мгновенное обращение направления действия. Распространение плоских волн в неограниченной упругой среде. Распространение ударных волн в неограниченных упругих телах. Прогрессивные волны. Волны Рэлея. Волны Лява. Прогрессивные волны в плоском слое. Полуплоскость под действием движущейся поверхностной силы. Модельные задачи о распространении возмущений в упругом пространстве. Модельные задачи о распространении нестационарных возмущений в упругой плоскости. Модельные задачи о распространении объемных и начальных возмущений в полубесконечной упругой среде. Модельная задача о распространении граничных возмущений в упругом плоском слое. Двумерные волны в упругопластической среде.

Тема XIII. Теории прочности в МДТТ

Предельные поверхности. Теории прочности, предельные поверхности разрушения которых – многогранники. Теории прочности, предельные поверхности которых - поверхности вращения. Объединенные теории прочности. Обобщенные критерии прочности. Описание разрушения твердых тел на основе теории поврежденности. К построению модели хрупкого разрушения. Критерии разрушения анизотропных поврежденных материалов.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное	Количество часов	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение в дисциплину. О постановке и моделировании краевых задач МДТТ	4						Устный опрос, собеседование
2	Механические характеристики материалов и твердых деформируемых тел	4					2	Устный опрос, собеседование
3	Базовые понятия теории напряженно-деформированного состояния	2			4			Устный опрос, отчет по индивидуальным работам/ лабораторным работам с устной защитой
4	О механико-математической постановке задач в рамках моделей механики деформируемого твердого тела	3						Устный опрос, отчет по индивидуальным работам с устной защитой
5	Математические модели теории упругости	3			4			Устный опрос, отчет по индивидуальным работам/ лабораторным работам с устной защитой
6	Вариационные принципы	2					2	Устный опрос, Отчет по индивидуальным работам

								с устной защитой
7	Специальные разделы теории упругости	2						Устный опрос, собеседование
8	Фундаментальные решения теории упругости	6			6			Устный опрос, собеседование отчет по индивидуальным работам/ лабораторным работам с устной защитой
9	Математические модели поведения твердых деформируемых сред с реологическими свойствами	6			4			Устный опрос, отчет по индивидуальным работам/ лабораторным работам с устной защитой
10	Математические модели теории пластичности	6			4			Устный опрос, собеседование отчет по индивидуальным работам/ лабораторным работам с устной защитой
11	Термовязкоупругопластичность	4						Устный опрос, собеседование
12	Динамические задачи МДТТ	6			4			Устный опрос, собеседование отчет по индивидуальным работам/ лабораторным работам с устной защитой

13	Теории прочности в МДТТ	4			4			Устный опрос, собеседование, отчет по индивидуальным работам/ лабораторным работам с устной защитой
	Всего	52			30		4	

ИНФОРМАЦИОННО - МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Филиппов А.С. Численные методы в механике деформируемого твердого тела. Механика деформируемого твёрдого тела (конспект лекций). Москва. МФТИ. 2019. 244 с.
2. Bertram A., Glüge R. Solid Mechanics. Springer International Publishing Switzerland. 2015. 318 p.
3. Журавков М.А., Старовойтов Э.И. Механика сплошных сред. Теория упругости и пластичности: учеб.пособие. – Минск: БГУ, 2011. 543 с. (Классическое университетское издание). *(Допущено Министерством образования республики Беларусь в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений по специальности «Механика»)*.
4. Howell P., Kozyreff G., Ockendon J. Applied Solid Mechanics. Cambridge. University Press. 2009. 465 p.
5. Журавков М.А. Фундаментальные решения теории упругости и некоторые их применения в геомеханике, механике грунтов и оснований. Курс лекций. Минск: БГУ, 2008. 247 с.

Дополнительная литература

1. Abeyaratne R. Continuum Mechanics. Volume III. Lecture Notes on The Mechanics of Elastic Solids. Electronic Publication. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA. USA. 2012. <http://web.mit.edu/abeyaratne/lecture notes.html>
2. Mase G.T., Mase G.E. Continuum mechanics for engineers. CRC Press LLC. 1999.
3. Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела. – М: Наука, 1988. 712 с.
4. Качанов Л. М. Основы теории пластичности. — М: Наука, 1969. 420 с.
5. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести, М., Машиностроение, 1975. 400 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Диагностика результатов учебной деятельности по дисциплине «Математические модели механики деформированного твердого тела и основы механики разрушения» проводится, как правило, во время аудиторных занятий. Для диагностики используются:

- отчет по лабораторным работам, отчет по индивидуальным заданиям с устной защитой;
- устный опрос;
- собеседование.

Оценка за ответы на лекциях (опрос) и практических занятиях включает в себя полноту ответа, наличие аргументов, примеров из практики. Оценка эссе, реферата формируется на основе следующих критериев: оригинальность (новизна) постановки проблемы и способа ее интерпретации/решения, самостоятельность и аргументированность суждений, грамотность и стиль изложения.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины.

Успеваемость студентов в рамках дисциплины «Математические модели механики деформированного твердого тела и основы механики разрушения» рекомендуется оценивать в конце семестра в форме экзамена.

Для студентов, пропустивших контрольные мероприятия или получивших неудовлетворительную оценку, решение о повторном проведении контрольного мероприятия выносится в соответствии с положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов по дисциплине в Белорусском государственном университете.

Итоговая оценка по учебной дисциплине «Математические модели механики деформированного твердого тела и основы механики разрушения» формируется на основе 3-х документов:

1. Правила проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования (утверждены Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 29 мая 2012 г. № 53)
2. Положение о рейтинговой системе оценки знаний студентов по дисциплине в Белорусском государственном университете (приказ ректора № 189-ОД от 31.03.2020)
3. Критерии оценки знаний и компетенций студентов по 10-балльной шкале (Письмо Министерства образования Республики Беларусь 21-04-01/105 от 22.12.2003).

Весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку:

- ответы при собеседовании, устном опросе – 40%;
- проверка индивидуальных заданий, защита лабораторных работ – 60%;

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых

коэффициентов. Вес оценка по текущей успеваемости составляет 40%, экзаменационная оценка – 60%.

Примерная тематика лабораторных занятий

Тема 3. Базовые понятия теории напряженно-деформированного состояния (4 ч.)

Преобразование тензоров напряжений, деформаций в различных системах координат; разложение тензоров на шаровую и девиаторную части; нахождение величин НДС через начальные заданные значения.

Тема 5. Математические модели теории упругости (4 ч.)

Определение характеристик НДС упругого тела по заданным входным значениям; построение формул, соотношений для характеристик НДС упругого тела на основе базовых определяющих уравнений, соотношений; решение «классических» аналитических задач.

Тема 8. Фундаментальные решения теории упругости (6 ч.)

Вывод соотношений базовых определений классических фундаментальных решений; решение аналитических задач с использованием классических фундаментальных решений.

Тема 9. Математические модели поведения твердых деформируемых сред с реологическими свойствами (4 ч.)

Построение математических соотношений, описывающих поведение вязкоупругих сред, в соответствие с определенными структурными моделями; на основе определяющих соотношений поведения вязкоупругой среды описать «историю развития деформационного процесса», определить компоненты НДС в определенные периоды времени; описание свойств функций ползучести и релаксации; построение функций релаксаций и ползучести по известной одной из двух; решение простейших задач.

Тема 10. Математические модели теории пластичности (4 ч.)

Построение определяющих соотношений, описывающих поведение упругопластичных материалов на основе структурных моделей; определение компонент НДС упругопластичных сред, на основе определяющих уравнений деформационной теории пластичности; определение основных характеристик определяющих уравнений деформационной теории пластичности, воспользовавшись кривой зависимости деформаций от напряжений; описание алгоритмов решения задач упругопластичности на основании различных реализаций метода упругих решений.

Тема 12. Динамические задачи МДГТ (4 ч.)

Решение «классических» модельных задач динамики упругого тела. Построение решений и описание алгоритма решения задач динамической

теории упругости на основе фундаментальных решений нестационарных процессов.

Тема 13. Теории прочности в МДТТ (4 ч.)

Построение предельных поверхностей для простейших задач на основании различных критериев прочности. Сравнение состояния деформируемых сред, используя различные критерии прочности.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины «Математические модели механики деформированного твердого тела и основы механики разрушения»»

При организации образовательного процесса используется *практико-ориентированный подход*, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- использование процедур, способов оценивания, фиксирующих формирование профессиональных компетенций.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Формы контроля знаний – устный опрос, собеседование

Тема 2. Механические характеристики материалов и твердых деформируемых тел (2 ч.)

Для выбранного неоднородного, анизотропного тела построить эффективные механические характеристики. Описание масштабного эффекта для заданных характеристик применительно к определенным объектам МДТТ. Описание процедур статистической обработки результатов экспериментов по определению механических характеристик, определение значений параметров по результатам обработки данных.

Тема 6. Вариационные принципы (2 ч.)

Показать, почему метод конечных элементов относится к вариационным методам. Сравнение подходов к решению задач теории упругости на основании «классической постановки» задач теории упругости и на основе вариационных принципов.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины следующие формы самостоятельной работы:

- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной проблеме дисциплины;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку;
- работы, предусматривающие подготовку: отчетов по индивидуальным работам с устной защитой.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Основные механические характеристики материалов и твердых деформируемых тел. Классификация механических характеристик.
2. Классификация материалов по характеру деформирования от внешнего механического воздействия.
3. Режимы заданной нагрузки и заданной деформации деформирования твердых тел.
4. Полные диаграммы деформирования и разрушения при одноосном сжатии и растяжении.
5. Эффективные механические характеристики структурно-неоднородного объекта МДТТ.
6. Тензор напряжений. Основные характеристики тензора напряжений.
7. Тензор деформаций. Основные характеристики тензора деформаций.
8. Основные базовые уравнения систем разрешающих уравнений (уравнения равновесия, граничные условия, условия неразрывности, условия совместности деформаций, ...)
9. Девиаторы тензоров напряжений и деформаций.
10. Структурные модели поведения деформируемых твердых сред.
11. Основные гипотезы и допущения теории упругости.
12. Обобщенный закон Гука. Закон Гука для изотропного, анизотропного тела
13. Граничные задачи теории упругости. Постановка задач теории упругости в перемещениях. Постановка задач теории упругости в напряжениях.
14. Плоские задачи теории упругости. Функция Эри.
15. Решение задач для физически нелинейной упругой среды методом возмущения линейно-упругих свойств. Решение задач для ортотропных сред методом возмущения изотропных упругих свойств.
16. Принцип возможных перемещений Лагранжа. Принцип возможных сил Кастильяно. Вариационный метод Релея – Ритца.
17. Метод Бубнова – Галеркина. Метод Ритца – Лагранжа.

18. Фундаментальные решения эллиптических уравнений. Функция Грина для эллиптического уравнения. Функции перемещений Грина.
19. Фундаментальные решения теории упругости (решение Кельвина, решение Буссинеска, формулы Герца)
20. Фундаментальные решения теории упругости (задача Черутти, задача Миндлина, решение Фламана).
21. Понятия «ползучесть и релаксация». Теория деформирования линейных наследственных сред.
22. Структурные модели вязкоупругого поведения сплошных сред. Построение определяющих соотношений на основе структурных моделей.
23. Ядра ползучести и релаксации. Примеры видов ядер ползучести и релаксации.
24. Принцип Вольтерра решения задач наследственной линейной вязкоупругости.
25. Полная система уравнений механики линейно-наследственных вязкоупругих сред.
26. Пластичность материалов (предел текучести, явление «наклеп», эффект Баушингера, диаграммы пластичности).
27. Условия пластичности. Поверхность текучести.
28. Простое и сложное нагружение. Активные и пассивные процессы деформирования.
29. Деформационные теории пластичности. Теория малых упругопластических деформаций.
30. Постановка задач теории малых упругопластических деформаций. Метод упругих решений.
31. Теория пластического течения.
32. Связь между теорией течения и деформационной теорией.
33. Волновое уравнение. Фронт волны, волновые поверхности. Волны напряжений.
34. Модельные задачи динамики упругого тела. Задача Коши и граничные задачи динамики упругого тела. Кинематические и динамические условия совместности системы Ламе. Поверхность разрыва.
35. Фундаментальные решения нестационарных процессов.
36. Задача Стокса (задача динамики о действии силы в безграничной упругой среде).

37. Распространение плоских волн в неограниченной упругой среде. Распространение ударных волн в неограниченных упругих телах. Прогрессивные волны. Волны Рэлея. Волны Лява.
38. Полуплоскость под действием движущейся поверхностной силы. Модельные задачи о распространении возмущений в упругом пространстве. Модельные задачи о распространении нестационарных возмущений в упругой плоскости.
39. Модельные задачи о распространении объемных и начальных возмущений в полубесконечной упругой среде.
40. Модельная задача о распространении граничных возмущений в упругом плоском слое.
41. Предельные поверхности.
42. Теории прочности, предельные поверхности разрушения которых – многогранники.
43. Теории прочности, предельные поверхности которых - поверхности вращения.
44. Объединенные теории прочности. Обобщенные критерии прочности.
45. Описание разрушения твердых тел на основе теории поврежденности.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Численные методы механики сплошной среды	Кафедра теоретической и прикладной механики	Нет	Вносить изменения не требуется (протокол №11 от 16.06.2020)
Интегральные уравнения	Кафедра теории функций	Нет	Вносить изменения не требуется (протокол №11 от 16.06.2020)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на ____ / ____ учебный год

№п/ п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры теоретической и прикладной механики (протокол № ____ от _____ 20_ г.)

Заведующий кафедрой
д. физ.-мат. наук, профессор

М.А. Журавков

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
д. физ.-мат. наук, доцент

С.М. Босяков