

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

« 01 » марта 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Вычислительная гидрогазодинамика
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 180 (5)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 13.04.03 Энергетическое машиностроение
(код и наименование направления)

Направленность: Газотурбинные и паротурбинные установки и двигатели
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – изучение основных методов и задач вычислительной гидрогазодинамики и работы в программных комплексах для исследования процессов течений жидкости и газа.

Задачи дисциплины:

- изучение численных методов расчета течений жидкости и газа;
- освоение программы вычислительной динамики жидкости и газов для проведения газодинамических расчетов конструкции ракетных двигателей;
- формирование навыков владения персональным компьютером как инструментом для проведения расчетов элементов конструкции ракетных двигателей.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- численные методы расчета задач газовой динамики применительно к конструкции ракетных двигателей;
- современные компьютерные программы 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
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает основы использования современных компьютерных программ для моделирования газодинамических процессов в газотурбинных установках и газоперекачивающих агрегатах.	Знает теоретические основы рабочих процессов в газотурбинных установках (ГТУ) и газоперекачивающих агрегатах (ГПА), основные термодинамические циклы и способы регулирования ГТУ при переменном режиме их работы, методологию гидрогазодинамического расчёта элементов ГТУ, методы расчётов термодинамических процессов ГТУ, современные технологии проектирования для разработки конкурентоспособных энергетических установок с прогрессивными показателями качества, тенденции развития энергетического машиностроения.	Дифференцированный зачет
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет использовать современные вычислительные пакеты для моделирования газодинамических процессов газотурбинных установках и газоперекачивающих агрегатах	Умеет выполнять термо-прочностные, тепловые и газодинамические расчеты с использованием современных пакетов; формировать результаты научных достижений в технические предложения по совершенствованию работы ГТУ и ГПА, анализировать современные достижения в области энергетики для практических рекомендаций по доработке ГТУ и ГПА.	Курсовая работа
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет навыками проведения газодинамических расчётов процессов в газотурбинных установках и газоперекачивающих агрегатах с применением современных	Владеет методами анализа мероприятий, направленных на повышение гидрогазодинамической эффективности и надёжности элементов ГТУ и принятия конкретных технических	Курсовая работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		программных средств и анализа полученных результатов для принятия технических решений.	решений при доработке конструкции ГТУ и ГПА.	

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:	72	45	27
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	14	14	
- лабораторные работы (ЛР)	50	27	23
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	8	4	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	63	45
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет	9		9
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18		18
Общая трудоемкость дисциплины	180	108	72

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
3-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
Решение основных уравнений вычислительной газовой динамики в ANSYS FLUENT	14	27	0	63
<p>Тема 1. Введение в вычислительную газовую динамику Краткое введение в вычислительную аэрогидродинамику: исторический обзор, примеры задач. Уравнения континуальной газовой динамики (Эйлера и Навье-Стокса), решаемые в программном пакете ANSYS Fluent. Основные решатели ANSYS Fluent и области их применения.</p> <p>Тема 2. Основы решения задач вычислительной газовой динамики в ANSYS FLUENT Введение в методологию вычислительной газовой динамики. Основные принципы решения задач вычислительной газовой динамики в ANSYS Fluent. Назначение, комплектация и основные возможности пакета. Типы задач вычислительной газовой динамики. Основные этапы решения задачи в ANSYS Fluent. Препроцессор, решатель и постпроцессор. Определение целей задач и области моделирования. Сравнение результатов численного моделирования с экспериментальными результатами.</p> <p>Тема 3. Подготовка геометрических и сеточных моделей для работы в ANSYS FLUENT Методы построения двух- и трехмерных расчетных областей в ANSYS DesignModeler. Способы построения структурированных, неструктурированных и гибридных сеток в ANSYS Meshing для проведения численного моделирования. Определение граничных условий в ANSYS DesignModeler/ANSYS Meshing. Работа с расчетной сеткой в решателе Fluent: импорт, проверка, локальное измельчение.</p> <p>Тема 4. Решение основных уравнений вычислительной газовой динамики в ANSYS FLUENT Основные методы численного решения уравнений гидродинамики и газовой динамики. Особенности метода конечных объемов в ANSYS Fluent. Математические модели, применяемые для расчета турбулентных течений жидкости и газов. Модели турбулентности, и рекомендации к их применению. Осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса и RANS модели турбулентности. Вихреразрешающее моделирование.</p>				
ИТОГО по 3-му семестру	14	27	0	63
4-й семестр				
Основы подготовки расчета в ANSYS FLUENT и постпроцессинг результатов	0	23	0	45

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>Тема 5. Основы подготовки расчета в ANSYS FLUENT</p> <p>Обзор интерфейса ANSYS FLUENT. Поддерживаемые форматы сеток. Определение свойств материалов. Домены жидкости, пористых материалов и твердых тел. Многокомпонентные и многофазные потоки. Моделирование потоков с учетом сжимаемости. Граничные и начальные условия. Рекомендации использования граничных условий. Настройки решателя. Выбор физических моделей. Выбор решателя, использование явных и неявных схем. Стационарные и нестационарные задачи. Критерии сходимости решения уравнений. Невязки, дисбалансы и контрольные точки. Запуск расчета.</p> <p>Тема 6. Постпроцессинг. Расчет интегральных характеристик, графическая визуализация расчетных данных</p> <p>Создание дополнительных функций. Создание дополнительных точек, линий и сечений в расчетной области. Определение интегральных характеристик. Анимация. Адаптация сетки. Критерии для адаптации. Дополнительные модули пользователя (UDF).</p> <p>Тема 7. Типичные задачи механики жидкости и газа</p> <p>Внешние течения. Обтекание тел. Обтекание цилиндра потоком вязкой несжимаемой жидкости. Моделирование внешнего сжимаемого течения. Моделирование периодического течения и теплопереноса. Нестационарные задачи. Расчет турбулентного течения.</p>				
ИТОГО по 4-му семестру	0	23	0	45
ИТОГО по дисциплине	14	50	0	108

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Течение несжимаемой жидкости в изогнутой трубе с несколькими входными каналами
2	Численное моделирование стационарного обтекания профиля крыла
3	Расчет течения сверхзвуковой струи
4	Расчет нестационарного движения потока в двумерном сопле
5	Моделирование периодического отрывного течения за цилиндром
6	Расчет ротор-статор взаимодействия

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
7	Моделирование газодинамических течений в компрессоре

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Исследование течения в воздухозаборном канале газоперекачивающего агрегата
2	Исследование течения в тракте выхлопа газоперекачивающего агрегата

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой 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 установления связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>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.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

<p>При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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
--------------	--	--

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Введение в математическое моделирование : учебное пособие / В. Н. Ашихмин [и др.]. - М: Логос, 2007.	37
2	Основные положения и общие методы / Под ред. В. П. Шидловского. - Москва: Мир, 1991. - (Вычислительные методы в динамике жидкостей : в 2 т. : пер. с англ.; Т. 1).	13
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Краснов М. В. Unigraphics для профессионалов / М. В. Краснов, Ю. В. Чигишев. - Москва: Лори, 2004.	4
2	Попов Д. Н. Гидромеханика : учебник для вузов / Д. Н. Попов, С. С. Панаиотти, М. В. Рябинин. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002.	76
3	Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. - М.: Физматлит, 2005.	14
4	Фрик П. Г. Турбулентность: подходы и модели / П.Г. Фрик. - М. Ижевск: Ин-т компьютер. исслед., 2003.	63
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Введение в математическое моделирование : учебное пособие для вузов / В. Н. Ашихмин [и др.].	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2392	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	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

Вид ПО	Наименование ПО
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. 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	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
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
«Вычислительная гидрогазодинамика»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки	<u>13.04.03 Энергетическое машиностроение</u>
Направленность (профиль) образовательной программы:	<u>Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели</u>
Квалификация выпускника:	<u>магистр</u>
Выпускающая кафедра:	<u>Ракетно-космическая техника и энергетические системы</u>
Форма обучения:	<u>очная</u>

Курс: 2

Семестр: 3, 4

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 5 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 180 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Дифференцированный зачет: 3 семестр

Зачет: 4 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 2 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, освоенных 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	Дифф. зачёт
Усвоенные знания						
З.1 знать основы использования современных компьютерных программ для моделирования газодинамических процессов в газотурбинных установках и газоперекачивающих агрегатах	С1	ТО1		КР1 КР2		ТВ
Освоенные умения						
У.1 уметь использовать современные вычислительные пакеты для моделирования газодинамических процессов газотурбинных установках и газоперекачивающих агрегатах			ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3 ОЛР4 ОЛР5 ОЛР6 ОЛР7	КР1 КР2	КР6	ПЗ
Приобретенные владения						
В.1 владеть навыками проведения газодинамических расчётов процессов в газотурбинных установках и газоперекачивающих агрегатах с применением современных программных средств и анализа полученных результатов для принятия технических решений			ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3 ОЛР4 ОЛР5 ОЛР6 ОЛР7	КР1 КР2	КР6	ПЗ

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 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, освоенных 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 7 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 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Решение основных уравнений вычислительной газовой динамики в ANSYS FLUENT», вторая КР – по модулю 2 «Основы подготовки расчета в ANSYS FLUENT и постпроцессинг результатов».

Типовые задания первой КР:

1. Провести численное моделирование обтекания аэродинамического профиля в стационарной постановке.
2. Провести численное моделирование гидродинамики течения в системе труб.

Типовые задания второй КР:

1. Провести численное моделирование одноступенчатого центробежного компрессора.
2. Провести численное моделирование одноступенчатого осевого компрессора.

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. Обоснование применимости математической модели для решения газодинамической задачи.
2. Обоснование применимости математической модели для решения гидродинамической задачи.
3. Основные методы численного решения уравнений гидродинамики и газовой динамики.
4. Особенности сеточной и временной сходимости.
5. Особенности применение моделей турбулентности.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Параметризовать проект на этапах пре- и пост-процессинга.
2. Провести сеточную сходимость модели.
3. Определить интегральные газодинамические характеристики по результатам расчета.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Численное моделирование многофазного внутреннего течения.
2. Численное моделирование сверхзвукового обтекания.
3. Численное моделирование обтекания профиля жидкостью с учетом кавитации, определения коэффициента давления по профилю.

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.