

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н.Ельцина»

Институт Физико-технологический
Кафедра Технической физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

С.Т. Князев

06 2018 г.

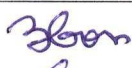
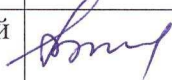
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
КОМПЬЮТЕРНЫЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ (САЕ)

Рекомендована учебно-методическим советом Физико-технологического института
для направлений подготовки и специальностей:

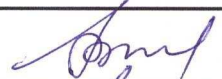
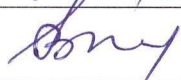
Код ОП	Направление/ Специальность	Направленность (профиль) программы магистратуры/ специализации	Номер учебного плана	Код дисциплины по учебному плану
14.05.01/02.01	Ядерные реакторы и материалы	Ядерные реакторы и материалы	5242	Б1.42

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Звонарев К.В.	к.ф.-м. н.	Доцент	Технической физики	
2	Токманцев В.И.	д.т.н	Зав. кафедрой	Технической физики	

Рабочая программа одобрена на заседании кафедр (учебно-методических советов):


№	Наименование кафедры (УМС)	Дата заседания	Номер протокола	ФИО зав. кафедрой (предс. УМС)	Подпись
1	Технической физики	26.04.2018	5	Токманцев В.И.	
2	Технической физики	26.04.2018	5	Токманцев В.И.	

Согласовано:

Начальник отдела проектирования образовательных
программ и организации учебного процесса


Р.Х Токарева

Председатель учебно-методического совета
Физико-технологического института


В.В.Зверев

 .05.2018, протокол № 9



1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

Компьютерный инженерный анализ (САЕ)

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования

Код направления/ специальности	Название направления/ специальности	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
14.05.01	Ядерные реакторы и материалы	03.09.2015	956

1.1. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование компетенций:

ОБЩЕКУЛЬТУРНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ (ОК) В СООТВЕТСТВИИ С ФГОС ВО:

готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-7).

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК):

научно-исследовательская деятельность:

способность создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов (ПК-1).

проектная деятельность:

способность формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок и систем учета, контроля, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов (ПК-17).

производственно-технологическая деятельность:

готовность решать инженерно-физические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ (ПК-28).

Дополнительные компетенции, согласованные с работодателями (ДОК, ДОПК, ДПК, ДППК):

умение выполнять физическое и математическое моделирование конструкторских разработок и технических режимов (ДПК2);

способность использовать компьютерную технику и информационные технологии в основном производстве (ДПК9).

1.2. Содержание результатов обучения

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать основные понятия метода конечных элементов (МКЭ) и метода конечных объемов (МКО).

Уметь применять методы конечных элементов и конечных объемов к решению краевых задач математической физики.

Владеть навыками работы с пакетами прикладных программ, реализующих методы конечных-элементов и конечных объемов.

1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

1. Пререквизиты	Математический анализ; Дифференциальные уравнения и ряды; Гидродинамика; Теплофизика.
2. Кореквизиты*	Физическое и математическое моделирование (СП8).
3. Постреквизиты*	-

1.4. Объем (трудоемкость) дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы, формы контроля	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего, час.	В т.ч. контактная работа (час.)*	10
1.	Аудиторные занятия, час.	51	51	51
2.	Лекции, час.	17	17	17
3.	Практические занятия, час.	34	34	34
4.	Лабораторные работы, час.	0	0	0
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации, час.	53	7,65	53
6.	Вид промежуточной аттестации	4	0,25	Зачет, 4
7.	Общая трудоемкость по учебному плану, час.	108	58,9	108
8.	Общая трудоемкость по учебному плану, з.е.	3	-	3

1.5. Краткое описание (аннотация) дисциплины

Содержание дисциплины направлено на изучение математического аппарата метода конечных элементов и получение практических навыков решения различных физических задач в пакетах прикладного моделирования. Изучение дисциплин модуля позволит студентам овладеть необходимыми знаниями и умениями для успешного построения моделей физических систем и расчетов различных технических устройств и установок.

2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема* дисциплины	Содержание
P1	Основы метода конечных элементов	Основная концепция МКЭ. Преимущества и недостатки метода. Типы конечных элементов. Разбиение области на элементы. Интерполяционные полиномы. Функции формы. Вариационная формулировка МКЭ. Метод взвешенных невязок. Метод контрольного объема.

		Дискретизация уравнений гидро-газодинамики. Численные модели турбулентности. Особенности моделирования пристеночных течений.
P2	Создание трехмерных геометрических моделей	Основные принципы построения трехмерных моделей. Создание двумерных эскизов. Задание размерных параметров. Наложение ограничений и связей на элементы эскиза. Генерация 3-х мерной геометрической модели из двумерного эскиза. Создание 3-х мерной модели из геометрических примитивов. Операции по объединению, разделению и трансформации 3-х мерных объектов. Параметризация моделей.
P3	Построение расчетных конечно-элементных сеток	Генерация конечно-элементной сетки. Настройка параметров дискретизации, выбор типа и формы конечного элемента, оценка качества сетки. Задание сгущения сетки в нужных геометрических областях. Особенности создание сетки в пограничных слоях. Экспортирование расчетной сетки в различные форматы.
P4	Решение прикладных задач в пакетах конечно-элементного анализа	Решение стационарных и нестационарных задач упругости, теплопереноса в твердом теле. Определение собственных частот и форм колебаний конструкций. Моделирование вязких ламинарных и турбулентных течений. Особенности расчета пограничных слоев. Расчет сверхзвуковых течений и ударных волн. Совместное решение задач гидро-газодинамики и теплопереноса в твердом теле. Моделирование многофазных течений.

3 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ (по формам обучения)

3.1. Распределение для изучаемой дисциплины аудиторной нагрузки и контрольных мероприятий по разделам для очной формы обучения

Таблица 3.1.

Семестр обучения: 10		Объем дисциплины (зач.ед.): 3																								
Раздел дисциплины		Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий																								
Код раздела, темы	Наименование раздела, темы	Аудиторная нагрузка (час.)				Подготовка к аудиторным занятиям (час.)				Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)								Подготовка к аттестационным мероприятиям (час.)								
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего (час.)	Лекция	Практ., семинар, занятие	Лабораторное занятие	Н/и семинар, конференция, коллоквиум	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Инд. или групповой проект*	Перевод инояз. литературы*	Расчетная работа, разработка программного продукта*	Расчетно-графическая работа*	Курсовая работа*	Курсовой проект*	Всего на подготовку к контрольным мероприятиям (час.)	Контрольная работа*	Коллоквиум*	Зачет* (при наличии экзамена)	Зачет* (дифференцированный или при отсутствии экзамена)	Экзамен*	
P1	Основа метода конечных элементов	9	6	0		3	3																			
P2	Создание трехмерных геометрических моделей	9	6	4		3	3	2																		
P3	Построение расчетных конечно-элементных сеток	9	6	4		3	3	2																		
P4	Решение прикладных задач в пакетах конечно-элементного анализа	77	33	7	26	44	20	4	16	24	1															
	Всего (час), без учета промежуточной аттестации:	104	51	17	34	53	29	9	20	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Всего по дисциплине (час.):	108	51			57																	0	4	0	
		В т.ч. промежуточная аттестация																								

* Суммарный объем в часах на мероприятие указывается в строке "Всего (час.):»

4 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Лабораторный практикум

не предусмотрено

4.2. Практические занятия

Код раздела, темы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P2	Создание трехмерных геометрических объектов в среде SALOME и ANSYS Workbench	4
P3	Построение конечно-элементной сетки в среде SALOME и ANSYS Workbench	4
P4	Моделирование задач упругости теплопереноса в твердых телах. Моделирование внешнего обтекания газом тел различной формы. Моделирование задач сопряженного теплопереноса в газе и твердом теле, моделирование многофазных течений.	26

Всего: 34

4.3. Самостоятельная работа студентов

4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

1. Статичный расчет упругой деформации в твердом теле.
2. Нестационарный расчет периодических деформаций в твердом теле.
3. Определение собственных частот и форм колебаний конструкций.
4. Анализ усталостной долговечности конструкции.
5. Стационарный и нестационарный тепловой анализ конструкций.

4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

не предусмотрено

4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

не предусмотрено

4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

не предусмотрено

4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

не предусмотрено

4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

1. Течение в замкнутой полости с движущейся верхней крышкой.
2. Ламинарное и турбулентное течение жидкости в трубе.
3. Смешение жидкости с разной температурой внутри цилиндрического бака.
4. Поперечное обтекание цилиндра. Дорожка Кармана.
5. Ламинарное и турбулентное обтекание сферического тела.
6. Сверхзвуковое обтекание призмы в аэродинамической трубе. Ударная волна.
7. Сверхзвуковое обтекание крыла самолета.
8. Заполнение бака потоком жидкости (двухфазное течение).
9. Свободная конвекция в комнате с источником тепла.

- 4.3.7. *Примерная тематика курсового проекта (работы) (индивидуального или группового)*
не предусмотрено
- 4.3.8. *Примерный перечень тем контрольных работ*
не предусмотрено
- 4.3.9. *Примерная тематика коллоквиумов*
не предусмотрено
- 4.3.10. *Перевод иноязычной литературы*
не предусмотрено

5 СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные и интерактивные методы обучения	Формы учебных занятий и виды учебной работы											
		Лекция	Практич., семинар. занятие	Лабораторное занятие	Н/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум	Домашняя работа	Графическая работа	Реферат, эссе, творч. работа	Расчетная работа (программный продукт)	Расчетно-графич. работа	Курс. проект (работа)	Контрольная работа	Коллоквиум
P1-P4	Методы активного обучения												
	Методы проблемного обучения (дискуссии, поисковые работы, исследовательский метод и т.п.)	*									*		
	Командная работа		*								*		

6 ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ В РАМКАХ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ

6.1. Весовой коэффициент значимости модуля (дисциплины) в рамках учебного плана – 1.

6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0,2		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Посещение лекций</i>	10, 1-17 уч.нед.	10
<i>Выполнение расчетно-графической работы</i>	10, 13 уч.нед.	90
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – k тек.лек.= 0,6		
Промежуточная аттестация по лекциям –зачет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – k пром.лек.= 0,4		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0,8		

Текущая аттестация на практических занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение практический занятий	10, 1-17 уч.нед.	10
Выполнение домашней работы	10, 15-18 уч. нед.	90
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям–1,0		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: не предусмотрено		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы - не предусмотрены

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения модуля (дисциплины)

Порядковый номер семестра (по учебному плану), в котором осваивается модуль (дисциплина)	Коэффициент значимости результатов освоения модуля в семестре – к сем. п
Семестр 10	к сем. 10=1

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Котович, А.В. Решение задач теплопроводности методом конечных элементов. [Электронный ресурс] / А.В. Котович, И.В. Станкевич. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 87 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/52184> .
2. Радин, В.П. Метод конечных элементов в динамических задачах сопротивления материалов / В.П. Радин, Ю.Н. Самогин, В.П. Чирков. - Москва : Физматлит, 2013. - 314 с. : схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9221-1485-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275558>
3. Верхотуркин, Е.Ю. Интерфейс и генерирование сетки в ANSYS Workbench : Учебное пособие по курсу «Геометрическое моделирование в САПР» / Е.Ю. Верхотуркин, В.Н. Пащенко, В.Б. Пясецкий ; Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана. - Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. - 64 с. : схем., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7038-3691-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258475>
4. Волков, К.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов. - Москва : Физматлит, 2012. - 466 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9221-1438-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457707>

7.1.2. Дополнительная литература

1. Сегерлинд, Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд ; пер. с англ. А.А. Шестакова ; под ред. Б.Е. Победри. - Москва : Мир, 1979. - 392 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457056> .
2. Присекин, В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел : учебник / В.Л. Присекин, Г.И. Расторгуев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск : НГТУ, 2009. - 240 с. : табл., ил. - (Учебники НГТУ). - Библиогр.: с. 232. - ISBN 978-5-7782-1287-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436040>
3. Шашурин, В.И. Решение задач механики сплошной среды в программном комплексе ANSYS [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э.

- Баумана, 2009. — 40 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/52147>.
4. Россихин, Н.А. Моделирование теплонапряженного состояния деталей энергетических установок с использованием программного комплекса ANSYS [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 13 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/52158>.

7.1.3. Методические разработки

1. Денисов, Михаил Александрович. Компьютерное проектирование ANSYS : учебное пособие / М. А. Денисов ; Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина .— Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014 .— 76 с.
2. Денисов, Михаил Александрович. Математическое моделирование теплофизических процессов. ANSYS и CAE -проектирование : учебное пособие / М. А. Денисов ; Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина .— Екатеринбург : УрФУ, 2011 .— 149 с

7.2. Программное обеспечение

ANSYS Student (v17.0 и выше);
OpenFOAM (v1606+ и выше);
SALOME (v7.8.0 и выше);
Python.

7.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», информационно-справочные и поисковые системы

1. Википедия – свободная энциклопедия: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. Зональная библиотека УрФУ: <http://lib.urfu.ru>
3. Государственная публичная научно-техническая библиотека: <http://www.gpntb.ru>

7.4. Электронные образовательные ресурсы

«не используются»

7.5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Обучение проводится последовательно путем чтения лекций с углублением и закреплением полученных знаний в ходе самостоятельной работы с последующим переводом знаний в умения в ходе практических занятий. На лекциях излагаются лишь основные, имеющие принципиальное значение и наиболее трудные для понимания и усвоения вопросы. Теоретические знания, полученные студентами на лекциях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются на практических занятиях.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения

компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;

- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий: *не предусмотрено*

8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий *не предусмотрено*

8.3.3. Примерны контрольные кейсы *не предусмотрено*

8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

1. История МКЭ, основные понятия и идеи метода, преимущества по сравнению с другими методами решения дифференциальных уравнений.
2. Дискретизация расчетной области, типы КЭ.
3. Интерполяционные полиномы и функция формы.
4. Решение одномерной задачи теплопроводности в стержне с помощью МКЭ (вариационная формулировка).
5. Решение одномерной задачи теплопроводности в стержне с помощью МКЭ (метод Галеркина).
6. Уравнения МКЭ для различных типов анализа (прочностной, тепловой, модальный).
7. Метод контрольного (конечного) объема, дискретизация основных уравнений гидрогазодинамики.
8. Осреднение основных уравнений движения по Рейнольдсу (RANS). Моделирование турбулентности.
9. Алгебраическая модель турбулентности, модель с одним уравнением (Spalart-Almares).
10. Модели турбулентности с двумя уравнениями (k- ϵ , k- ω , SST).
11. Моделирование течений в пограничных слоях. Пристеночные функции (wall functions).
12. Модели крупных вихрей (LES, DES).
13. Особенности моделирование процессов теплопереноса и диффузии в пакете OpenFOAM.
14. Особенности моделирование сверхзвуковых течений и ударных волн в пакете OpenFOAM.
15. Моделирование многофазных течений.

8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена *не предусмотрено*

8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

«не используются»

8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля

«не используются»

8.3.8. Интернет-тренажеры

«не используются»

8.3.9 Примерные задания в составе расчетно-графической работы

Примерные задания в составе расчетно-графической работы. Например, тема: сверхзвуковое обтекание крыла самолета. Необходимо определить собственные частоты и форму колебаний крыла самолета. С одной стороны крыло жестко прикреплено к фюзеляжу.

1. Создание геометрии крыла и построение расчетной сетки.
2. Модальный анализ частот.
3. Анализ полученных результатов.
4. Написание отчета по проделанной работе.

