

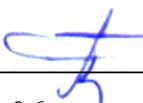
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 06 » марта 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Решение задач аэро- и гидродинамики в суперкомпьютерных  
системах инженерного анализа  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** 216 (6)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Суперкомпьютерные технологии проектирования двигателей  
летательных аппаратов  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является изучение основных методов и задач вычислительной гидрогазодинамики с применением суперкомпьютерных технологий.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- изучение методов вычислительной газовой динамики;
- освоение программы, реализующей численные методы вычислительной газовой динамики, с возможностью выполнения параллельных вычислений;
- формирование навыков работы с интегрированными средами систем инженерного анализа и применения прикладного программного обеспечения.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- численные методы вычислительной аэрогидродинамики;
- программа для решения задач газовой динамики.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.8	ИД-1ПК-2.8	Знает основы использования современных компьютерных программ для моделирования газодинамических течений двигателей летательных аппаратов.	Знает методики и этапность проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов процессов в двигателях летательных аппаратов.	Зачет
ПК-2.8	ИД-2ПК-2.8	Умеет проводить газодинамические расчёты двигателей летательных аппаратов и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования; использовать программы, реализующие численные методы вычислительной аэродинамики.	Умеет проводить газодинамические, тепловые и прочностные расчёты двигателей летательных аппаратов и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования.	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.8	ИД-3ПК-2.8	Владеет навыками формулирования вычислительной задачи, постановки задачи на расчет с использованием ресурсов высокопроизводительного кластера, анализа полученных результатов.	Владеет навыками проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов двигателей летательных аппаратов и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования с применением суперкомпьютерных технологий и анализа полученных результатов для принятия технических решений.	Индивидуальное задание

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	4
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	93	45	48
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	26	16	10
- лабораторные работы (ЛР)	63	27	36
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	123	63	60
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9		9
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18		18
Общая трудоемкость дисциплины	216	108	108

### 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

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
3-й семестр				
Численные методы решения задач газовой динамики/	12	8	0	22
<p>Введение.</p> <p>Основные понятия курса. Предмет и задачи курса.</p> <p>Основные понятия, термины и определения.</p> <p>Основные понятия и гипотезы. Цели проектирования.</p> <p>Инженерные методы расчета газодинамики, инженерные методы расчета динамики конструкций.</p> <p>Тема 1. Решение газодинамических задач разностными методами.</p> <p>Математическая модель. Конечно-разностная аппроксимация исходной системы дифференциальных уравнений. Алгоритм решения полученной системы уравнений. Понятие сходимости и устойчивости решения. Пример расчета.</p> <p>Тема 2. Модельные задачи газовой динамики.</p> <p>Роль численных методов в технике. Задача о движении поршня. Задача о распаде произвольного разрыва. Задача об отражении ударной волны от жесткой стенки.</p> <p>Тема 3. Модельные задачи динамики деформируемого твердого тела.</p> <p>Задача об ударе по торцу жестко-защемленного стержня. Задача о соударении двух стержней. Задача об ударе стержня по жесткой стенке.</p>				
Вычислительная газо- и гидродинамика в ANSYS CFX.	4	19	0	41
<p>Тема 4. Построение расчетных сеточных моделей.</p> <p>Необходимость использования расчетных сеточных моделей при расчетах аэрогидродинамики. Этапы построения расчетной сеточной модели в ANSYS ICEM CFD. Использование основных инструментов при создании сеточной модели, проверка качества сетки. Экспорт сеточной модели в решатель.</p> <p>Тема 5. Создание расчетной области, граничных условий.</p> <p>Типы расчетных областей: жидкостная, твердая, пористая, погруженное тело. Свойства описываемых сред. Сжимаемость потоков. Граничные условия и их параметры. Выбор размеров расчетной области.</p> <p>Устойчивость применения различных сочетаний граничных условий.</p>				
ИТОГО по 3-му семестру	16	27	0	63
4-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Моделирование нестационарных процессов.	8	28	0	38
Тема 6. Моделирование теплообмена. Механизмы теплопередачи. Уравнение теплопередачи. Модели, используемые для расчета теплообмена в ANSYS CFX. Моделирование теплообмена в твердых телах. Тепловые граничные условия. Особенности использования сеточных интерфейсов. Моделирование излучения. Тема 7. Моделирование турбулентных течений. Структура турбулентных течений. Подходы к моделированию турбулентности. RANS модели. Осредненные уравнения Навье-Стокса по Рейнольдсу. Структура турбулентного течения вблизи стенки. Выбор первого пристеночного элемента. Области применения моделей турбулентности. Тема 8. Моделирование нестационарных процессов. Итерационный цикл решения нестационарной задачи. Определение времени расчета и временного шага. Условие Куранта. Инициализация начального поля параметров. Сохранение и просмотр результатов.				
Расширенные возможности постановки задачи и обработки результатов.	2	8	0	22
Тема 9. Автоматизация обработки результатов и формирование отчетов. Язык выражений CEL и язык команд CCL. Основы языка Perl. Написание макросов с использованием языка Perl. Настройка параметров отчета для автоматического вывода результатов.				
ИТОГО по 4-му семестру	10	36	0	60
ИТОГО по дисциплине	26	63	0	123

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Одномерная модель решения газодинамической задачи.
2	Течение с теплообменом в смешивающем Т-образном канале.
3	Многокомпонентное течение и пост-обработка.
4	Околосзвуковое обтекание аэродинамического профиля.
5	Расчет охлаждения за счет естественной конвекции.
6	Моделирование вихревой дорожки Кармана.

## Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Численное моделирование модельной задачи о движении поршня.
2	Численное моделирование модельной задачи о распаде произвольного разрыва.
3	Численное моделирование задачи о об отражении ударной волны от жесткой стенки.
4	Исследование аэродинамических характеристик профиля крыла.
5	Исследование внутрикамерных течений в РДТТ.
6	Исследование сверхзвуковых течений в сопле ракетного двигателя.
7	Численное моделирование обтекания газового руля сверхзвуковым потоком.

## 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.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и 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 лабораторным работам 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	Бояршинов М. Г. Методы вычислительной математики : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008. 420 с.	63
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Киреев В. И., Войновский А. С. Численное моделирование газодинамических течений. Москва : Изд-во МАИ, 1991. 253 с.	3
2	Оран Э., Борис Дж. Численное моделирование реагирующих потоков : пер. с англ. Москва : Мир, 1990. 661 с.	7
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<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	Промтов М.А., Степанов А.Ю., Алешин А.В. Методы расчета характеристик роторного импульсного аппарата : монография. Методы расчета характеристик роторного импульсного аппарата. Тамбов: Тамбовский государственный техн. университет, ЭБС АСВ, 2015. 148 с.	<a href="https://www.iprbookshop.ru/63868.html">https://www.iprbookshop.ru/63868.html</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Федорова Н.Н., Вальгер С.А., Захарова Ю.В. Моделирование гидрогазодинамических процессов в ПК ANSYS 17.0 : учебное пособие. Моделирование гидрогазодинамических процессов в ПК ANSYS 17.0. Новосибирск: Новосибир. гос. арх.-стр. ун-т. ЭБС АСВ, 2016. 169 с.	<a href="https://www.iprbookshop.ru/68793.html">https://www.iprbookshop.ru/68793.html</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS ( лиц. 444632 ЦВВС)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978 )

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
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>
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
Курсовая работа	Высокопроизводительный вычислительный кластер	1
Курсовая работа	Компьютеры	12
Лабораторная работа	Компьютеры	12
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1

### **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  
**«Решение задач аэро- и гидродинамики в суперкомпьютерных  
системах инженерного анализа»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки</b>	<u>24.04.05 Двигатели летательных аппаратов</u>
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	<u>Суперкомпьютерные технологии проектирования двигателей летательных аппаратов</u>
<b>Квалификация выпускника:</b>	<u>магистр</u>
<b>Выпускающая кафедра:</b>	<u>Ракетно-космическая техника и энергетические системы</u>
<b>Форма обучения:</b>	<u>очная</u>

**Курс:** 2

**Семестр:** 3, 4

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 6 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 216 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Зачет: 3 семестр

Курсовая работа: 4 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 двух семестров (3-й и 4-й семестры учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные 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 по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и зачета. 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		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	КР	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>З.1</b> Знать методики и этапность проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов процессов в двигателях летательных аппаратов	С1	ТО1		КР1 КР2		ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
<b>У.1</b> Уметь проводить газодинамические, тепловые и прочностные расчёты двигателей летательных аппаратов и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования			ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3 ОЛР4 ОЛР5 ОЛР6	КР3 КР4	Крб	ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
<b>В.1</b> Владеет навыками проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов двигателей летательных аппаратов и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования с применением суперкомпьютерных технологий и анализа полученных результатов для принятия технических решений			ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3 ОЛР4 ОЛР5 ОЛР6	КР1 КР2 КР3 КР4	Крб	КЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание дифференцированного зачета, КРб – курсовая работа.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учётом 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 бланочного 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 (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 6 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

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

Согласно РПД запланировано 4 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Численные методы решения задач газовой динамики», вторая КР – по модулю 2 «Вычислительная газо- и гидродинамика в ANSYS CFX», третья КР – по модулю 3 «Моделирование нестационарных процессов», четвертая КР – по модулю 4 «Расширенные возможности постановки задачи и обработки результатов».

#### **Типовые задания первой КР:**

1. Модельная задача газовой динамики. Задача о движении поршня.
2. Модельная задача динамики деформируемого твердого тела. Задача об ударе стержня по жесткой стенке.

#### **Типовые задания второй КР:**

1. Выбор граничных условий и их параметров.
2. Устойчивость применения различных сочетаний граничных условий.

#### **Типовые задания третьей КР:**

1. Особенности использования сеточных интерфейсов.
2. Итерационный цикл решения нестационарной задачи.

#### **Типовые задания четвертой КР:**

1. Написание макросов с использованием языка Perl.
2. Основные команды языка выражений CEL.
3. Основные команды языка команд CCL.

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

## **2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу**

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

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

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

### **2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания 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.

#### **2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

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

1. Понятие сходимости и устойчивости решения.
2. Этапы построения расчетной сеточной модели в ANSYS ICEM CFD.
3. Типы расчетных областей: жидкостная, твердая, пористая, погруженное тело.
4. Устойчивость применения различных сочетаний граничных условий.
5. Модели, используемые для расчета теплообмена в ANSYS CFX.
6. Выбор первого пристеночного элемента.

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

1. Написание макросов с использованием языка Perl.
2. Настройка параметров отчета для автоматического вывода результатов.
3. Численное моделирование нестационарного теплообмена.

### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Описать алгоритм решения модельной задачи газовой динамики
2. Описать алгоритм решения модельной задачи динамики деформируемого твердого тела
3. Определить время расчета и временного шага для модельной задачи

#### **2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче 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 зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

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 зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.