

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 13 » февраля 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Теория определяющих соотношений  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 01.03.02 Прикладная математика и информатика  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Математическое моделирование (СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование комплекса знаний, умений и навыков, необходимых для корректной формулировки или выбора определяющих соотношений при построении математических моделей широкого класса физико-механических процессов.

Задачи дисциплины

- изучение основных типов определяющих соотношений, областей их применимости, физических механизмов, ответственных за поведение конденсированных сред, основные понятия и аксиоматика общей теории определяющих соотношений;
- формирование умений выбирать типы и конкретные определяющие соотношения для построения математических моделей реальных систем и процессов;
- владение навыками модификации существующих и построения новых моделей для описания поведения конденсированных сред

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- Определяющие соотношения (уравнения состояния) для различных материалов
- Основные понятия и определения теории определяющих соотношений
- Подходы и методы построения определяющих соотношений
- Физико-механические основы и физические механизмы, ответственные за поведение конденсированных сред
- Современные модели нелинейного поведения конденсированных сред

### 1.3. Входные требования

Владение на продвинутом уровне аппаратом математического анализа, тензорного анализа, физики, механики сплошных сред

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотносены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает основные понятия и аксиоматику общей теории определяющих соотношений, подходы к построению моделей для описания поведения различных сред	Знает парадигму и основные концепции развития прикладной математики и математического моделирования, современные подходы и методы проведения научных исследований, современные и классические математические модели систем и процессов.	Контрольная работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет обоснованно выбирать, модифицировать существующие и разрабатывать новые определяющие соотношения	Умеет анализировать возможности и применимость математических моделей, применять и модифицировать их для решения научных и прикладных задач, разрабатывать новые математические модели при выполнении научных исследований на современном уровне	Отчёт по практическому занятию
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками построения замкнутых математических моделей физико-механических процессов	Владеет навыками выполнения научно-исследовательской работы, применения и модификации известных математических моделей для получения новых научных и прикладных результатов	Дифференцированный зачет

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	50	50	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
8-й семестр				
Общая теория определяющих соотношений.	18	0	6	24
<p>Тема 1. Основные понятия и определения теории определяющих соотношений (ТОС). Объективные тензорные характеристики, типы объективности. Основные подходы и методы построения определяющих соотношений.</p> <p>Тема 2. Аксиоматический подход к формулировке определяющих соотношений. Основные аксиомы теории определяющих соотношений: принцип детерминизма, принцип локального действия, принцип материальной индифферентности.</p> <p>Тема 3. Определение порядка материала. Простые материалы. Независимость существования определяющего соотношения от выбора отсчетной конфигурации. Постулат макроскопической определенности А.А.Ильюшина.</p> <p>Тема 4. Гипотеза определенности реакции материала конечным числом параметров. Внутренние переменные. Определяющие, эволюционные и замыкающие уравнения.</p> <p>Тема 5. Примеры применения принципа материальной индифферентности: приведенная форма определяющих соотношений, обобщение соотношения Максвелла на случай геометрической нелинейности, определяющее соотношение жидкости.</p>				
Подходы теории определяющих соотношений для материалов со связями	12	0	4	28
<p>Тема 6. Однородные деформации простого материала. Модельное тело. Гипотеза макрофизической определенности.</p> <p>Тема 7. Естественная конфигурация. Естественное напряженное состояние. Естественные условия.</p> <p>Тема 8. Материалы со связями. Простая связь. Принцип детерминизма для материалов со связями. Тензор напряжений, реализующих простые связи. Примеры: несжимаемый материал, нерастяжимый материал, абсолютно твердое тело.</p> <p>Тема 9. Материальный изоморфизм, определение. Единообразное и однородное тела.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Учет симметричных свойств при построении определяющих соотношений. Определяющие соотношения для некоторых классических материалов	20	0	8	20
Тема 10. Группа равноправности материалов. Определения равноправности и группы равноправности. Наименьшая группа равноправности. Независимость существования группы равноправности и ее мощности от выбора отсчетной конфигурации. Преобразования элементов группы равноправности при аффинных преобразованиях конфигурации. Тема 11. Изотропные материалы, определение. Твердое тело: определение, классы симметрии кристаллов, семь кристаллических сингоний, четырнадцать типов решетки Браве, классификация твердых тел по типам симметрии, теоремы о преобразованиях неискаженной конфигурации. Тема 12. Упругие материалы, определения. Неединственность решения нелинейных задач теории пружины. Изотропные упругие материалы, теоремы, следствия. О других определяющих соотношениях для твердых тел. Тема 13. Жидкость: определение, теорема о свойствах жидкости, следствия из теоремы. Общий вид определяющего соотношения жидкости. Определяющие соотношения для жидкостей и газов. Тема 14. Свойство затухающей памяти, основные определения, инфинитезимальная память. Медленно затухающая память, аксиома непрерывности, определение полунормы для забывающей памяти.				
ИТОГО по 8-му семестру	50	0	18	72
ИТОГО по дисциплине	50	0	18	72

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Преобразование при замене системы отсчета кинематических и динамических локальных переменных механики сплошной среды
2	Проверка удовлетворения первым двум аксиомам ТОС ряда известных определяющих соотношений
3	Запись конститутивных моделей материала согласно общей структуре моделей с внутренними переменными
4	Проверка удовлетворения аксиоме индифферентности ряда известных определяющих соотношений

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
5	Гипотеза макроопределимости, естественное напряженное и деформированное состояние
6	Материалы со связями: армированные материалы, пластичность кристаллов
7	Разбор понятий единообразного и однородного тел
8	Определение группы равноправности материала по данным определяющим соотношениям
9	Общее представление определяющих соотношений изотропного твердого тела
10	Общее представление определяющих соотношений для твердых тел жидкости, рассмотрение частных ОС.
11	Общее представление определяющих соотношений жидкости, рассмотрение частных ОС.
12	Определение реакции среды с затухающей памятью на сложные истории воздействий.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Крайнов В. П. Лекции по избранным проблемам механики сплошных сред : учебное пособие для вузов. Долгопрудный : Интеллект, 2014. 118 с. 7,5 усл. печ. л.	1
2	Механика сплошной среды. 1. Санкт-Петербург : Лань, 2004. 528 с.	48
3	Механика сплошной среды. 2. Санкт-Петербург : Лань, 2004. 560 с.	38
4	Папуша А. Н. Механика сплошных сред : учебник для вузов. Москва Ижевск : Ин-т компьютер. исслед., 2011. 686 с. 55,47 усл. печ. л.	1
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Зарубин В. С., Кувыркин Г. Н. Математические модели термомеханики. Москва : Физматлит, 2002. 167 с.	1
2	Коробейников С. Н. Нелинейное деформирование твердых тел : монография. Новосибирск : СО РАН, 2000. 261 с.	1
3	Лотов К. В. Физика сплошных сред : учебное пособие для вузов. Москва Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2002. 144 с.	2
4	Можен Ж. Механика электромагнитных сплошных сред : учебное издание пер. с англ. Москва : Мир, 1991. 560 с. 35,00 усл. печ. л.	1
5	Трусов П. В., Швейкин А. И. Теория пластичности : учебное пособие для вузов. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2011. 418 с. 26,25 усл. печ. л.	50
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа : научный журнал. Москва : Наука, 1966 - .	
2	Известия Российской академии наук. Механика твердого тела : научный журнал. Москва : Наука, 1966 - .	
3	Прикладная механика и техническая физика : журнал. Новосибирск : СО РАН, 1960 - .	
4	Физика твердого тела : журнал. Санкт-Петербург : Наука, 1959 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Введение в математическое моделирование/ Ашихмин В. Н., Гитман М. Б., Келлер И. Э., Наймарк О. Б., Столбов В. Ю., Трусов П. В., Фрик П. Г. - Москва : Логос, 2004	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2392">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2392</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Трусов П.В., Швейкин А.И. Теория пластичности. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011. 419 с.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160922">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160922</a>	сеть Интернет; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 11 (подп. Azure Dev Tools for Teaching )
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Mathematica Professional Version (лиц.L3263-7820*)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Microsoft Office Visio Professional 2016 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Среды разработки, тестирования и отладки	C++ Builder 2007 Enterprise , лиц. PO-398ESD, ПНИПУ

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Elsevier "Freedom Collection"	<a href="https://www.elsevier.com/">https://www.elsevier.com/</a>
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Springer Nature e-books	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> <a href="http://jwww.springerprotocols.com/">http://jwww.springerprotocols.com/</a> <a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a> <a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a> <a href="http://npg.com/">http://npg.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Аудитории, оборудованные ноутбуком, видеопроектором	6
Практическое занятие	Аудитории, оборудованные ноутбуком, видеопроектором	6
Практическое занятие	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	10

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Теория определяющих соотношений»

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 01.03.02 Прикладная математика и информатика

**Направленность (профиль) образовательной программы:** Математическое моделирование

**Квалификация выпускника:** «Бакалавр»

**Выпускающая кафедра:** Математическое моделирование систем и процессов

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 4

**Семестр:** 8

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Дифференцированный зачет: 8 семестр

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (8-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, в рамках практических занятий и на дифференцированном зачете. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля		
	Текущий	Рубежный	Промежуточный
	ТО/С	РКР	Диф. зачет
<b>Усвоенные знания</b>			
<b>З.1</b> знать основные понятия и аксиоматику общей теории определяющих соотношений, подходы к построению моделей для описания поведения различных сред	ТО	РКР1,2,3	ТВ
<b>З.2</b> знать основные определяющие соотношения для описания поведения деформируемых твердых тел, жидкостей и газов	ТО	РКР1,2,3	ТВ
<b>Освоенные умения</b>			
<b>У.1</b> уметь обоснованно выбирать, модифицировать существующие и разрабатывать новые определяющие соотношения	С	РКР	ПЗ
<b>У.2</b> уметь анализировать и выбирать определяющие соотношения для постановок краевых задач механики деформируемого твердого тела, механики жидкости и газа	С	РКР	ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>			
<b>В.1</b> навыками построения замкнутых математических моделей физико-механических процессов	С	РКР1,2,3	ПЗ
<b>В.2</b> навыками использования определяющих соотношений при моделировании физико-механических процессов и систем	С	РКР1,2,3	ПЗ

*ТО – теоретический опрос; С – собеседование по теме; РКР – рубежная контрольная работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание*

Итоговой оценкой результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графику учебного процесса, приведенного в РПД, в форме рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита индивидуальных заданий (расчетных работ)**

Не запланировано.

### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы (РКР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая РКР по модулю 1 «Общая теория определяющих соотношений», вторая РКР – по модулю 2 «Подходы теории определяющих соотношений для материалов со связями», третья РКР – по модулю 3 «Учет симметричных свойств при построении определяющих соотношений. Определяющие соотношения для некоторых материалов».

#### **Типовые вопросы и задания первой КР:**

1. Основные понятия и определения теории определяющих соотношений (ТОС). Объективные тензорные характеристики, типы объективности. Основные подходы и методы построения определяющих соотношений.

2. Аксиоматический подход к формулировке определяющих соотношений. Основные аксиомы теории определяющих соотношений: принцип детерминизма, принцип локального действия, принцип материальной индифферентности.

3. Определение порядка материала. Простые материалы. Независимость существования определяющего соотношения от выбора отсчетной конфигурации. Постулат макроскопической определенности А.А.Ильюшина.

4. Проверить выполнение аксиом У.Нолла для заданного определяющего соотношения.

#### **Типовые вопросы и задания второй КР:**

1. Однородные деформации простого материала. Модельное тело. Гипотеза макрофизической определенности.

2. Естественная конфигурация. Естественное напряженное состояние. Естественные условия.

3. Материалы со связями. Простая связь. Принцип детерминизма для материалов со связями. Тензор напряжений, реализующих простые связи. Примеры: несжимаемый материал, нерастяжимый материал, абсолютно твердое тело.

4. Определить тензор опорных напряжений для материала с заданной кинематической связью.

#### **Типовые вопросы и задания третьей КР:**

1. Группа равноправности материалов. Определения равноправности и группы равноправности. Наименьшая группа равноправности. Независимость существования группы равноправности и ее мощности от выбора отсчетной конфигурации. Преобразования элементов группы равноправности при аффинных преобразованиях конфигурации.

2. Изотропные материалы, определение. Твердое тело: определение, классы симметрии кристаллов, семь кристаллических сингоний, четырнадцать типов решетки Браве, классификация твердых тел по типам симметрии, теоремы о преобразованиях неискаженной конфигурации.

3. Упругие материалы, определения. Неединственность решения нелинейных задач теории упругости. Изотропные упругие материалы, теоремы, следствия. О других определяющих соотношениях для твердых тел.

4. Определить число независимых компонент свойств для линейно-упругого материала с кубической симметрией.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС программы бакалавриата.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условием допуска является положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде дифференцированного зачета по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для дифференцированного зачета по дисциплине**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Подходы к построению определяющих соотношений.
2. Структура конститутивной модели, основанной на введении внутренних переменных.
3. Об однородных деформациях простого материала, понятие X-модельного тела.
4. Определение изотропного материала. Условие принадлежности ортогонального элемента группе равноправности.
5. Определение жидкости. Теорема о группе равноправности жидкости, следствия из нее.
6. Материалы со слабо затухающей памятью.

##### **Типовые практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Предложить определяющие соотношение для заданного материала, проверить аксиоматику теории определяющих соотношений (У. Нолла).
2. Определить размерность пространства тензора определяющих напряжений для тела, неспособного деформироваться определенным образом.
3. Определить группу равноправности твердой среды, подчиняющейся определенному определяющему соотношению.

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Перечень типовых тем курсовых работ**

Не предусмотрено.

### **2.3.3. Шкалы оценивания результатов обучения на дифференцированного зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время дифференцированного зачета.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче дифференцированного зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при дифференцированном зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде дифференцированного зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.