





МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП
Прикладная механика


Озерова Г.П.
(подпись) (Ф.И.О. рук.ОП)
« 25 » июня 2016 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующая кафедрой
Механики и математического моделирования


А.А. Бочарова
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)
« 25 » июня 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы теории пластичности и ползучести

Направление подготовки 15.03.03 Прикладная механика

Профиль подготовки:

Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов

Форма подготовки: очная

курс 3 семестр 8
лекции 11 час.
практические занятия 11 час.
лабораторные работы 22 час.
в том числе с использованием МАО лек. 4 /пр. 4 /лаб. 8 час.
всего часов аудиторной нагрузки 44 час.
в том числе с использованием МАО 16 час.
самостоятельная работа 100 час.
в том числе на подготовку к экзамену 27 час.
контрольные работы (количество)
курсовая работа / курсовой проект _____ семестр
зачет _____ семестр
экзамен 8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 10.03.2016 № 12-13-391

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Механики и математического моделирования, протокол № 9 от «23» июня 2016 г.

Заведующая кафедрой: к.ф.--м.н. А.А. Бочарова
Составитель: к.ф.--м.н. О.Н. Любимова

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

Аннотация дисциплины «Основы теории пластичности и ползучести»

Дисциплина «Основы теории пластичности и ползучести» разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», профиль «Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов» и является обязательной дисциплиной вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана (Б1.В.ОД.12).

Трудоемкость дисциплины составляет 144 часов (4 зачетные единицы). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (11 часов), практические занятия (11 часов), лабораторные работы (22 часа) и самостоятельная работа студентов (100 часов, из них 27 часов на экзамен). Дисциплина реализуется на 4 курсе в 8 семестре. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

Дисциплина «Основы теории пластичности и ползучести» логически связана с дисциплинами «Теория упругости», «Механика деформируемого твердого тела», «Материаловедение», «Основы конечно-элементного анализа».

Цель дисциплины: обучение студентов теоретическим и расчетно-экспериментальным методам определения влияния различных факторов на механические свойства материалов для обеспечения надежной и безопасной работы сооружений.

Задачи дисциплины:

- Познакомить студентов с деформационной теорией пластичности, явлениями ползучести и релаксации напряжений, понятием длительной прочности, научить решать задачи по определению коэффициента запаса.
- Познакомить студентов с теориями старения, течения, упрочнения, методами определения времени разрушения конструкций и с механическими моделями деформируемого тела.

- Сформировать умение внедрять результаты научно-технических разработок в реальный сектор проектирования конструкций.

Для успешного изучения дисциплины «Основы теории пластичности и ползучести» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- умение применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

- умение ставить познавательные задачи и выдвигать гипотезы; выбирать условия проведения наблюдения или опыта; выбирать необходимые приборы и оборудование, владеть измерительными навыками, работать с инструкциями; использовать элементы вероятностных и статистических методов познания; описывать результаты, формулировать выводы;

- умение выступать устно и письменно о результатах своего исследования с использованием компьютерных средств и технологий (текстовые и графические редакторы, презентации).

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-5 умением обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований	Знает	методы экспериментального определения механических характеристик пластических, вязкоупругих и ползучих сред
	Умеет	использовать методы экспериментального определения механических характеристик пластических, вязкоупругих и ползучих сред
	Владеет	анализа и обработки результатов экспериментов по определению механических характеристик материалов в состоянии пластичности и ползучести, составления отчета по полученным результатам

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ПК-3 готовность выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям</p>	Знает	<ul style="list-style-type: none"> - тензорные характеристики интенсивность деформации и интенсивность напряжения; - основные применяемые условия пластичности, знать теорию течения и деформационную теорию; - основные задачи теории пластичности, основные вариационные принципы теории пластичности, - знать основные задачи теории пластичности,
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> - записать полную систему уравнений равновесия и движения теории пластичности - учитывать типы граничных условий для задач теории пластичности; - уметь решать основные задачи теории пластичности.
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> - современными методами учета нелинейного поведения конструкций при расчетах на прочность и устойчивость с учетом мировых тенденций развития техники и технологий; - современными математическими программными средствами, в том числе компьютерной математики, для решения прикладных задач пластичности и ползучести;
<p>ПК-13 готовностью участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин</p>	знает	<ul style="list-style-type: none"> - основные экспериментальные и физические факты развития неупругих деформаций в материалах и живых тканях; - основные теоретические соотношения между напряжениями и деформациями за пределами упругости; - математические теории пластичности, ползучести и длительной прочности
	умеет	<ul style="list-style-type: none"> - использовать определяющие соотношения теорий пластичности, ползучести и вязкоупругости для описания неупругого поведения живых тканей и их искусственных заменителей; - формулировать постановки краевых задач теорий пластичности и ползучести;

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
		<ul style="list-style-type: none"> - применять методы решения краевых задач пластичности и ползучести; - применять методы расчета предельного состояния различных элементов конструкций; - применять методы расчета времени разрушения при ползучести элементов конструкций;
	владеет	<ul style="list-style-type: none"> - моделирования неупругого поведения живых тканей и их искусственных заменителей; - определения напряженно-деформированного состояния живых тканей и их искусственных заменителей в условиях пластичности и ползучести; - расчета предельного состояния элементов конструкций; - расчета времени разрушения при ползучести элементов конструкций.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины « Основы теории пластичности и ползучести» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения:

- проблемная лекция;
- практическое занятие с использованием программных средств.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (11 ЧАСОВ)

Раздел 1. Цели и задачи теории пластичности и ползучести (4 часа.)

Тема 1. Введение. (1 час.)

Задачи курса, его структура. Исторические сведения. Экспериментальные и физические факты развития неупругих деформаций в металлах и твердых сплавах Напряжения, деформации, скорости деформаций и их инварианты. Основные теоретические соотношения между напряжениями и деформациями за пределами упругости.

Тема 2. Механические свойства твердых тел. (1 час.)

Понятие простого нагружения. Схематизация диаграмм деформирования. Условия возникновения пластических деформаций. Анизотропные и сложные среды. Условия Сен-Венана, Хилла-Мизеса, Ишлинского для изотропного тела. Условие начала пластических деформаций для анизотропного тела.

Тема 3. Методы экспериментального определения механических характеристик материала. (1 час.)

Релаксация напряжений. Ползучесть при линейном напряженном состоянии. Первая и вторая стадии ползучести. Понятие о технических теориях ползучести. Теория течения. Теория старения. Теория упрочнения.

Тема 4. Свойства поверхности нагружения (1 час.)

Поверхность нагружения (поверхность пластичности). Постулат Друкера. Выпуклость поверхности нагружения и ассоциированный закон течения. Теория изотропного расширения, кинематическая и комбинированные теории.

Раздел 2. Методы и способы решения задач теории пластичности и ползучести (5 часов.)

Тема 1. Теория малых упругопластических деформаций. (2 часа.)

Теорема Ильюшина о простом нагружении. Теория пластического течения. Связь между теориями при простом нагружении.

Тема 2. Система уравнений теории пластичности. (2 часа.)

Условия на границе, разделяющей упругую и пластическую зоны. Методы решения задач теории пластичности. Методы дополнительных напряжений, дополнительных деформаций и переменных параметров упругости. Вариационные принципы в теории малых упругопластических деформаций и их применение при решении задач. Анализ неустойчивости процессов деформирования.

Тема 3. Сложные среды. Вязко-пластичность (1 час)

О сложных средах. Вязко-пластическая среда. Ползуче-пластическая среда.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия (11 часов)

Занятие 1. Динамические задачи для жесткопластического тела. (2 час.)

1. Упругопластическое деформирование сферического баллона и толстостенного цилиндра.
2. Жесткопластический изгиб круглых пластин, нагруженных осесимметрично.

Занятие 2. Плоская деформация, линии скольжения и их свойства. (2 час.)

1. Плоское напряженное состояние. (Исследование и расчет)

Занятие 3. Циклическое деформирование и приспособляемость элементов конструкций. (1 час.)

1. Теория накопления рассеянного разрушения.

Занятие 4. Ползучесть и релаксация. (2 час.)

1. Кривые ползучести.
2. Влияние температуры.
3. Предел ползучести.
4. Методы решения задач ползучести

Занятие 5. Длительная прочность. (2 час.)

1. Предел длительной прочности.
2. Коэффициенты запаса по времени и напряжениям.

Занятие 6. Технические теории ползучести. (2 час.)

1. Теории старения, течения, упрочнения и структурных параметров.
2. Теории наследственности в ползучести.

IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторные работы (22 часа)

Лабораторная работа 1. Экспериментальные методы определения механических характеристик материалов при пластическом деформировании (8 часов.)

Аппаратное и программное обеспечение при проведении динамических и статических испытаний (виды датчиков, регистрация и обработка результатов измерений). Поверка силоизмерительных систем испытательных установок. Определение механических констант материалов методами изгиба и индентирования. Определение прочностных характеристик сталей и сплавов измерением твёрдости. Определение кривой упрочнения. Осадка цилиндрического образца.

Лабораторная работа 2. Математические модели пластичных материалов. (6 часов.)

Математическое моделирование поведения материалов и элементов конструкций в условиях повторно–попеременного и знакопеременного нагружений с применением конечно–элементных пакета CAE ANSYS и разработки расчетных программ в пакетах MAPLE или MatLab . Назначение критериев (условий) пластичности. Критерий Треска – Сен – Венана – Леви. Критерий Губера – Мизеса – Генки. Условия упрочнения материала.

Лабораторная работа 3. Математические модели вязкоупругих и стареющих материалов. (6 часов.)

Модели упруговязких тел. Стареющие и нестареющие материалы. Принцип наложения деформаций ползучести, соответствующих приращениям напряжений. Понятие о наследственной теории старения (теории ползучести Г.Н. Маслова – Н.Х. Арутюняна), теории упругой наследственности, теории старения. Интегральные уравнения Вольтерры. Реализация конкретных задач с применением конечно–элементных пакета CAE ANSYS и разработки расчетных программ в пакетах MAPLE или MatLab .

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Основы программирования в компьютерных системах» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Цели и задачи теории пластичности и ползучести	ОПК-5 ПК-3, ПК-13,	Знает методы экспериментального определения механических характеристик пластических, вязкоупругих и ползучих сред	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1-17
			Умеет использовать методы экспериментального определения механических характеристик пластических, вязкоупругих и ползучих сред Владеет анализа и обработки результатов экспериментов по определению механических характеристик материалов в состоянии пластичности и ползучести, составления отчета по полученным результатам	ПР-1 (РГЗ 1)	Задания 1-6

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
2	Методы и способы решения задач теории пластичности и ползучести	ПК-3, ПК-13,	Знает тензорные характеристики интенсивность деформации и интенсивность напряжения; - основные применяемые условия пластичности, знать теорию течения и деформационную теорию; - основные задачи теории пластичности, основные вариационные принципы теории пластичности, - знать основные задачи теории пластичности,	Собеседование (УО-1)	Вопросы 18-35
			умеет - записать полную систему уравнений равновесия и движения теории пластичности - учитывать типы граничных условий для задач теории пластичности; - уметь решать основные задачи теории пластичности.		
			Владеет - современными методами учета нелинейного поведения конструкций при расчетах на прочность и устойчивость с учетом мировых тенденций развития техники и технологий; - современными математическими программными средствами, в том числе компьютерной математики, для решения прикладных задач пластичности и ползучести;	ПР-1 (РГЗ 1)	Задания 7-12

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования

компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Безухов Н.Н. Основы теории пластичности и ползучести. Москва: Высшая школа. 2010. - 512 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:413546&theme=FEFU>

2. Подскребко М.В. Сопротивление материалов. Основы теории упругости и пластичности. Москва: Высшая школа. 2008. - 400 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=Znanium:Znanium-505197&theme=FEFU>

3. Ишлинский А. Ю., Ивлев Д. Д.. Математическая теория пластичности. 704 стр. Издательство: М: ФИЗМАТЛИТ. 2011.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=Znanium:Znanium-544571&theme=FEFU>

4. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Курс лекций. М.: Физматлит, 2006. 272 с.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-12961&theme=FEFU>

5. Варданян Г.С. Сопротивление материалов с осн. теории упругости и пластич.: Учеб. / Г.С.Варданян, В.И.Андреев и др.; Под ред. Г.С.Варданяна, Н.М.Атарова - 2 изд., испр. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2011. - 638 с.

<http://znanium.com/catalog/product/256769>

Дополнительная литература

1. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды. М.: Издательство Московского университета, 1978. 287 с.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:665650&theme=FEFU>

2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т.1. М.: Наука, 1970. 492 с. <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:245940&theme=FEFU>

3. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т.2. М.: Наука, 1970. 568 с. <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:665925&theme=FEFU>

1. Пачурин Г.С. Сопротивление материалов. Усталость и ползучесть материалов при высоких температурах: Уч. пос./Г.В.Пачурин, С.М.Шевченко, В.Н.Дубинский - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 128 с.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=501983>

2. Волосухин В.А. Сопротивление материалов: Учебник / В.А. Волосухин, В.Б. Логвинов, С.И. Евтушенко. - 5-е изд. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 543 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=390023>

3. Евтушенко С.И. Сопротивление материалов: Сборник задач с решениями: Учебное пособие / С.И. Евтушенко, Т.А. Дукмасова, Н.А. Вильбицкая. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 210 с.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=390026>

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На изучение дисциплины отводится 44 часа аудиторных занятий и 73 часа самостоятельной работы.

На практических занятиях преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и метод решения. Если полученных в аудитории знаний окажется недостаточно, студент может самостоятельно повторно прочесть лекцию или соответствующее пособие, просмотреть практикум с разобранными примерами. После выполнения задания, студент защищает его преподавателю в назначенное время.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудиторные занятия по дисциплине включают лекции и практические занятия.

В ходе обучения студенты могут использовать технологии дистанционного обучения, LMS Black Board, современные информационные технологии, интернет. Также используются такие ресурсы, как база данных

библиотеки ДВФУ и база данных научно-учебных изданий инженерной школы ДВФУ.

Используется оборудование лаборатории компьютерного моделирования: Моноблоки Lenovo C360G-i34164G500UDK – 20 шт;

Мультимедийный проектор, Mitsubishi EW330U, 3000 ANSI Lumen, 1280x800 – 1 шт;

Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, 50 см, размер рабочей области 236x147 см – 1 шт;

Акустическая система для потолочного монтажа с низким профилем, Extron SI 3CT LP (пара) – 3 шт;

Документ-камера Avertvision CP355AF – 1 шт;

ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716CCBA – 1 шт;

Сетевая видеочкамера Multipix MP-HD718 – 1 шт.

Приложение 1 к рабочей программе учебной дисциплины



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине «Основы теории пластичности и ползучести»

Направление подготовки – 15.03.03 «Прикладная механика»

**профиль «Математическое и компьютерное моделирование механических
систем и процессов»**

Форма подготовки: очная

Владивосток

2016

**План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине
«Основы теории пластичности и ползучести»**

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1 -6 неделю	Чтение тем 1-5 из пособий [1-4] основной литературы, Выполнение заданий 1-6 из расчетно-графического задания (РГЗ 1).	24 часа	ПР-1
2	7 неделя	Повтор и закрепление знаний по основным понятиям, связанным с основными задачами теории пластичности и ползучести	4 часа	УО-1
3	8 -16 неделя	Чтение тем 6-11 из пособий [1-5] основной литературы, Выполнение заданий 7-12 из расчетно-графического задания (РГЗ 1)..	32 часа	ПР-1
4	17 неделя	Повтор и закрепление знаний о методах решения задач в теории пластичности и ползучести	5 часа	УО-1
5	18 неделя	Подготовка к итоговому экзамену	4 часа	УО-1
6	Экзаменационная сессия	Подготовка к итоговому экзамену	27 часов	Перечень типовых вопросов к экзамену 1-25
Итого			100 часов	

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы обучающихся

Кроме аудиторной работы с преподавателем, студент должен самостоятельно читать соответствующие учебные пособия из списка основной и дополнительной литературы. Самостоятельная работа студента должна выполняться каждую неделю регулярно в течение семестра. В ходе выполнения самостоятельной работы студент должен прочитать как минимум пособия [1] и [2] из списка основной литературы. В случае возникновения вопросов при выполнении самостоятельной работы, студент может обратиться к преподавателю на консультации.

По завершению изучения каждого раздела преподавателем осуществляются устные опросы. Типовые вопросы для собеседования приведены в приложении 2. Для подготовки рекомендуется использовать не только основную, но и дополнительную литературу по дисциплине «Основы теории пластичности и ползучести».

Пример выполнения расчетно-графического задания 1

Задача 1.

Найти главные направления и главные значения декартова тензора \mathbf{T} второго порядка, который представлен матрицей

$$[Tu] = \begin{bmatrix} 3 & -1 & 0 \\ -1 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Решение

Для определения главных значений, имеем уравнение

$$\begin{vmatrix} 3 - \lambda & -1 & 0 \\ -1 & 3 - \lambda & 0 \\ 0 & 0 & 1 - \lambda \end{vmatrix} = (1 - \lambda)[(3 - \lambda)^2 - 1] = 0.$$

Это кубическое уравнение

$$\lambda^3 - 7\lambda^2 + 14\lambda - 8 = (\lambda - 1)(\lambda - 2)(\lambda - 4) = 0,$$

Корни которого $\lambda_{(1)} = 1, \lambda_{(2)} = 2, \lambda_{(3)} = 4$.

Пусть теперь $n_i^{(1)}$ – компоненты единичного вектора главного направления, соответствующего $\lambda_{(1)} = 1$. Тогда два первых уравнения системы дают $2n_1^{(1)} - n_2^{(1)} = 0$ и $-n_1^{(1)} + 2n_2^{(1)} = 0$, откуда $n_1^{(1)} = n_2^{(1)} = 0$, а из условия $n_i n_i = 1$ получим $n_3^{(1)} = \pm 1$.

Для $\lambda_{(2)} = 2$ система уравнений даёт $n_1^{(2)} - n_2^{(2)} = 0, -n_1^{(2)} + 2n_2^{(2)} = 0$ и $-n_3^{(2)} = \pm 1$. Таким образом $n_3^{(2)} = 0$, а $n_1^{(2)} = n_2^{(2)} = \pm 1/\sqrt{2}$, так как $n_i n_i = 1$.

Для $\lambda_{(3)} = 4$ из системы (1.131) получаем $-n_1^{(3)} - n_2^{(3)} = 0, -n_1^{(3)} - n_2^{(3)} = 0$ и $3n_3^{(3)} = 0$. Таким образом, $n_3^{(3)} = 0$ и $n_1^{(3)} = -n_2^{(3)} = \mp 1/\sqrt{2}$.

Ориентация главных осей относительно исходной системы определяется направляющими косинусами, которые даны в следующей таблице:

	x_1	x_2	x_3
x_1	0	0	± 1
x_2	$\pm 1/\sqrt{2}$	$\pm 1/\sqrt{2}$	0
x_3	$\mp 1/\sqrt{2}$	$\pm 1/\sqrt{2}$	0

Отсюда видно, что матрица тензора преобразования такова:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \pm 1 \\ \pm 1/\sqrt{2} & \pm 1/\sqrt{2} & 0 \\ \mp 1/\sqrt{2} & \pm 1/\sqrt{2} & 0 \end{bmatrix}.$$

Задача 2.

Разложить тензор напряжений

$$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 12 & 4 & 0 \\ 4 & 9 & -2 \\ 0 & -2 & 3 \end{pmatrix}.$$

На шаровую часть и девиатор и показать, что первый инвариант девиатора равен нулю.

Решение

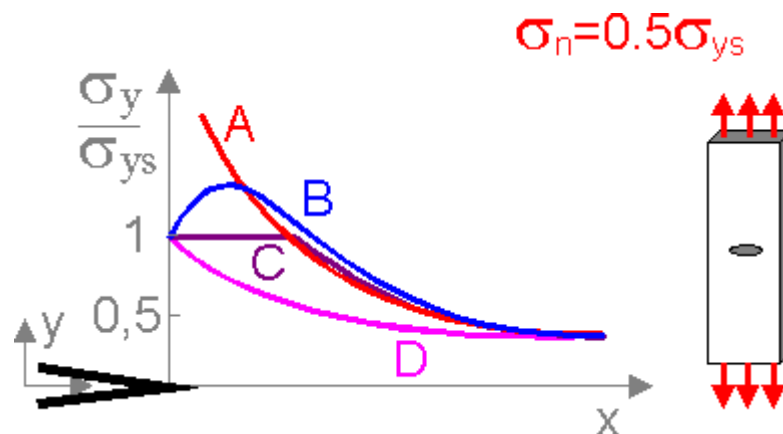
Мы имеем $\sigma_M = \frac{\sigma_{kk}}{3} = \frac{12+9+3}{3} = 8$, тогда

$$\sigma_{ij} = \sigma_M \delta_{ij} + s_{ij} = \begin{pmatrix} 8 & 0 & 0 \\ 0 & 8 & 0 \\ 0 & 0 & 8 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4 & 4 & 0 \\ 4 & 1 & -2 \\ 0 & -2 & -5 \end{pmatrix}.$$

причём $s_{ii} = 4 + 1 - 5 = 0$.

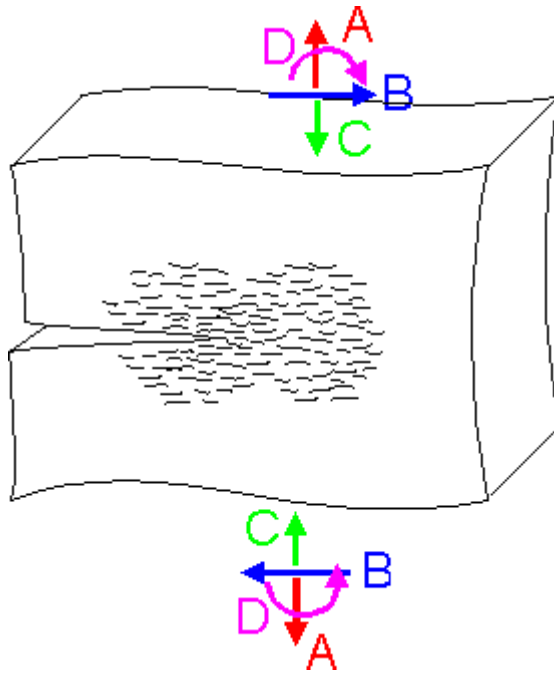
Задача 3.

Какое распределение напряжений на линии роста трещины в центре толстой стальной пластины? Y_S - Предел текучести.



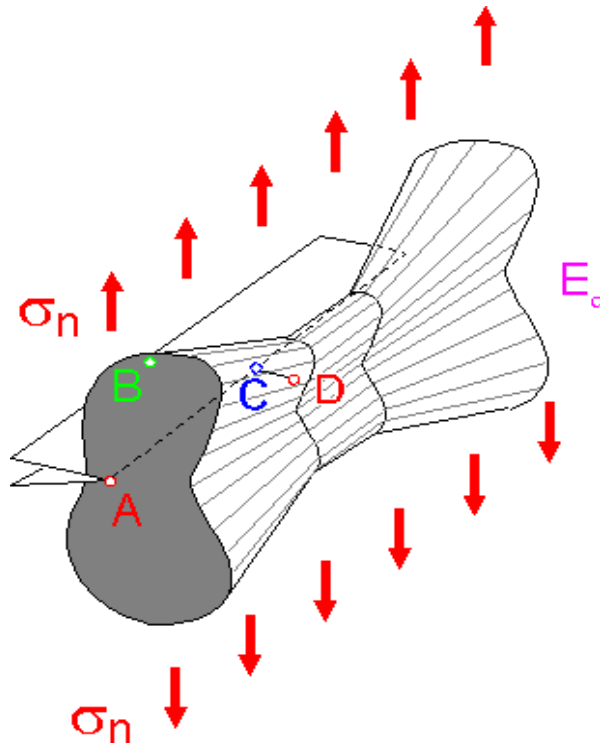
Задача 4.

Имеется рябь на полированной поверхности толстой пластины из низкоуглеродистой стали, которая отражает внутренние пластические деформации. Как испытывался образец?



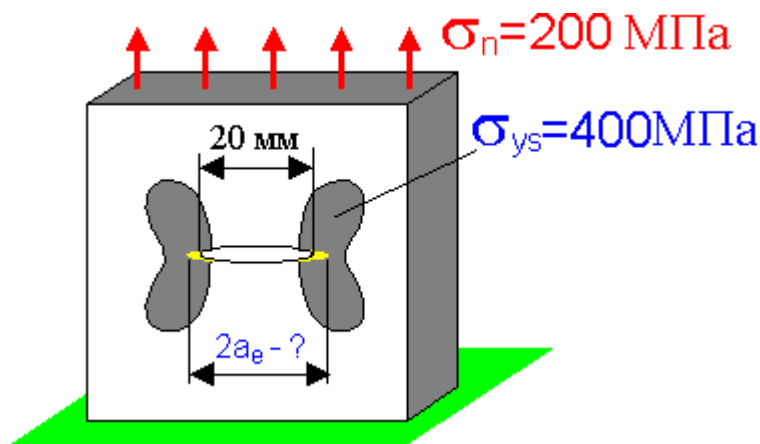
Задача 5

На рисунке показана пластическая область в толстой стальной пластине. В какой точке напряжение максимальное?



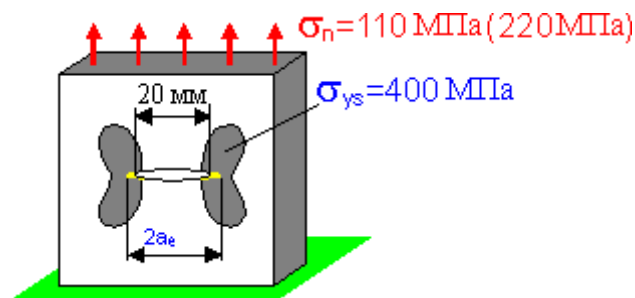
Задача 6

Эффективный размер трещины $2a_e$, который составляет пластическую деформацию, равен:



Задача 7

Коэффициент интенсивности напряжений для стальной пластины, нагруженной напряжением 110 МПа, равен $19.5 \text{ МПа м}^{1/2}$. Номинальное напряжение увеличивается в 2 раза. Какое значение имеет **коэффициент интенсивности напряжений** для *эффективного размера трещины* при пластических деформациях?



Задача 8

Задача 9-12

Пример выполнения Лабораторной работы 2. Математические модели пластичных материалов

Термоупругопластическое деформирование цилиндра при отсутствии упрочнения, условия текучести Мизеса и постоянном пределе текучести.

Аналитическая часть решения задачи

Рассматривается пластическая деформация цилиндра (сплошного, несжимаемого, предел текучести которого не зависит от температуры)

С учетом осевой симметрии и обобщенного плоского деформируемого состояния:

$$\varepsilon_z = \text{const.}, U_\varphi = 0., U_r(r)$$

Соотношения Коши: $\varepsilon_r = \frac{\partial U}{\partial r}, \varepsilon_\varphi = \frac{U}{r}, \varepsilon_z$

В упругой области закон Гука: $\varepsilon_{ij}^e = \frac{1}{2\mu} \left(\sigma_{ij} + \left(\frac{2\mu}{3k} - 1 \right) \sigma \delta_{ij} \right),$

где $\delta_{ij} = \begin{cases} 0, & i \neq j \\ 1, & i = j \end{cases}, \quad \sigma = \frac{1}{3} \sigma_{kk} = \frac{\sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33}}{3}$

$$\mu = \frac{E}{2(1+\nu)}, \quad K = \frac{E}{3(1-2\nu)}, \quad \nu = 0,5, \quad \frac{1}{K} = 0$$

$$\varepsilon = \varepsilon^e + \varepsilon^T, \quad \varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^e + \alpha T \delta_{ij}, \quad \varepsilon_{ij}^e = \varepsilon_{ij} - \alpha T \delta_{ij}$$

$$\frac{\varepsilon_{RR}}{3} = \frac{(1-2\nu)}{3E} \sigma_{RR} + \alpha T,$$

где α - коэффициент линейного температурного расширения.

Если $\nu = 0.5$, то $\dot{\varepsilon}_{RR} = 3\alpha\dot{T} \Rightarrow 3\alpha T$,

Соотношения Коши:

$$\varepsilon_z = \frac{\partial U}{\partial z}, \varepsilon_\varphi = \frac{U}{r}, \varepsilon_z = \text{const}(t)$$

т.к. $\varepsilon_{RR} = 3\alpha T$

$$\frac{\partial U}{\partial z} + \frac{U}{r} + \varepsilon_z = 3\alpha T$$

$$U' + \frac{U}{r} = 3\alpha T - \varepsilon_z$$

$$u = \frac{1}{r} \left(-\frac{\varepsilon_z r^2}{2} + 3 \int_{r_0}^r \alpha T r dr + C_0 \right)$$

$$u = -\frac{\varepsilon_z}{2} r + \frac{3\alpha}{r} \int_{r_0}^r T r dr + \frac{C_0}{r}$$

$$\begin{cases} \dot{\varepsilon}_r = -\frac{\dot{\varepsilon}_z}{2} - \frac{3\alpha}{r^2} \int_{r_0}^r \dot{T} r dr + 3\alpha\dot{T} - \frac{C_0}{r^2} \\ \dot{\varepsilon}_\varphi = -\frac{\dot{\varepsilon}_z}{2} + \frac{3\alpha}{r^2} \int_{r_0}^r \dot{T} r dr + \frac{C_0}{r^2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} e_r = \varepsilon_r - \frac{\varepsilon_z + \varepsilon_\varphi + \varepsilon_z}{3} = \frac{2}{3}\varepsilon_r - \frac{1}{3}(\varepsilon_\varphi + \varepsilon_z) \\ e_\varphi = \frac{2}{3}\varepsilon_\varphi - \frac{1}{3}(\varepsilon_r + \varepsilon_z) \\ e_z = \frac{2}{3}\varepsilon_z - \frac{1}{3}(\varepsilon_r + \varepsilon_\varphi) \end{cases}$$

$$S_{ij} = \sigma_{ij} - \sigma \delta_{ij}, \quad \sigma = \frac{\sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33}}{3}$$

$$e_{ij} = \varepsilon_{ij} - \varepsilon \delta_{ij}, \quad \varepsilon = \frac{\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33}}{3}$$

$$\begin{cases} \dot{e}_z = \dot{\varepsilon}_z - \alpha \dot{T} \\ \dot{e}_r = -\frac{\dot{\varepsilon}_z}{2} - \frac{3\alpha}{r^2} \int_{r_1}^r \dot{T} r dr + \alpha \dot{T} - \frac{C_0}{r^2} \\ \dot{e}_\varphi = -\frac{\dot{\varepsilon}_z}{2} + \frac{3\alpha}{r^2} \int_{r_1}^r \dot{T} r dr - \alpha \dot{T} + \frac{C_0}{r^2} \end{cases}$$

За искомые переменные примем:

$$S_z, \quad S = \sigma_r - \sigma_\varphi = S_r - S_\varphi$$

$$\varepsilon_z, \quad \varepsilon = \varepsilon_r - \varepsilon_\varphi$$

Определим $\dot{\varepsilon}$:

$$\dot{\varepsilon} = -2 \cdot \frac{3\alpha}{r^2} \int_0^r \dot{T} r dr + 3\alpha \dot{T} \cdot r^2 = \frac{3\alpha}{r^2} \left(\int_0^r r^2 \frac{\partial \dot{T}}{\partial r} dr \right)$$

$$\dot{\varepsilon} = \frac{3\alpha}{r^2} \left(\int_0^r r^2 \frac{\partial \dot{T}}{\partial r} dr \right)$$

Определим \dot{S}_{ij} :

$$\dot{e}_{ij} = \frac{\dot{S}_{ij}}{2\mu} + \lambda S_{ij}$$

$$\begin{cases} \dot{S}_{ij} = 2\mu \dot{e}_{ij} - \lambda S_{ij} \\ \dot{S}_{ij} = 2\mu \left(\dot{e}_{ij} - \frac{\lambda}{2\mu} S_{ij} \right) \\ \dot{S}_r = 2\mu \left(\dot{e}_r - \frac{\lambda}{2\mu} S_r \right) \\ \dot{S}_\varphi = 2\mu \left(\dot{e}_\varphi - \frac{\lambda}{2\mu} S_\varphi \right) \\ \dot{S}_z = 2\mu \left(\dot{e}_z - \frac{\lambda}{2\mu} S_z \right) \end{cases}$$

Зная значения \dot{S} , получим:

$$\begin{cases} \dot{\sigma}_r - \dot{\sigma} = 2\mu \left(\dot{\varepsilon}_z - \dot{\varepsilon}_0 - \frac{\lambda}{2\mu} (\sigma_r - \sigma) \right) \\ \dot{\sigma}_\varphi - \dot{\sigma} = 2\mu \left(\dot{\varepsilon}_\varphi - \dot{\varepsilon}_0 - \frac{\lambda}{2\mu} (\sigma_\varphi - \sigma) \right) \end{cases}$$

$$\dot{S} = 2\mu (\dot{\varepsilon} - (1 - g)\lambda S)$$

$$\dot{S}_z = 2\mu \left(\dot{\varepsilon}_z - \dot{\varepsilon}_0 - \frac{\lambda}{2\mu} S_z \right)$$

$$\dot{\varepsilon}_0 = \frac{\dot{\varepsilon}_z + \dot{\varepsilon}_r + \dot{\varepsilon}_\theta}{3}$$

$$\dot{s}_z = 2\mu(\dot{\varepsilon}_z - \alpha\dot{T} - (1-g)\lambda s_z)$$

Считаем, что коэффициент Пуассона $\nu = 1/2$ и все механические свойства, включая условие текучести, не зависят от температуры. Ограничимся случаем сплошного цилиндра, для чего в выражениях положим $\alpha = 0, C_0 = 0$, так, что:

$$\dot{\varepsilon}_r = -\frac{1}{2}\dot{\varepsilon}_z - \frac{3\alpha}{r^2} \int_0^r \dot{T} r dr + 3\alpha\dot{T}$$

$$\dot{\varepsilon}_\theta = -\frac{1}{2}\dot{\varepsilon}_z + \frac{3\alpha}{r^2} \int_0^r \dot{T} r dr$$

В качестве искоемых переменных удобно принять компоненту девиатора осевого напряжения s_z и разность напряжений:

$$s = \sigma_r - \sigma_\theta = s_r - s_\theta$$

И соответствующие деформации ε_z и

$$\varepsilon = \varepsilon_r - \varepsilon_\theta$$

Из предыдущих формул следует, что:

$$\dot{\varepsilon} = 3 \left[\alpha\dot{T} - \frac{2\alpha}{r^2} \int_0^r \dot{T} r dr \right] = \frac{3\alpha}{r^2} \int_0^r r^2 \frac{\partial T}{\partial r} dr$$

Так что $\dot{\varepsilon}$ определяется исключительно температурным полем.

Воспользовавшись зависимостями между напряжениями и деформациями, приведенными ранее, получим следующие два уравнения для скоростей напряжения:

$$\dot{s} = 2\mu[\dot{\varepsilon} - (1-g)\lambda s]$$

$$\dot{s}_z = 2\mu[\dot{\varepsilon}_z - \alpha\dot{T} - (1-g)\lambda s_z]$$

Где функция $g(r, t)$ определяется совершенно так же, как $g(x, t)$. Принимая во внимание, что $s_r + s_\theta + s_z = 0$, непосредственно находим:

$$\frac{1}{2} s_{ij} s_{ij} = \frac{1}{4} (s^2 + 3s_z^2),$$

$$s_{ij} \dot{s}_{ij} = \frac{1}{2} (s\dot{s} + 3s_z\dot{s}_z),$$

$$s_{ij}\dot{s}_{ij}^E = \mu[s\dot{\varepsilon} + 3s_z(\dot{\varepsilon}_z - \alpha\dot{T})]$$

Причем последнее соотношение получено непосредственно из предыдущего путем замены \dot{s} и \dot{s}_z их выражениями при $\lambda = 0$.

При известных s и s_z компоненты напряжения $\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z$ можно вычислить следующим образом. Из уравнения равновесия и условия, что цилиндрическая поверхность $r=b$ свободна от нагрузок, получаем:

$$\sigma_r = \int_{r_0}^b \frac{s}{r} dr$$

Тогда

$$\sigma_\theta = \sigma_r - s$$

И

$$\sigma_z = s_z + \frac{1}{3}(\sigma_r + \sigma_\theta + \sigma_z)$$

Или

$$\sigma_z = \frac{1}{2}(2\sigma_r - s + 3s_z)$$

Чтобы удовлетворить условию, согласно которому равнодействующая сил в любом поперечном сечении цилиндра должна быть нулем, используем выражения:

$$\int_0^b r\sigma_z dr = \frac{1}{2} \int_0^b [2 \int_r^b \frac{sd\rho}{\rho} - s + 3s_z] r dr$$

То условие может быть записано в виде:

$$\int_0^b r s_z dr = 0 \quad \text{или} \quad \int_0^b r \dot{s}_z dr = 0$$

Условие текучести не зависит от температуры, что дает:

$$\lambda = \frac{s_{ij}\dot{\varepsilon}_{ij}^P}{2k^2} = \frac{1}{4\mu k^2} s_{ij}\dot{s}_{ij}^E = \frac{1}{4k^2} [s\dot{\varepsilon} + 3s_z(\dot{\varepsilon}_z - \alpha\dot{T})]$$

Получаем в результате следующее выражение для $\dot{\varepsilon}_z$:

$$\dot{\varepsilon}_z = \frac{\int_0^b (2\alpha\dot{T} + (1-g)\frac{s_z}{2k^2} [s\dot{\varepsilon} - 3\alpha s_z\dot{T}]) r dr}{b^2 - \frac{3}{2k^2} \int_0^b (1-g)s_z^2 r dr}$$

Таким образом, получены все уравнения, необходимые для определения скоростей напряжений \dot{s} и \dot{s}_z в любой момент времени в зависимости от значений s, s_z и \dot{T} в этот же момент. Условия для определения $g(r, t)$ можно выразить через рассматриваемые функции в следующем виде:

$$g(r, t) = 1, \quad \text{если } \frac{1}{4}(s^2 + 3s_z^2) < k^2 \text{ или если } \frac{1}{4}(s^2 + 3s_z^2) = k^2$$

$$\text{и } s\dot{\varepsilon} + 3s_z(\dot{\varepsilon}_z - \alpha\dot{T}) \leq 0;$$

$$g(r, t) = 0, \quad \text{если } \frac{1}{4}(s^2 + 3s_z^2) = k^2 \text{ и } s\dot{\varepsilon} + 3s_z(\dot{\varepsilon}_z - \alpha\dot{T}) \geq 0$$

Листинг численного решения данной задачи в пакете Maple 17

```
> restart : with(plots) : printlevel := 0 :
>
t_kon := 60·20;
c := 477; rho := 7800; lambda := 63; Rl := 1; kll := -1;
lr := 10;
Delta_r := (Rl - r[0]) / lr; Delta_t := 10^2; r[0] := 10^-2;
Tsr := 0; theta := -0.1;
alpha := 156·10^-7;
N := 5;
sigma_T := 280;
mu := 10^5;
>
for i from 0 to lr do
T[i, 0] := 600;
S[i, 0] := 0;
Sz[i, 0] := 0;
epsilon[i, 0] := 0;
epsilon_z[i, 0] := 0;
Delta_T[i, 0] := 0;
SI[i, 0] := 0;
SzI[i, 0] := 0;
epsilonI[i, 0] := 0;
epsilon_zI[i, 0] := 0;
Delta_TI[i, 0] := 0;
end do;
```

```
> for j from 1 to 100 do  
  for i from 0 to I do  
     $\Delta T[i,j] := T[i,j] - T[i,j - 1];$   
    #print(j, ΔT[i,j]);  
  od  
od
```

```

for  $j$  from 1 to 100 do
   $kk := 1; g := 1;$ 
  while  $kk \leq 1$  or  $g = 0$  do
    for  $i$  from 1 to  $lr$  do
       $gee[i,j] := \frac{3 \cdot \text{alpha}}{i^2} \cdot \sum_{k=0}^{i-1} (k \cdot \Delta T[k,j] + ((k+1) \cdot \Delta T[k+1,j]));$ 
       $\Delta\epsilon[i,j] := 3 \cdot \text{alpha} \cdot \Delta T[i,j] - gee[i,j];$ 
       $\Delta S[i,j] := 2 \cdot \text{mu} \cdot (\Delta\epsilon[i,j] - (1-g) \cdot \Lambda I[i,j] \cdot S[i,j-1]);$ 
       $\Delta z[i,j] := \text{alpha} \cdot \Delta T[i,j];$ 
       $\Delta Sz[i,j] := 2 \cdot \text{mu} \cdot (\Delta z[i,j] - \text{alpha} \cdot \Delta T[i,j] - (1-g) \cdot \Lambda I[i,j] \cdot Sz[i,j-1]);$ 
       $S[i,j] := S[i,j-1] + \Delta S[i,j];$ 
       $Sz[i,j] := Sz[i,j-1] + \Delta Sz[i,j];$ 
       $z[i,j] := S[i,j-1] + \Delta z[i,j];$ 
       $\sigma r[i,j] := \sum_{k=i}^{lr} \frac{S[k,j] \cdot \Delta r}{r[0] + k \cdot \Delta r};$ 
       $\sigma fi[i,j] := \sigma r[i,j] - S[i,j];$ 
       $\sigma z[i,j] := \frac{1}{2} \cdot (2 \cdot \sigma r[i,j] - S[i,j] + 3 \cdot Sz[i,j]);$ 
       $\sigma int[i,j] := \frac{1}{\sqrt{2}}$ 
         $\cdot \sqrt{(\sigma r[i,j] - \sigma fi[i,j])^2 + (\sigma r[i,j] - \sigma z[i,j])^2 + (\sigma fi[i,j] - \sigma z[i,j])^2};$ 
       $\Lambda I[i,j] := \frac{1}{4 \cdot \sigma T^2} \cdot (S[i,j] \cdot \Delta\epsilon[i,j] + 3 \cdot Sz[i,j] \cdot (\Delta z[i,j] - \text{alpha} \cdot \Delta T[i,j]));$ 
       $\sigma int I[i,j] := \text{evalf}(\sigma int[i,j]);$ 
       $kee[i,j] := \frac{1}{4} \cdot (S[i,j])^2 + 3 \cdot (Sz[i,j])^2;$ 
       $lee[i,j] := S[i,j] \cdot \Delta\epsilon[i,j] + 3 \cdot Sz[i,j] \cdot (\Delta z[i,j] - \text{alpha} \cdot \Delta T[i,j]);$ 

      if  $kee[i,j] < \sigma T^2$  and  $lee[i,j] \leq 0$ 
        then
           $g := 1;$ 
        else
           $g := 0;$ 
        end if;

      if  $kk = 2$  then
         $g := 0$ 
      else
         $g := 1;$ 
      end if;

    od;
     $kk := kk + 1$ 
  end do;
od;

```

```

#Графическое представление результатов
listplot3d( [[ [  $\sigma_{int} I [ ii, jj ]$  $ii = 1 ..Ir ] $jj = 1 ..10 ], labels = [ Время, Радиус,  $\sigma_{int}$  ] );
display( plot( [ seq( [ ii,  $\sigma_{int} I [ ii, 1 ]$  ], ii = 0 ..Ir ) ], labels = [ Радиус,  $\sigma_{int}$  ], style = point, color
= black, legend = "пунктир r=0, внутренняя граница трубки" ), plot( [ seq( [ ii,  $\sigma_{int} I [ ii, 4 ]$  ], ii = 0 ..Ir ) ], color = black, legend = "сплошная r=4, средняя граница трубки" ),
plot( [ seq( [ ii,  $\sigma_{int} I [ ii, 8 ]$  ], ii = 0 ..Ir ) ], color = black, legend
= "сплошная r=8, средняя граница трубки" ), plot( [ seq( [ ii,  $\sigma_{int} I [ ii, 10 ]$  ], ii = 0 ..Ir ) ],
style = point, color = black, legend = "пунктир r=Ir, внешняя граница трубки" ) )

listplot3d( [[ [  $\sigma_r [ ii, jj ]$  $ii = 1 ..Ir ] $jj = 1 ..10 ], labels = [ Время, Радиус,  $\sigma_r$  ] );
display( plot( [ seq( [ ii,  $\sigma_r [ ii, 1 ]$  ], ii = 0 ..Ir ) ], labels = [ Радиус,  $\sigma_r$  ], style = point, color
= black, legend = "пунктир r=0, внутренняя граница трубки" ), plot( [ seq( [ ii,  $\sigma_r [ ii, 4 ]$  ],
ii = 0 ..Ir ) ], color = black, legend = "сплошная r=4, средняя граница трубки" ),
plot( [ seq( [ ii,  $\sigma_r [ ii, 8 ]$  ], ii = 0 ..Ir ) ], color = black, legend
= "сплошная r=8, средняя граница трубки" ), plot( [ seq( [ ii,  $\sigma_r [ ii, 10 ]$  ], ii = 0 ..Ir ) ],
style = point, color = black, legend = "пунктир r=Ir, внешняя граница трубки" ) )

>
listplot3d( [[ [  $\sigma_{fi} [ ii, jj ]$  $ii = 1 ..Ir ] $jj = 1 ..10 ], labels = [ Время, Радиус,  $\sigma_{fi}$  ] );
display( plot( [ seq( [ ii,  $\sigma_{fi} [ ii, 1 ]$  ], ii = 0 ..Ir ) ], labels = [ Радиус,  $\sigma_{fi}$  ], style = point, color
= black, legend = "пунктир r=0, внутренняя граница трубки" ), plot( [ seq( [ ii,  $\sigma_{fi} [ ii, 4 ]$  ], ii = 0 ..Ir ) ], color = black, legend = "сплошная r=4, средняя граница трубки" ),
plot( [ seq( [ ii,  $\sigma_{fi} [ ii, 8 ]$  ], ii = 0 ..Ir ) ], color = black, legend
= "сплошная r=8, средняя граница трубки" ), plot( [ seq( [ ii,  $\sigma_{fi} [ ii, 10 ]$  ], ii = 0 ..Ir ) ],
style = point, color = black, legend = "пунктир r=Ir, внешняя граница трубки" ) )

listplot3d( [[ [  $\sigma_z [ ii, jj ]$  $ii = 1 ..Ir ] $jj = 1 ..10 ], labels = [ Время, Радиус,  $\sigma_z$  ] );
display( plot( [ seq( [ ii,  $\sigma_z [ ii, 1 ]$  ], ii = 0 ..Ir ) ], labels = [ Радиус,  $\sigma_z$  ], style = point, color
= black, legend = "пунктир r=0, внутренняя граница трубки" ), plot( [ seq( [ ii,  $\sigma_z [ ii, 4 ]$  ],
ii = 0 ..Ir ) ], color = black, legend = "сплошная r=4, средняя граница трубки" ),
plot( [ seq( [ ii,  $\sigma_z [ ii, 100 ]$  ], ii = 0 ..Ir ) ], color = black, legend
= "сплошная r=8, средняя граница трубки" ), plot( [ seq( [ ii,  $\sigma_z [ ii, 10 ]$  ], ii = 0 ..Ir ) ],
style = point, color = black, legend = "пунктир r=Ir, внешняя граница трубки" ) )

```

Представление результатов

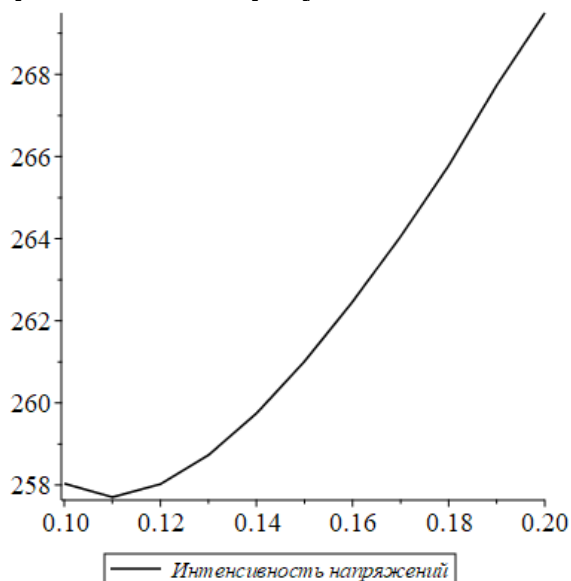


Рис. 1. Интенсивность напряжений для вала при пластических деформациях.

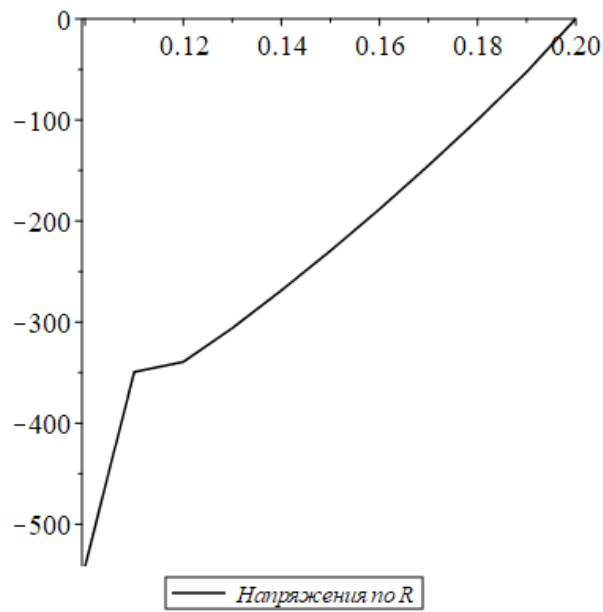


Рис. 2. Напряжения по R для вала при пластических деформациях.

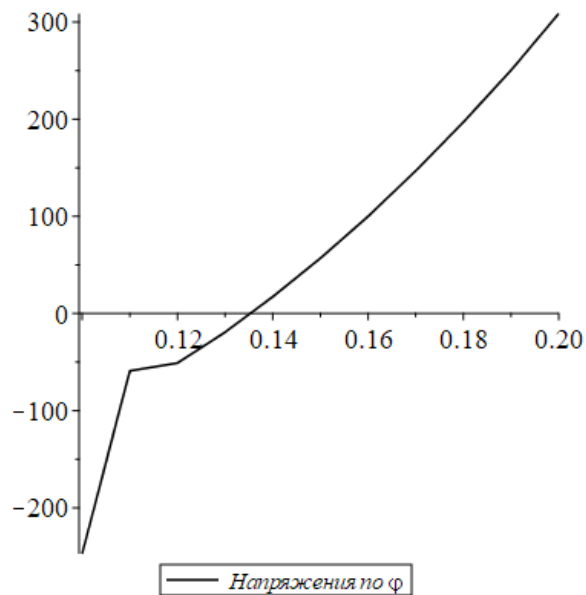


Рис. 3. Напряжения по φ для вала при пластических деформациях.

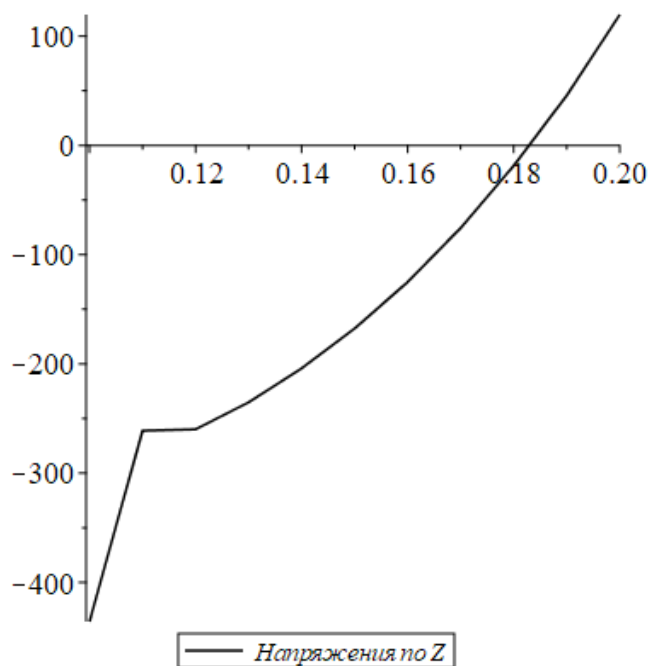


Рис. 4. Напряжения по Z для вала при пластических деформациях.

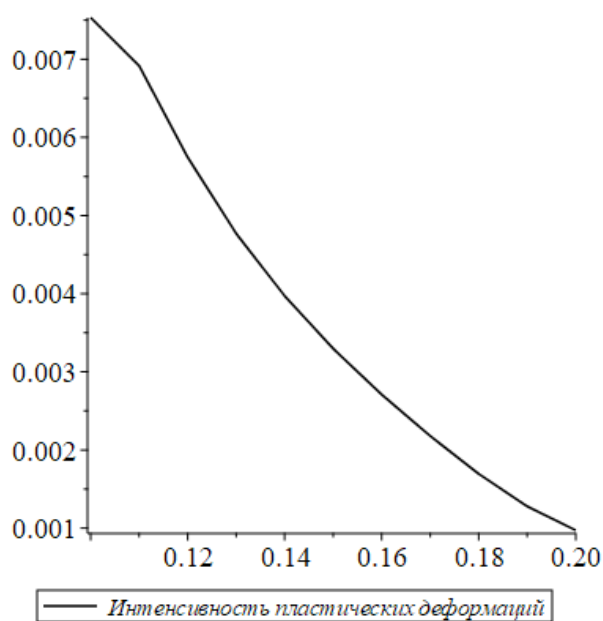


Рис. 5. Интенсивность пластических деформаций для вала радиусом 20 см.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает чтение литературы, подготовку к устным опросам и выполнение расчетно- графического задания. Критерии оценки самостоятельной работы приведены в приложении 2.

Приложение 2 к рабочей программе учебной дисциплины



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «**Основы теории пластичности и ползучести**»
Направление подготовки – **15.03.03 «Прикладная механика»**
профиль «**Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов**»
Форма подготовки: очная

Владивосток
2016

**Паспорт
фонда оценочных средств
по дисциплине «Основы теории пластичности и ползучести»**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ОПК-5 умением обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований</p>	Знает	методы экспериментального определения механических характеристик пластических, вязкоупругих и ползучих сред
	Умеет	использовать методы экспериментального определения механических характеристик пластических, вязкоупругих и ползучих сред
	Владеет	анализа и обработки результатов экспериментов по определению механических характеристик материалов в состоянии пластичности и ползучести, составления отчета по полученным результатам
<p>ПК-3 готовность выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям</p>	Знает	<ul style="list-style-type: none"> - тензорные характеристики интенсивность деформации и интенсивность напряжения; - основные применяемые условия пластичности, знать теорию течения и деформационную теорию; - основные задачи теории пластичности, основные вариационные принципы теории пластичности, - знать основные задачи теории пластичности,
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> - записать полную систему уравнений равновесия и движения теории пластичности - учитывать типы граничных условий для задач теории пластичности; - уметь решать основные задачи теории пластичности.
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> - современными методами учета нелинейного поведения конструкций при расчетах на прочность и устойчивость с учетом мировых тенденций развития техники и технологий; - современными математическими программными средствами, в том числе компьютерной математики, для решения прикладных задач пластичности и ползучести;

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ПК-13 готовностью участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин</p>	знает	<ul style="list-style-type: none"> - основные экспериментальные и физические факты развития неупругих деформаций в материалах и живых тканях; - основные теоретические соотношения между напряжениями и деформациями за пределами упругости; - математические теории пластичности, ползучести и длительной прочности
	умеет	<ul style="list-style-type: none"> - использовать определяющие соотношения теорий пластичности, ползучести и вязкоупругости для описания неупругого поведения живых тканей и их искусственных заменителей; - формулировать постановки краевых задач теорий пластичности и ползучести; - применять методы решения краевых задач пластичности и ползучести; - применять методы расчета предельного состояния различных элементов конструкций; - применять методы расчета времени разрушения при ползучести элементов конструкций;
	владеет	<ul style="list-style-type: none"> - моделирования неупругого поведения живых тканей и их искусственных заменителей; - определения напряженно-деформированного состояния живых тканей и их искусственных заменителей в условиях пластичности и ползучести; - расчета предельного состояния элементов конструкций; - расчета времени разрушения при ползучести элементов конструкций.

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Цели и задачи теории пластичности и ползучести	ОПК-5 ПК-3, ПК-13,	Знает методы экспериментального определения механических характеристик пластических, вязкоупругих и ползучих сред	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1-17

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
			<p>Умеет использовать методы экспериментального определения механических характеристик пластических, вязкоупругих и ползучих сред</p> <p>Владеет анализа и обработки результатов экспериментов по определению механических характеристик материалов в состоянии пластичности и ползучести, составления отчета по полученным результатам</p>	<p>ПР-1 (РГЗ 1)</p> <p>Задания 1-6</p>
2	Методы и способы решения задач теории пластичности и ползучести	ПК-3, ПК-13,	<p>Знает тензорные характеристики интенсивность деформации и интенсивность напряжения;</p> <p>- основные применяемые условия пластичности, знать теорию течения и деформационную теорию;</p> <p>- основные задачи теории пластичности, основные вариационные принципы теории пластичности,</p> <p>- знать основные задачи теории пластичности,</p>	<p>Собеседование (УО-1)</p> <p>Вопросы 18-35</p>
			<p>умеет</p> <p>- записать полную систему уравнений равновесия и движения теории пластичности</p> <p>- учитывать типы граничных условий для задач теории пластичности;</p> <p>- уметь решать основные задачи теории пластичности.</p>	<p>ПР-1 (РГЗ 1)</p> <p>Задания 7-12</p>
			<p>Владеет</p> <p>- современными методами учета нелинейного поведения конструкций при расчетах на прочность и устойчивость с учетом мировых тенденций развития техники и технологий;</p> <p>- современными математическими</p>	

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
		программными средствами, в том числе компьютерной математики, для решения прикладных задач пластичности и ползучести;		

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОПК-5 умением обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований	Знает	методы экспериментального определения механических характеристик пластических, вязкоупругих и ползучих сред	- знание определений основных понятий методов прикладной механики; - знание основных этапов создания математических моделей в теории пластичности и ползучести;	- способность дать определения основных понятий пластичности; - способность перечислить и раскрыть суть методов математического моделирования в теории пластичности и ползучести, которые изучил и освоил обучающийся; - способность перечислить и раскрыть последовательность и содержание этапов создания математической модели; - способность сформулировать и раскрыть суть требований постановке задачи
	Умеет	использовать методы экспериментального определения механических характеристик пластических, вязкоупругих и ползучих сред	- умение моделировать, используя стандартные методы прикладной математики в механике - умение апробировать математические модели для конкретных процессов в механике	- способность проектировать и конструировать математические модели в механике; - способность адаптировать стандартный алгоритм для решения конкретной задачи; - способность проводить исчерпывающее тестирование модели
	Владет	анализа и обработки результатов экспериментов по определению механических характеристик	- владение терминологией механики и математического моделирования; - владение способностью сформулировать постановку	- способность бегло и точно применять терминологический аппарат математического моделирования в механике в устных

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
		материалов в состоянии пластичности и ползучести, составления отчета по полученным результатам	задачи для разработки математической модели; - владение компьютером как средством реализации математической модели	ответах на вопросы и в письменных работах, - способность сформулировать задачу для разработки математической модели; - способность корректно представлять знания в алгоритмической форме. - способность свободно применять стандартные методы
<p>ПК-3 готовность выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям</p>	Знает	<ul style="list-style-type: none"> - тензорные характеристики интенсивность деформации и интенсивность напряжения; - основные применяемые условия пластичности, знать теорию течения и деформационную теорию; - основные задачи теории пластичности, основные вариационные принципы теории пластичности, - знать основные задачи теории пластичности, 	<ul style="list-style-type: none"> - знание определений основных понятий и определений непрерывного и дискретного моделирования в механике; - знание основных способов представления реальных данных с помощью математического моделирования; - знание основных приемов построения математических моделей 	<ul style="list-style-type: none"> - способность дать определения основных понятий и определений непрерывного и дискретного моделирования в механике - способность представить реальные данные с помощью математического моделирования; - способность сформулировать и раскрыть суть основных методов разработки математических моделей;
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> - записать полную систему уравнений равновесия и движения теории пластичности - учитывать типы граничных условий для задач теории пластичности; уметь решать основные задачи теории пластичности. 	<ul style="list-style-type: none"> - умение разрабатывать алгоритмы и программы для решения задач профессиональной деятельности средствами математического моделирования, используя стандартные методы и эталонные образцы 	<ul style="list-style-type: none"> - способность разрабатывать собственные модели для решения стандартных задач в области профессиональной деятельности
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> - современными методами учета нелинейного поведения конструкций при расчетах на прочность и устойчивость с учетом мировых тенденций развития техники и технологий; - современными математическими программными 	<ul style="list-style-type: none"> - владение методами разработки математических моделей для решения аналитических, исследовательских и коммуникативных задач профессиональной деятельности, в том числе и в нестандартных ситуациях - владение методами командной работы; 	<ul style="list-style-type: none"> - способность проектировать и реализовать нестандартные задачи в области профессиональной деятельности; - способность работать в проектной команде по разработке математических моделей

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
		<p>средствами, в том числе компьютерной математики, для решения прикладных задач пластичности и ползучести;</p>		
<p>ПК-13 готовностью участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин</p>	знает	<ul style="list-style-type: none"> - основные экспериментальные и физические факты развития неупругих деформаций в материалах и живых тканях; - основные теоретические соотношения между напряжениями и деформациями за пределами упругости; - математические теории пластичности, ползучести и длительной прочности 	<ul style="list-style-type: none"> - знание основных принципов работы при построении математических моделей в теории пластичности и ползучести; - знание способов реализации и интерпретации реальных данных при постановке задач в теории пластичности и ползучести; 	<ul style="list-style-type: none"> - способность дать определения основных понятий, и методов при построении математических моделей в теории пластичности и ползучести; - способность сформулировать и раскрыть суть основных способов реализации и интерпретации реальных данных при постановке задач в теории пластичности и ползучести;
	умеет	<ul style="list-style-type: none"> - использовать определяющие соотношения теорий пластичности, ползучести и вязкоупругости для описания неупругого поведения живых тканей и их искусственных заменителей; - формулировать постановки краевых задач теорий пластичности и ползучести; - применять методы решения краевых задач пластичности и ползучести; - применять методы расчета предельного состояния различных элементов конструкций; - применять методы расчета времени разрушения при ползучести элементов конструкций; 	<ul style="list-style-type: none"> - умение использовать основные законы природы и принципы теории пластичности; - умение анализировать полученные результаты и представлять их в виде отчетов; 	<ul style="list-style-type: none"> - способность использовать основные законы природы и принципы теории пластичности; - способность использовать стандартные методы обработки результатов исследований в стандартных задачах профессиональной деятельности;
	владеет	<ul style="list-style-type: none"> - моделирования неупругого поведения живых тканей и их искусственных заменителей; - определения 	<ul style="list-style-type: none"> - владения основными принципами теории пластичности и ползучести при решении прикладных задач механики; - свободное владение 	<ul style="list-style-type: none"> - способность использования основных принципов теории пластичности и ползучести при решении прикладных задач

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	критерии	показатели
	напряженно-деформированного состояния живых тканей и их искусственных заменителей в условиях пластичности и ползучести; - расчета предельного состояния элементов конструкций; - расчета времени разрушения при ползучести элементов конструкций.	методами обработки и подготовки отчетов по моделированию в механике;	механики; - способность свободно владеть методами обработки и подготовки отчетов по моделированию в механике;

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Цели и задачи теории пластичности и ползучести	ПС-3, ПС-12, ОПК-5	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1-17
			умеет	ПР-1 (РГЗ 1)	Задания 1-6
			владеет		
2	Методы и способы решения задач теории пластичности и ползучести	ПС-3, ПС-12, ОПК-5	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 18-35
			умеет	ПР-1 (РГЗ 1)	Задания 7-12
			владеет		

Материалы к проведению экзамена

Перечень типовых экзаменационных вопросов

1. Назовите основные параметры состояния твердых деформируемых тел. Какие из них могут быть приняты в качестве независимых? Чем отличаются простые модели материала твердых тел от сложных?
2. Назовите главный признак пластического состояния материала.
3. Запишите условия начала пластичности для изотропного материала.

4. Чем отличается условие начала пластичности от условия пластичности?
5. Какие меры упрочнения материала вводятся в условия пластичности изотропного материала?
6. Сформулируйте постулат Друкера.
7. Запишите принцип максимума работы пластической деформации.
8. Запишите ассоциированный закон течения материала.
9. Запишите условия существования нагружения материала, разгрузки и нейтрального типа нагружения.
10. Сформулируйте гипотезы теории течения при пластическом деформировании материала.
11. Что такое простое нагружение? Запишите уравнения состояния теории малых упруго пластических деформаций.
12. Назовите главный признак состояния ползучести материала.
13. Сформулируйте основные принципы построения технических теорий ползучести.
14. Назовите особенности ползучести неметаллических материалов.
15. Сформулируйте принцип построения уравнений наследственной теории ползучести при сложном напряженном состоянии.
16. Сформулируйте общие принципы постановки задач механики деформируемого твёрдого тела.
17. Для чего нужны краевые и начальные условия при решении задач механики деформируемого твёрдого тела. Что отражают краевые и начальные условия?
18. Какие особенности проявляются при постановке краевых задач многосвязных тел?
19. Каким образом ставится краевая задача применительно к неоднородному телу, состоящему из областей с различными механическими свойствами?
20. Сформулируйте основные задачи теории упругости.

21. Опишите современные схемы решения задач теории пластичности.
22. В чём состоит сущность метода упругих решений задач теории пластичности?
23. Опишите современные схемы решения задач теории ползучести.
24. Опишите современные схемы решения задач наследственной теории ползучести.
25. Опишите особенности расчёта неоднородных конструкций.

Перечень типовых экзаменационных задач

На экзамен по каждой теме выносятся два вида задач из разделов 1 и 2 соответственно.

Раздел «Цели и задачи теории пластичности и ползучести»

1. Тензор напряжений в точке P задан так:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} 7 & 0 & -2 \\ 0 & 5 & 0 \\ -2 & 0 & 4 \end{pmatrix}.$$

Определить вектор напряжения в точке P на площадке с единичным вектором нормали $n = \frac{2}{3}e_1 - \frac{2}{3}e_2 + \frac{1}{3}e_3$.

2. Напряжённое состояние в некоторой точке задано в декартовой системе координат $Ox_1x_2x_3$ тензором

$$\Sigma = \begin{pmatrix} 7 & 0 & -2 \\ 0 & 5 & 0 \\ -2 & 0 & 4 \end{pmatrix}.$$

Определить тензор напряжений Σ' для поворнутых осей $Ox_1x_2x_3$, которые связаны с осями без штрихов тензором преобразования

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ -1/\sqrt{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \end{pmatrix}.$$

3. Найти поверхности напряжения Коши в точке P для следующих состояний напряжения:

а) всестороннее равномерное растяжение (сжатие)

$$\sigma_{11} = \sigma_{22} = \sigma_{33} = \sigma, \quad \sigma_{12} = \sigma_{13} = \sigma_{23} = 0;$$

б) одноосное растяжение (сжатие)

$$\sigma_{11} = \sigma, \quad \sigma_{22} = \sigma_{33} = \sigma_{12} = \sigma_{13} = \sigma_{23} = 0;$$

4. Тензор напряжения в точке P в декартовых осях $Ox_1x_2x_3$ имеет компоненты

$$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \\ 1 & 2 & 0 \end{pmatrix}.$$

Определить главные напряжения и главные оси тензора напряжений, с которыми будет связана система осей координат $Ox_1x_2x_3$.

Раздел «Методы и способы решения задач теории пластичности и ползучести»

1. Напряжённое состояние в некоторой точке задано тензором напряжений

$$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} \sigma & a\sigma & b\sigma \\ a\sigma & \sigma & c\sigma \\ b\sigma & c\sigma & \sigma \end{pmatrix},$$

где a , b , c – константы, а σ – некоторое значение напряжения. Определить константы a , b и c так, чтобы вектор напряжения на *октаэдрической* площадке с единичной нормалью $\hat{n} = \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)\hat{e}_1 + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)\hat{e}_2 + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)\hat{e}_3$ был равен нулю.

2. Тензор напряжений в точке P задан так:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} 7 & 0 & -2 \\ 0 & 5 & 0 \\ -2 & 0 & 4 \end{pmatrix}.$$

Определить: а) компоненту, перпендикулярную площадке; б) модуль $t_i^{(\hat{n})}$; в) угол между $t_i^{(\hat{n})}$ и \hat{n} .

3. Непосредственным вычислением найти инварианты I_Σ , II_Σ , III_Σ тензора напряжений

$$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 6 & -3 & 0 \\ -3 & 6 & 0 \\ 0 & 0 & 8 \end{pmatrix}.$$

Найти главные напряжения для этого напряжённого состояния и показать, что диагональная форма приводит к тем же самым значениям инвариантов.

4. В некоторой точке задан тензор напряжений

$$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 5 & 0 & 0 \\ 0 & -6 & -12 \\ 0 & -12 & 1 \end{pmatrix}.$$

Определить максимальное касательное напряжение в этой точке и показать, что оно действует в плоскости, которая делит пополам угол между площадками максимального и минимального нормальных напряжений.

Порядок проведения экзамена и принцип составления экзаменационного билета

Экзамен состоит из: 1) 2-х письменных вопросов и 2-х задач по предмету.

Образец экзаменационного билета

1. Для чего нужны краевые и начальные условия при решении задач механики деформируемого твёрдого тела. Что отражают краевые и начальные условия?
2. В чём состоит сущность метода упругих решений задач теории пластичности?
3. Тензор напряжений в точке P задан так:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} 7 & 0 & -2 \\ 0 & 5 & 0 \\ -2 & 0 & 4 \end{pmatrix}.$$

Определить вектор напряжения в точке P на площадке с единичным вектором нормали $n = \frac{2}{3}e_1 - \frac{2}{3}e_2 + \frac{1}{3}e_3$.

4. Непосредственным вычислением найти инварианты I_{Σ} , II_{Σ} , III_{Σ} тензора напряжений

$$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 6 & -3 & 0 \\ -3 & 6 & 0 \\ 0 & 0 & 8 \end{pmatrix}.$$

Найти главные напряжения для этого напряжённого состояния и показать, что диагональная форма приводит к тем же самым значениям инвариантов.

Оценочные средства для текущей аттестации Вопросы для собеседования

Раздел «Цели и задачи теории пластичности и ползучести»

1. Интенсивность касательных деформаций.
2. Интенсивность касательного напряжения.
3. Условия пластичности Треска - Сен-Венана, Мизеса, приведенного напряжения
4. Теория течения. Ассоциированный закон течения.
5. Деформационная теория пластичности.
6. Основные соотношения М. Леви и Р. Мизеса.
7. Основные соотношения Г. Генки.
8. Постулат Друкера.
9. Теорема единственности задачи теории пластичности.
10. Экстремальные принципы для жестко - пластического тела.
11. Полная система уравнений равновесия для теории течения.
12. Полная система уравнений равновесия для деформационной теории.
13. Граничные условия и условия непрерывности на границе упругой и пластической
14. Упруго - пластическое равновесие цилиндрической трубы (несжимаемый материал)
15. Упруго - пластическое равновесие цилиндрической трубы (сжимаемый материал).

16. Упруго - пластическое равновесие кольцевого диска (несжимаемый материал).

17. Упруго - пластическое равновесие кольцевого диска (сжимаемый материал).

Раздел «Методы и способы решения задач теории пластичности и ползучести»

18. Упруго - пластическое равновесие сферического сосуда (несжимаемый материал).

19. Упруго - пластическое равновесие сферического сосуда (сжимаемый материал).

20. Упруго - пластическое состояние вращающегося диска

21. Жестко - пластическое состояние вращающегося диска.

22. Упруго - пластическое кручение стержней. Основные определения.

23. Упруго - пластическое кручение стержней эллиптического сечения.

24. Упруго - пластическое кручение стержней круглого сечения.

25. Плоская теория пластичности. Линии скольжения.

26. Свойства линий скольжения.

27. Полная система уравнений равновесия плоской теории упругости.

28. Основные краевые задачи плоской теории упругости.

29. Упруго - пластическое растяжение плоскости с круговым отверстием.

30. Решения Прандтля о вдавливании плоского штампа.

31. Решения Хилла о вдавливании плоского штампа.

32. Давление на полуплоскость выпуклого и вогнутого штампов.

33. Внедрение в полуплоскость клинообразных штампов.

34. Основные определения теории ползучести.

35. Основные соотношения теории вязко - пластичности.

Критерии оценки расчетно-графической работы

✓ 10-8 баллов выставляется студенту, если студент выполнил все задачи расчётно-графического задания. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; семантических и синтаксических ошибок в решение нет. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 7-6 баллов – работа выполнена полностью; но 1 задача реализована не в полном объеме и оформлена не в соответствии со стандартами. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 5-4 балла – работа выполнена полностью. Но две задачи реализованы не в полном объеме и оформлены не в соответствии со стандартами. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

✓ 1-3 балла – работа выполнена не полностью. Три и более задачи не реализованы. При защите студент не отвечает на более, чем на 2 вопроса преподавателя.

Критерии оценки устного ответа

100-86 баллов - если ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией по математическому моделированию в механике. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

✓ 85-76 - баллов - знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

✓ 75-61 - балл - фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определенно и последовательно изложить ответ.

✓ 60-50 баллов - незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.

Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине

«Основы теории пластичности и ползучести»

Баллы (рейтингово й оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86-100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал по теории пластичности и ползучести, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, связанных с проектированием и реализацией задач в области профессиональной деятельности.
76-85	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал по теории пластичности и ползучести, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, связанных с проектированием и реализацией задач в области профессиональной деятельности, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61-75	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала в области теории пластичности и ползучести, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные

		формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ, связанным с применением стандартных подходов в области своей профессиональной деятельности.
0-60	<i>«неудовлетворительно»</i>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала по теории пластичности и ползучести, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

.Оценочные средства для текущей аттестации

Вопросы для собеседований по дисциплине «Теории пластичности и ползучести»

Раздел «Цели и задачи теории пластичности и ползучести»

1. Интенсивность касательных деформаций.
2. Интенсивность касательного напряжения.
3. Условия пластичности Треска - Сен- Венана, Мизеса, приведенного напряжения
4. Теория течения. Ассоциированный закон течения.
5. Деформационная теория пластичности.
6. Основные соотношения М. Леви и Р. Мизеса.
7. Основные соотношения Г. Генки.
8. Постулат Друкера.
9. Теорема единственности задачи теории пластичности.
10. Экстремальные принципы для жестко - пластического тела.
11. Полная система уравнений равновесия для теории течения.
12. Полная система уравнений равновесия для деформационной теории.
13. Граничные условия и условия непрерывности на границе упругой и пластической
14. Упруго - пластическое равновесие цилиндрической трубы (несжимаемый материал)
15. Упруго - пластическое равновесие цилиндрической трубы (сжимаемый материал).
16. Упруго - пластическое равновесие кольцевого диска (несжимаемый материал).
17. Упруго - пластическое равновесие кольцевого диска (сжимаемый материал).

Раздел «Методы и способы решения задач теории пластичности и ползучести»

18. Упруго - пластическое равновесие сферического сосуда (несжимаемый материал).
19. Упруго - пластическое равновесие сферического сосуда (сжимаемый материал).
20. Упруго - пластическое состояние вращающегося диска
21. Жестко - пластическое состояние вращающегося диска.
22. Упруго - пластическое кручение стержней. Основные определения.
23. Упруго - пластическое кручение стержней эллиптического сечения.
24. Упруго - пластическое кручение стержней круглого сечения.
25. Плоская теория пластичности. Линии скольжения.
26. Свойства линий скольжения.
27. Полная система уравнений равновесия плоской теории упругости.
28. Основные краевые задачи плоской теории упругости.
29. Упруго - пластическое растяжение плоскости с круговым отверстием.
30. Решения Прандтля о вдавливании плоского штампа.
31. Решения Хилла о вдавливании плоского штампа.
32. Давление на полуплоскость выпуклого и вогнутого штампов.
33. Внедрение в полуплоскость клинообразных штампов.
34. Основные определения теории ползучести.
35. Основные соотношения теории вязко - пластичности.

Критерии оценки:

✓ 100-85 баллов выставляется студенту, если его ответ показывает прочные знания основных положений изучаемого раздела теории пластичности и ползучести, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы; свободное владение

монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение алгоритмически описывать проблему из выбранной предметной области.

✓ 85-76 баллов выставляется студенту, если его ответ, обнаруживающий прочные знания основных положений изучаемого раздела теории пластичности и ползучести, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры алгоритмов; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение алгоритмически описывать проблему из выбранной предметной области. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 балл выставляется студенту, если его ответ, свидетельствующий в основном о знании основных положений изучаемого раздела теории пластичности и ползучести, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками объяснения, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры алгоритмов; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение алгоритмически описывать проблему из выбранной предметной области.

✓ 60-50 баллов выставляется студенту, если его ответ, обнаруживающий незнание основных положений изучаемого раздела теории пластичности и ползучести, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; неумение алгоритмически описывать проблему из выбранной предметной области