

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра вычислительной и экспериментальной механики

Авторы-составители: Пестренин Валерий Михайлович

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ ТЕРМОВЯЗКОУПРУГОСТИ
Код УМК 92372

Утверждено
Протокол №6
от «16» июня 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Теория термовязкоупругости

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.04.03** Механика и математическое моделирование
направленность Фундаментальная и прикладная механика

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Теория термовязкоупругости** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.04.03 Механика и математическое моделирование (направленность : Фундаментальная и прикладная механика)

ОПК.1 Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы механики и математики

Индикаторы

ОПК.1.1 Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области

ОПК.1.2 Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	01.04.03 Механика и математическое моделирование (направленность: Фундаментальная и прикладная механика)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	4
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	36
Проведение лекционных занятий	24
Проведение практических занятий, семинаров	12
Самостоятельная работа (ак.час.)	72
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (4 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Теория термовязкоупругости

Рассматривается линейная теория термовязкоупругости изотропных и анизотропных сред. Строятся физические уравнения. Формулируются постановки задач. Приводятся аналитические и численные методы их решения

Физические уравнения линейной термовязкоупругости. Их свойства

Построение физических уравнений линейной термовязкоупругости. Теорема о ядрах физических уравнений в случаях, когда свойства среды инвариантны относительно отсчета времени. Температурно-временная аналогия.

Методы решения задач линейной термовязкоупругости изотропного тела

Методы интегральных операторов Вольтерра, интегральных преобразований Лапласа-Карсона.

Методы решения задач линейной термовязкоупругости анизотропного тела

Метод нелинейной аппроксимации.

Вариационные принципы для термовязкоупругих сред

Принцип типа Хеллингера-Вашизу, вариационный принцип типа Лагранжа, типа Рейсснера, с варьированием перемещений и деформаций.

Ограниченные операторы. Предельные теоремы

Определение ограниченных операторов Вольтерра, первая предельная теорема, вторая предельная теорема, понятие о длительных модулях.

Нелинейные задачи вязкоупругости

Задачи термовязкоупругости третьего типа. Численные методы их решения.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Ишлинский А.Ю. Прикладные задачи механики. В 2-х кн. Кн. 1. Механика вязкопластических и не вполне упругих тел / А. Ю. Ишлинский ; ред. С. А. Христианович. - Москва: Наука, 1986. - 360
2. Пестренин В. М., Пестренина И. В. Механика композитных материалов и элементов конструкций: учеб. пособие для вузов / В. М. Пестренин, И. В. Пестренина. - Пермь, 2005, ISBN 5-7944-0525-2. - 364. - Библиогр.: с. 348-357

Дополнительная:

1. Егорычев, О. А. Нестационарные колебания слоистых упругих и вязкоупругих пластин и пологих сферических и цилиндрических оболочек : монография / О. А. Егорычев, О. О. Егорычев, О. И. Поддаева. — Москва : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 263 с. — ISBN 978-5-7264-1174-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/40188>
2. Связанные проблемы МТДТ. учебное пособие : в 3 ч. / Федеральное агентство по образованию, Пермский государственный университет; сост. Л. А. Голотина [и др.]. - Пермь, 2007. Ч.
3. Электровязкоупругость. - 2007. - 38, ISBN 5-7944-0947-9. - Библиогр.: с. 38
3. Ильюшин А. А., Победря Б. Е. Основы математической теории термовязко-упругости / А. А. Ильюшин, Б. Е. Победря. - Москва: Наука, 1970. - 280.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu	Электронные ресурсы для ПГНИУ
http://www.mathnet.ru/	Общероссийский математический портал
http://window.edu.ru/	Единое окно доступа к образовательным ресурсам

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Теория термовязкоупругости** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);

- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;

- офисный пакет приложений «LibreOffice», Alt Linux;

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными

компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Теория термовязкоупругости**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.1

Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы механики и математики

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.1.2 Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат</p>	<p>Способен использовать полученные знания для аналитического и численного решения задач термовязкоупругости механики деформируемого твердого тела</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не способен использовать полученные знания для аналитического и численного решения задач термовязкоупругости механики деформируемого твердого тела, испытывая затруднения: не знает построение физических уравнений термовязкоупругости; не умеет ставить задачи механики деформируемого тела для термовязкоупругих сред; не владеет методами их решения.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Способен использовать полученные знания для аналитического и численного решения задач термовязкоупругости механики деформируемого твердого тела, испытывая затруднения: знает слабо построение физических уравнений термовязкоупругости; затрудняется в постановке задачи механики деформируемого тела для термовязкоупругих сред; владеет методами их решения.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Способен использовать полученные знания для аналитического и численного решения задач термовязкоупругости механики деформируемого твердого тела, испытывая небольшие затруднения: знает не твердо построение физических уравнений термовязкоупругости; умеет ставить задачи механики деформируемого тела для термовязкоупругих сред; владеет методами их решения.</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Способен использовать полученные знания для аналитического и численного решения задач термовязкоупругости механики деформируемого твердого тела: знает построение физических уравнений термовязкоупругости; умеет ставить задачи механики деформируемого тела для термовязкоупругих сред; владеет методами их решения.</p>
<p>ОПК.1.1 Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области</p>	<p>Способен поставить задачу термовязкоупругости для элементов конструкций из полимеров и композитов на их основе с учетом явлений ползучести и релаксации, выбрать метод решения и решить ее</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не способен решить задачу термовязкоупругости для элементов конструкций из полимеров и композитов на их основе с учетом явлений ползучести и релаксации: не знает построение физических уравнений термовязкоупругости; не умеет ставить задачи механики деформируемого тела для термовязкоупругих сред; не владеет методами их решения.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Способен решить задачу термовязкоупругости для элементов конструкций из полимеров и композитов на их основе с учетом явлений ползучести и релаксации: не знает построение физических уравнений термовязкоупругости; имеет проблемы в постановке задачи механики деформируемого тела для термовязкоупругих сред; владеет методами их решения.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Способен выбрать метод решения и решить задачу термовязкоупругости для элементов конструкций из полимеров и композитов на их основе с учетом явлений ползучести и релаксации: затрудняется построение физических уравнений термовязкоупругости;</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>умеет ставить задачи механики деформируемого тела для термовязкоупругих сред; владеет методами их решения.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Способен поставить задачу термовязкоупругости для элементов конструкций из полимеров и композитов на их основе с учетом явлений ползучести и релаксации, выбрать метод решения и решить ее: знает построение физических уравнений термовязкоупругости; умеет ставить задачи механики деформируемого тела для термовязкоупругих сред; владеет методами их решения.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 45 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 45 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.1.2 Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат</p> <p>ОПК.1.1 Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области</p>	<p>Методы решения задач линейной термовязкоупругости изотропного тела</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>1. Способен использовать полученные знания для аналитического и численного решения задач термовязкоупругости механики деформируемого твердого тела. 2. Способен поставить задачу термовязкоупругости для элементов конструкций из полимеров и композитов на их основе с учетом явлений ползучести и релаксации, выбрать метод решения и решить ее.</p>
<p>ОПК.1.2 Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат</p> <p>ОПК.1.1 Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области</p>	<p>Вариационные принципы для термовязкоупругих сред</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>Владение методами интегральных операторов, интегральных преобразований, нелинейной аппроксимации, численными методами решения задач термовязкоупругости.</p> <p>Умение построения вариационных принципов для вязкоупругих сред типа Хелингера-Вашизу, Рейсснера, Лагранжа.</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.1.2 Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат ОПК.1.1 Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области	Ограниченные операторы. Предельные теоремы Защищаемое контрольное мероприятие	Знает определение ограниченных операторов и операций с ними. Умеет доказывать предельные теоремы. Имеет представление о равновесных константах вязкоупругих сред и задачах термовязкоупругости третьего типа.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Методы решения задач линейной термовязкоупругости изотропного тела

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Знать методы построения физических уравнений линейной термовязкоупругости	17
Знать классификацию задач термовязкоупругости	13
Знать различие физических уравнений термовязкоупругости в форме Вольтерра и Больцмана	10

Вариационные принципы для термовязкоупругих сред

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Владение методами интегральных операторов, интегральных преобразований	13
Владение методом нелинейной аппроксимации решения нелинейных задач термовязкоупругости анизотропного тела	10
Знание вариационных принципов для задач термовязкоупругости.	7

Ограниченные операторы. Предельные теоремы

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Умеет доказывать предельные теоремы.	13

Владеет численными методами решения нелинейных задач термовязкоупругости	10
Имеет представление о равновесных константах вязкоупругих сред	7