



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

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Факультет Прикладной математики и механики
Кафедра «Математическое моделирование систем и процессов»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, проф.

Н. В. Лобов

« 29 » 11 2016 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Тензорный анализ»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа академического бакалавриата

Направление 01.03.02. Прикладная математика и информатика

Профиль программы бакалавриата Математическое моделирование

Квалификация выпускника:

Бакалавр

Выпускающая кафедра:

Математическое моделирование систем
и процессов

Форма обучения:

Очная

Курс: 1,2

Семестр: 2,3

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

8 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану:

288 ч

Виды контроля: Зачет - 2 семестр, Экзамен - 3 семестр, Курсовая работа - 3 семестр

Пермь 2016

Учебно методический комплекс дисциплины «Тензорный анализ» разработана на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «12» марта 2015 г. № 228 по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», утверждённых «24» июня 2013 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», программа бакалавриата «Математическое моделирование», утверждённой «28» апреля 2016 года.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин: Алгебра и геометрия 1. Линейная алгебра, Физика, Основы информатики и архитектура компьютеров, Базы данных и экспертные системы, Методы высокопроизводительных вычислений и параллельных технологий, Основы математического моделирования физико-механических процессов, Исследование операций, Механика сплошных сред, Теория определяющих соотношений, Теория турбулентности, Теория динамических систем; практики: Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков), участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик

канд. физ.-мат. наук, доц.



Ю.В.Баяндин

Рецензент

к. физ.-мат. наук, доц.



Т.В.Останина

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Математическое моделирование систем и процессов» «11» ноября 2016 г., протокол № 5
Заведующий кафедрой «Математическое моделирование систем и процессов», ведущей дисциплину

д-р физ.-мат. наук, проф.

(учёная степень, звание)



П.В. Трусов

(инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией факультета Прикладной математики и механики «17» ноября 2016 г., протокол № 5.

Председатель учебно-методической комиссии факультета Прикладной математики и механики

канд. физ.-мат. наук, доц.

(учёная степень, звание)



Э.В. Плехова

(инициалы, фамилия)

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой «Математическое моделирование систем и процессов»

д-р физ.-мат. наук, проф.

(учёная степень, звание)



П.В. Трусов

(инициалы, фамилия)

Начальник управления образовательных программ, канд. техн. наук, доц.



Д. С. Репецкий

1. Общие положения

1.1. Цель учебной дисциплины –

Ознакомление студентов с концептуальными основами тензорной алгебры и тензорного исчисления.

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общепрофессиональные компетенции:

- 1) способностью приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОПК-2);
- 2) имеет знания и опыт в решении задач механики сплошных сред (ПСК-3).

1.2. Задачи дисциплины:

Свободное владение бескомпонентной и компонентной формами записи тензорных соотношений.

Знание основных определений и операций над тензорами различного ранга, их свойств и особенностей их применимости в других дисциплинах.

Умение записывать и выводить математические и физические законы в тензорном виде.

Навыки решения задач тензорных алгебры и анализа.

1.3. Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- Тензоры произвольного ранга.
- Операции над ними.
- Тензорные функции и их производные.
- Тензорные поля и операции над тензорными полями.

1.4. Место дисциплины в структуре профессиональной подготовки выпускников.

Дисциплина «Тензорный анализ» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины» и является обязательной дисциплиной при освоении ОПОП по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», программа бакалавриата «Математическое моделирование».

Тензорный анализ — раздел математики, изучающий линейные системы, порождаемые из исходного произвольного линейного пространства полилинейным и не зависящим от выбора базиса отображением. Получаемые таким способом линейные системы обладают некоторыми новыми свойствами, отсутствующими в "чисто линейном" пространстве.

Поскольку основными переменными, характеризующими напряженное и деформированное состояние в точке деформируемой сплошной среды, являются тензоры второго ранга, без аппарата тензорного анализа невозможно изложение курсов механики сплошной среды, теории определяющих соотношений, а также некоторых других спецкурсов механического профиля. Свойство независимости тензоров от выбора базиса (системы отсчета) позволяет использовать такие объекты в

физике, механике сплошной среды для записи объективных физических законов. Тензорная бескомпонентная форма записи компактна и наиболее ясно отражает суть физического закона. На языке тензорного анализа наиболее компактно излагаются курсы дифференциальной геометрии, механики сплошной среды и теории определяющих соотношений.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Общепрофессиональные компетенции			
ОПК-2	Способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии	Б1.Б.10 Алгебра и геометрия 1. Линейная алгебра Б1.Б.11 Физика Б1.Б.12 Основы информатики и архитектура компьютеров Б2.В.01 Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков)	Б1.Б.18 Базы данных и экспертные системы Б1.В.06 Методы высокопроизводительных вычислений и параллельных технологий Б1.ДВ.03.1 Исследование операций Б1.В.12 Основы математического моделирования физико-механических процессов
Профильно-специализированные компетенции			
ПСК-3	Имеет знания и опыт в решении задач механики сплошных сред		Б1.В.07 Механика сплошных сред Б1.В.10 Теория определяющих соотношений Б1.ДВ.10.1 Теория турбулентности Б1.ДВ.10.2 Теория динамических систем

2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ОПК-2, ПСК-3.

2.1. Дисциплинарная карта компетенции ОПК-2

Код ОПК-2	Формулировка компетенции: Способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии
Код Б1.В.03 ОПК-2	Формулировка дисциплинарной части компетенции: Способность приобретать новые научные и профессиональные знания в предметной области тензорного анализа, используя современные образовательные и информационные технологии

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – основные определения и понятия тензорной алгебры и анализа – современный аппарат тензорного анализа, необходимый при моделировании систем и процессов; – особенности применения тензорных алгебры и анализа при моделировании систем и процессов.	Лекция Мультимедиа-технологии Практические занятия Самостоятельная работа	Контрольная работа Коллоквиум Тестовые вопросы для текущего и рубежного контроля.
Уметь: – применять современный аппарат тензорного анализа при решении задач в исследовательской и прикладной деятельности; – формулировать математические законы физики и механики в тензорной форме; – решать задачи тензорной алгебры и анализа.	Курсовое, дипломное проектирование Практические занятия Самостоятельная работа	Отчет по практическим занятиям
Владеть: – навыками применения тензорного анализа в исследовательской и прикладной деятельности; – способностью приобретать новые научные и профессиональные знания в предметной области тензорного анализа, применяемой при моделировании физико-механических систем и процессов.	Курсовое, дипломное проектирование Самостоятельная работа	Индивидуальное комплексное задание, комплексное задание экзамена

2.2. Дисциплинарная карта компетенции ПСК-3

Код ПСК-3	Формулировка компетенции: Имеет знания и опыт в решении задач механики сплошных сред
------------------	--

Код Б1.В.03 ПСК-3	Формулировка дисциплинарной части компетенции: Имеет знания и опыт решения задач механики сплошных сред с использованием тензорного анализа
--------------------------	---

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – области применения аппарата тензорного анализа и представление тензоров второго ранга, характеризующих напряженное и деформированное состояние в точке деформируемой сплошной среды.	Лекция Мультимедиа-технологии Практические занятия Самостоятельная работа	Контрольная работа Коллоквиум Тестовые вопросы для текущего и рубежного контроля.
Уметь: – применять аппарат тензорных алгебры и анализа при построении математических моделей физико-механических процессов в механике сплошной среды.	Курсовое, дипломное проектирование Практические занятия Самостоятельная работа	Отчет по практическим занятиям
Владеть: – опытом решения задач тензорного анализа, применительно к механике сплошных сред.	Курсовое, дипломное проектирование Самостоятельная работа	Индивидуальное комплексное задание, комплексное задание экзамена

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 8 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1. – Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч		
		семестр 2	семестр 3	всего
1	2	3	4	5
1	Аудиторная работа	52	43	95
	-в том числе в интерактивной форме	26	21	47
	- лекции (Л)	16	16	32
	-в том числе в интерактивной форме	8	8	16
	- практические занятия (ПЗ)	36	27	63
	-в том числе в интерактивной форме	18	13	31
	- лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
	-в том числе в интерактивной форме	-	-	-
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	4
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	99	153
	- курсовая работа		18	18
	- подготовка к аудиторным занятиям	18	27	45
	- изучение теоретического материала	18	27	45
	- подготовка отчетов по практическим занятиям	18	27	45
4	Итоговая аттестация по дисциплине: Зачет Экзамен		36	36
5	Трудоёмкость дисциплины, всего:			
	в часах (ч)	108	180	288
	в зачётных единицах (ЗЕ)	3	5	7

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Модульный тематический план

Таблица 4.1. – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учеб- ного мо- дуля	Номер раз- дела дис- цип- лины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения							Трудоём- кость, ч/ЗЕ
			аудиторная работа				КСР	Ит ого вы й ко нт ро ль	сам о- стоя - тель - ная рабо та	
			всего	Л	ПЗ (С)	ЛР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	Введение	1	1						36 ч./1
		1	5	1	4				6	
		2	6	2	4				6	
		3	5	1	4		1		6	
	2	4	6	2	4				6	72 ч./2
		5	6	2	4				6	
		6	6	2	4				6	
		7	6	2	4				6	
		8	6	2	4				6	
		9	5	1	4		1		6	
	Всего по модулю:			52	16	36		2		54
2	3	10	5	2	3				9	42 ч./1.166
		11	5	2	3				9	
		12	5	2	3				9	
	4	13	5	2	3				9	42 ч./ 1.166
		14	5	2	3				9	
		15	4	1	3		1		9	
	5	16	5	2	3				9	42 ч./ 1.166
		17	5	2	3				9	
		18	4	1	3		1		9	
	Всего по модулю:			43	16	27		2		81
Курсовая работа									18	18/0.5
Промежуточная аттестация								36		36/1
Итого:			95	32	63		4	36	153	288/8

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Л – 32 ч., ПЗ – 63 ч., СРС – 153 ч., КСР – 4 ч., Экзамен – 36 ч., ЗЕ – 8.

Модуль 1. Линейные пространства. Определение тензора второго ранга

Л – 16 ч., ПЗ – 36 ч., СРС – 54 ч., КСР – 2 ч., ЗЕ – 3.

Раздел 1. Линейное пространство.

Л – 5 ч., ПЗ – 12 ч., СРС – 18 ч., КСР – 1 ч.

Введение. Основные понятия и область применения тензорного анализа. Предмет и задачи тензорного анализа.

Тема 1. Определение линейного пространства (л.п.), базис и размерность л.п. Некоторые примеры л.п. Преобразование компонент элемента конечномерного л.п. при замене базиса.

Тема 2. Изоморфизмы л.п. Полилинейные отображения. Сопряженное пространство.

Тема 3. Нормированное пространство. Евклидово пространство.

Раздел 2. Тензоры как операторы над линейными пространствами.

Л – 11 ч., ПЗ – 24 ч., СРС – 36 ч., КСР – 1 ч.

Тема 4. Тензорное произведение. Тензорные пространства, ранг тензорного пространства.

Тема 5. Примеры тензорных пространств (билинейные формы, линейные операторы, матрицы). Пример использования линейного оператора как характеристики однородного деформированного состояния сплошной среды.

Тема 6. Преобразование компонент тензора при замене базиса. Координатное определение тензора II ранга.

Тема 7. Композиции тензоров и операции над тензорами.

Тема 8. Тензоры над евклидовыми пространствами.

Тема 9. Тензоры произвольного ранга и операции над ними.

Модуль 2. Тензорные алгебра и анализ

Л – 16 ч., ПЗ – 27 ч., СРС – 81 ч., КСР – 2 ч., ЗЕ – 4.

Раздел 3. Алгебра тензоров второго ранга.

Л – 6 ч., ПЗ – 9 ч., СРС – 27 ч.

Тема 10. Тензоры как линейные операторы. Тождество Гамильтона-Кэли. Теорема Гамильтона-Кэли. Спектр тензора. Спектральное разложение тензора.

Тема 11. Симметричные и несимметричные тензоры. Девиаторы и шаровые тензоры. Кососимметричные тензоры.

Тема 12. Автоморфизмы линейного пространства: полная линейная группа. Автоморфизмы евклидова пространства: группа ортогональных преобразований. Изотропные и демитропные тензоры. Полярное разложение тензора, его применение как разложения однородного движения сплошной среды.

Раздел 4. Тензорные функции и их дифференцирование.

Л – 5 ч., ПЗ – 9 ч., СРС – 27 ч., КСР – 1 ч.

Тема 13. Инварианты тензора относительно полной линейной группы и группы ортогональных преобразований. Группа симметрии тензора. Группа симметрии

тензорной функции (**т.ф.**), изотропная т.ф.. Связь групп симметрии аргумента, значения т.ф., и самой т.ф.

Тема 14. Теорема об обратном тензорном признаке. Вариация по Лагранжу и производная по Гато.

Тема 15. Компонентный и инвариантный способы нахождения производной т.ф. О применении тензорных функций в качестве уравнений состояния механики сплошной среды.

Раздел 5. Тензорные поля.

Л – 5 ч., ПЗ – 9 ч., СРС – 27 ч., КСР – 1 ч.

Тема 16. Аффинное точечное пространство. Координатный репер и системы координат. Преобразование системы координат. Тензорные поля, их применение в механике деформируемых сплошных тел.

Тема 17. Операции над тензорными полями, ковариантное дифференцирование, символы Кристоффеля. Аффинное евклидово пространство. Ортогональные системы координат, физические компоненты тензора.

Тема 18. Свойства ковариантного дифференцирования. Дифференциальные операторы I порядка (градиент, дивергенция, ротор). Дифференциальные операторы II порядка.

Курсовая работа. СРС – 18 ч. ЗЕ – 0.5.

Экзамен. 36 ч. ЗЕ – 1.

4.3. Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	3
1	1	Линейные пространства
2	2	Сопряженный базис. Компоненты вектора
3	3	Скалярное и векторное умножение векторов
4	4	Тензоры второго ранга
5	5	Примеры тензоров
6	6	Преобразование компонент тензора
7	7	Операции над тензорами
8	8	Тензорные подпространства
9	9	Тензоры произвольного ранга
10	10	Спектр тензора
11	11	Симметричные и несимм-ные, шаровые тензоры и девиаторы
12	12	Полярное разложение тензора
13	13	Группы симметрии
14	14	Производная тензорной функции
15	15	Компонентный и инвариантный способы нахождения производных
16	16	Криволинейные системы координат
17	17	Операции над тензорными полями
18	18	Дифференциальные операторы I и II порядка

4.4. Перечень тем лабораторных работ

Не предусмотрены.

4.5. Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.3. – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы (раздела) дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов (СРС)	Трудоемкость, часов
Раздел 1	Изучение теоретического материала	6
	Подготовка к аудиторным занятиям	6
	Подготовка отчетов по практическим занятиям	6
Раздел 2	Изучение теоретического материала	12
	Подготовка к аудиторным занятиям	12
	Подготовка отчетов по практическим занятиям	12
Раздел 3	Изучение теоретического материала	9
	Подготовка к аудиторным занятиям	9
	Подготовка отчетов по практическим занятиям	9
Раздел 4	Изучение теоретического материала	9
	Подготовка к аудиторным занятиям	9
	Подготовка отчетов по практическим занятиям	9
Раздел 5	Изучение теоретического материала	9
	Подготовка к аудиторным занятиям	9
	Подготовка отчетов по практическим занятиям	9
Раздел 1-5	Курсовая работа	18
	Итого:	
	в ч.	153
	в ЗЕ	4,25

4.5.1. Подготовка к аудиторным занятиям

1. При подготовке к лекциям и практическим занятиям студенты изучают материал по предшествующей теме занятий; усвоение материала проверяется периодически на лекциях и практических занятиях проведением опроса – текущих контрольных работ (продолжительность 5-10 мин., периодичность – не реже одного раза в две недели).

2. Доказательство части утверждений, сформулированных на предшествующих лекциях, доказательство которых рекомендовано провести самостоятельно

3. Решение задач в рамках подготовки к практическим занятиям.

4. Подготовка к рубежным контрольным работам по модулям.

4.5.2. Самостоятельное изучение теоретических вопросов

В силу сложности материала на самостоятельное освоение выносятся только отдельные вопросы некоторых из тем (изменяющиеся от года к году):

Тема 1. Геометрическое определение компонент вектора, тензора в трехмерном пространстве.

Тема 2. Тензоры как проекторы в многомерном пространстве

Тема 3. Тензоры произвольного ранга, свойства и области их применения.

Тема 4. Применение аппарата тензорного анализа в компьютерной графике.
ИЗМ2

Тема 5. Применение спектрального разложения в функциональном анализе.

Тема 6. Тензоры как аппарат аналитической геометрии и топологии.

Тема 7. Интегральные теоремы тензорного анализа, их применение в физике и механике.

Тема 8. Приложения тензорного анализа в неевклидовых пространствах.

4.5.3. Темы курсовых работ

1. Обоснование классификации конечных кристаллов по группам симметрии.
2. Определение числа независимых компонент тензоров линейных физических свойств конечных кристаллов различной симметрии.
3. Исследование алгебраических структур — подмножеств алгебры тензоров 2-го ранга.
4. Применение теории функций комплексной переменной к тензорным функциям.
5. Связь ортогональных тензоров с кватернионами.
6. Связь ортогональных тензоров с углами Эйлера.
7. Связь ортогональных тензоров с кардановыми углами.
8. Связь аналитичности изотропной тензорной функции (**т.ф.**) одного аргумента с ее возможностью представления квадратичным полиномом.
9. Вывод тригонометрического представления изотропной т.ф. одного аргумента.
10. Вывод тригонометрического представления изотропной т.ф. двух имеющих общую главную ось аргументов а) с выбором в качестве тензорно-нелинейного базисного элемента квадрата одного из аргументов, б) с выбором в качестве тензорно-нелинейного базисного элемента произведения аргументов.
11. Определение тензорной функции $\exp(-)$ и ее геометрического смысла.
12. Определение тензорной тригонометрических функций и их производных.
13. Сравнение определения угла между тензорами с точки зрения евклидова пространства и алгебры, анализ их геометрического смысла.
14. Выяснение алгебраического смысла изоморфизма пространства симметричных девиаторов со скалярным произведением и пятимерного евклидова пространства, рассмотренного А.А. Ильюшиным.
15. Доказательство теоремы А. Спенсера о представлении скалярнозначного полинома нескольких тензорных аргументов.
16. Нахождение целого рационального базиса системы тензоров.
17. Нахождение форм-инварианта системы тензоров.
18. Исследование тензора Римана-Кристоффеля.
19. Теорема Остроградского-Гаусса для векторного и тензорного полей, ее следствия.
20. Теорема Стокса для векторного и тензорного полей, ее следствия.
21. Определение градиента, ротора, дивергенции векторного и тензорного полей в различных криволинейных системах координат.
22. Представление поверхностей второго порядка тензорами второго порядка, пересечение поверхностей с прямой, плоскостью, др. поверхностью.
23. Определение тензора инерции, его свойства, значение тензора инерции для

различных геометрических объектов (куб, балка, эллипсоид, кольцо, цилиндр и т.д.).

5. 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. Изучение дисциплины осуществляется в течение двух семестров, график изучения дисциплины приводится п.7.
5. 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.

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенции

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий и форм организации учебного процесса: лекция, практическое занятие, самостоятельная работа, консультация.

Также внедрены новые современные технологии и формы организаций учебного процесса:

1. Проблемное изложение лекций
2. Рейтинговая система оценки успеваемости
3. Научно-исследовательская работа студентов с обязательным докладом результатов работы на научном семинаре
4. Опережающая самостоятельная работа – изучение студентами нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий.

6. Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль студентов производится лектором и преподавателем (ями), ведущими лекции и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- тестирование (письменный опрос на каждой лекции – 5-10 мин.);
- письменные домашние задания;
- оценка работы студента на лекционных и практических занятиях в рамках рейтинговой системы.

6.2 Рубежный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Промежуточный контроль освоения дисциплинарной части компетенции проводится по окончании разделов (модулей) дисциплины в виде устных опросов и письменных контрольных работ студентов с учетом накопленного рейтинга за текущие контрольные по темам раздела.

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Зачёт

Условия проставления зачёта в семестре 2 по дисциплине:

- Зачёт по дисциплине выставляется по итогам проведённого промежуточного контроля и при выполнении заданий всех практических занятий, иных видов аудиторных занятий и самостоятельной работы.

2) Экзамен

Итоговый контроль освоения дисциплинарной части компетенции проводится по окончании дисциплины в виде экзамена с учетом индивидуального рейтинга студента.

- Экзамен по дисциплине проводится устно по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание.

- Экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов ответа на билет и текущего рейтинга студента по итогам проведённого промежуточного контроля и при выполнении заданий всех практических занятий, иных видов аудиторных занятий и самостоятельной работы.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения компонентов и частей компетенций

Таблица 6.1 - Виды контроля освоения компонентов и частей компетенций

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий и промежуточный		Рубежный	Промежуточная аттестация
	ПЗ	ЛР	РК	Экзамен
Усвоенные знания				
3.1 знать основные определения и понятия тензорной алгебры и анализа; современный аппарат тензорного анализа, необходимый при моделировании систем и процессов; особенности применения тензорных алгебры и анализа при моделировании систем и процессов (ОПК-2)	ОПЗ 1, 2		РКР 1	ТВ
3.2 знать области применения аппарата тензорного анализа и представление тензоров второго ранга, характеризующих напряженное и деформированное состояние в точке деформируемой сплошной среды (ПСК-3)	ОПЗ 3, 4, 5		РКР 2	
Освоенные умения				
У.1 уметь применять аппарат тензорного анализа при решении задач в исследовательской и прикладной деятельности (ОПК-2)	ОПЗ 1,2		РКР 1	ПЗ
У.2 уметь формулировать математические законы физики и механики в тензорной форме (ОПК-2)	ОПЗ 1,2		РКР 1	
У.3 уметь решать задачи механики сплошных сред с использованием тензорной алгебры и анализа (ПСК-3)	ОПЗ 3,4,5		РКР 2	
У.4 уметь применять аппарат тензорных алгебры и анализа при построении математических моделей физико-механических процессов (ПСК-3)	ОПЗ 3,4,5		РКР 2	
Приобретенные владения				
В.1 владеть навыками применения современного аппарата тензорного анализа в исследовательской и прикладной деятельности (ОПК-2)			ИКЗ	КЗ
В.2 владеть опытом решения задач тензорного анализа, применительно к механике сплошных сред (ПСК-3)			ИКЗ	

ОПЗ – отчет по практическому занятию;

РКР – рубежная контрольная работа;

ИКЗ – индивидуальное комплексное задание

ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.

[illegible][illegible]

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

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.В.03 – Тензорный анализ (индекс и полное название дисциплины)	БЛОК 1. Дисциплины (модули) (цикл дисциплины)	
	☐ базовая часть цикла ☒ вариативная часть цикла	☒ обязательная ☐ по выбору студента
01.03.02 (код направления подготовки / специальности)	Направление - Прикладная математика и информатика/ Математическое моделирование (полное название направления подготовки / специальности)	
ПМИ/ММ (аббревиатура направления / специальности)	Уровень подготовки: ☐ специалист ☒ бакалавр ☐ магистр	Форма обучения: ☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная
2016 (год утверждения учебного плана ОПОП)	Семестр: <u>2,3</u>	Количество групп: <u>1</u> Количество студентов: <u>25</u>
Баяндин Юрий Витальевич (фамилия, инициалы преподавателя)		доцент (должность)
Факультет прикладной математики и информатики (факультет)		
Математическое моделирование систем и процессов (кафедра)		239-12-97 (контактная информация)

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	Келлер, И.Э. Тензорное исчисление : учебное пособие для вузов / И. Э. Келлер .— Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2012 .— 175 с.	50
2	Механика сплошной среды : учебное пособие для вузов : в 4 т. / Ю. И. Димитриенко ; МГТУ им. Н. Э. Баумана .— Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011 Т. 1: Тензорный анализ .— 2011 .— 463 с.	10
3	Андреев, Г.Н. Тензорное исчисление : учебное пособие / Г. Н. Андреев ; Московский государственный индустриальный университет .— М. : Изд-во МГИУ, 2008 .— 184 с.	10
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
4	Сокольников, И. С. Тензорный анализ: теория и применение в геометрии и в механике сплошных сред = Tensor Analysis. Theory and Applications to Geometry and Mecanics of Continua : пер. с англ. / И. С. Сокольников ; Под ред. В.В. Лохина .— 2-е изд., стер .— М. : КомКнига, 2007 .— 374 с.	7
5	Акивис, М. А. Тензорное исчисление : учебное пособие для втузов / М.А. Акивис, В.В. Гольдберг .— 3-е изд., перераб .— М. : Физматлит, 2005 .— 303 с.	10
6	Схоутен, Я.А. Тензорный анализ для физиков : пер. с англ. / Я.А. Схоутен. — М. : Наука : Физматлит, 1965 . — 456 с.	3
4	Мак-Коннел, А.Дж. Введение в тензорный анализ : с приложениями к геометрии, механике и физике : пер. с англ. — М. : Физматлит, 1963 . — 411 с.	1
2.2 Периодические издания		
1	<i>Известия Российской академии наук. Механика твердого тела : научный журнал / Институт механики; Центральный научно-исследовательский институт машиностроения. - Москва: Наука, 1966 - ..</i> http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser23964	
2	<i>Прикладная механика и техническая физика : журнал / Российская академия наук. Сибирское отделение; Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева; Институт теоретической и прикладной механики. - Новосибирск: СО РАН, 1960 - .</i> http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser39993	
3	<i>Физическая мезомеханика : журнал / Российская академия наук. Сибирское отделение; Институт физики прочности и материаловедения. - Томск: Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН, 1998 - .</i> http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser70600	
4	<i>Физика твердого тела : журнал / Российская академия наук. Отделение физических наук; Физико-технический институт им. А.</i>	

	Ф. Иоффе. - Санкт-Петербург: Наука, 1959 - . http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser52642	
5	Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа : научный журнал / Российская академия наук. - Москва: Наука, 1966 - . http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser23834	
6	Журналы издательств Elsevier, Springer и др., доступные в e-library http://elibrary.ru	Научная электронная библиотека (НЭБ)
2.3 Нормативно-технические издания		
Не используются		
2.4 Официальные издания		
Не используются		
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014- . – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана.	
2	Лань [Электронный ресурс : электрон.-библ. система : полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманитар., естеств., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». – Санкт-Петербург : Лань, 2010- . – Режим доступа: http://e.lanbook.com/ . – Загл. с экрана.	
3	Консультант Плюс [Электронный ресурс : справочная правовая система : документы и комментарии : универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992– . – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный	

Основные данные об обеспеченности на 10 ноября 2016 г.

Основная литература

☒

обеспечена

☐

не обеспечена

Дополнительная литература

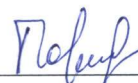
☒

обеспечена

☐

не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки...



Н.В. Тюрикова

Текущие данные об обеспеченности на _____

(дата контроля литературы)

Основная литература

☐

обеспечена

☐

не обеспечена

Дополнительная литература

☐

обеспечена

☐

не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки

_____ Н.В. Тюрикова

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку сдана

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

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Per. номер*	Назначение
1	Практическое	Office Professional 2013	62445253	Пакет прикладных программы для работы с различными документами
2	Практическое	Delphi 2007 for Win32 Enterprise	PO-398ESD	Среда разработки на языке Delphi
3	Практическое	C++ Builder 2007 Enterprise	PO-398ESD	Среда разработки на языке C++
4	Практическое	Mathematica Professional Version Class A Educational	сет *L3263-7820*	Программное средство для выполнения математических и технических расчетов
5	Практическое	Windows 10	66232645	Операционная система
6	Практическое	Windows Server 2012 R2	61229141	Операционная система

Таблица 8.4 – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-, видео-пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособи е	
1	2	3	4	5
		+		Курс лекций «Тензорный анализ» Office Professional – Презентации

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

9.1. Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Аудитории, оборудованные ноутбуком, видеопроектором	ММСП	316, 318, 320, 322 к.В	51×4	40×4
2	Компьютерный класс	ММСП	317 к.В	70	10

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	18	Оперативное управление	317

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		