

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

« 29 » августа 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Современные компьютерные технологии в инженерных задачах
(наименование)

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

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

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

Направление подготовки: 13.03.03 Энергетическое машиностроение
(код и наименование направления)

Направленность: Энергетическое машиностроение (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является получение студентами знаний об основных методах и задачах вычислительной гидродинамики, умений и навыков применять современное программное обеспечение и компьютерные комплексы для расчёта параметров рабочих процессов газотурбинных и паротурбинных установок и двигателей, построения геометрических моделей их деталей и узлов.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование системы знаний об основных законах, уравнениях, методах и современных проблемах вычислительной гидродинамики;
- формирование умения решать задачи гидродинамики с применением программных систем компьютерного моделирования и компьютерного инжиниринга (CAE-систем);
- формирование умения рационально сочетать аналитические методы и численные методы вычислительной гидродинамики;
- формирование навыков применения современных методов вычислительной гидродинамики;
- формирование навыков построения физико-механических, математических и компьютерных моделей для решения задач прикладной механики, а именно в области газотурбинных и паротурбинных установок и двигателей, с применением программных систем компьютерного инжиниринга (CAE-систем).

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- физико-механические процессы и явления, протекающие в газотурбинных, паротурбинных установках и двигателях;
- конструкции, оборудование и другие объекты современной техники отраслей промышленности: двигателестроение, авиастроение, ракетостроение и космическая техника, нефтегазовое оборудование для добычи, транспортировки, хранения и переработки углеводородов;
- информационные технологии;
- наукоёмкие компьютерные технологии на основе применения передовых CAD/CAE-технологий;
- расчётно-экспериментальные технологии, суперкомпьютерные технологии и технологии распределённых вычислений на основе высокопроизводительных кластерных систем.

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-2.3	ИД-1ПК-2.3	Знает современные методы вычислительной гидродинамики; структуру и интерфейс современных систем численного моделирования; основные физические свойства, законы движения жидкостей и газов; физические процессы, протекающие в газоперекачивающих агрегатах и энергетических установках	Знает современные информационные технологии и современные пакеты прикладных программ для исследования процессов в газоперекачивающих агрегатах и энергетических установках	Контрольная работа
ПК-2.3	ИД-2ПК-2.3	Умеет применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов, протекающих в газоперекачивающих агрегатах и энергетических установках	Умеет применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов и режимов работы объектов газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок	Защита лабораторной работы
ПК-2.3	ИД-3ПК-2.3	Владеет навыками использования информационных технологий, в том числе современных систем вычислительной гидродинамики, систем компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы) для решения проблем газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей	Владеет навыками использования современных компьютерных технологий при анализе и расчете объектов газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок	Защита лабораторной работы

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	70	70	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	10	10	
- лабораторные работы (ЛР)	56	56	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	74	74	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
8-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
Изучение компьютерных программ для ассоциативного построения 3D геометрии с целью последующего моделирования физических процессов	3	18	0	21
<p>Тема 1. Введение в Siemens NX. Эскизы. Знакомство с системой автоматизированного проектирования NX. Модуль Моделирование. Создание, открытие и сохранение файла детали. Система координат. Типы объектов. Управление видами. Навигатор модели. Выражения. Конструктор точек.</p> <p>Эскизы. Размещение эскиза. Выбор привязок эскиза. Степени свободы. Размеры. Альтернативное решение. Проецирование кривой. Геометрические ограничения. Отображение и удаление ограничений.</p> <p>Тема 2. Кривые и поверхности. Базовые плоскости. Координатные оси. Создание слоёв и управление слоями. Ассоциативность. Кривая по закону. Кривая смещения. Свёртка/развёртка кривой на поверхность. Мостик. Сплайн. Построение поверхности по кривым. Создание поверхности вытягиванием и вращением.</p> <p>Тема 3. Операции с твёрдыми телами. Построение проточной области. Экспорт геометрии. Создание тел с помощью вытягивания и вращения. Моделирование с помощью примитивов (блок, цилиндр, конус, сфера). Моделирование с помощью конструктивных элементов (отверстие, бобышка, скругление ребра, фаска, паз). Параметрическое конструирование. Прямое моделирование. Булевы операции. Выделение поверхностей. Экспорт и импорт геометрии.</p>				
Изучение вычислительных комплексов для построения расчётных сеток	2	18	0	21
<p>Тема 4. ICEM CFD. Неструктурированные сетки Tetra. Знакомство с сеточным генератором ICEM CFD. Основные инструменты. Модуль Geometry. Построение геометрических объектов: возможности ICEM. Модуль Mesh. Использование модуля Tetra для построения пространственных неструктурированных расчетных сеток. Глобальный размер элемента. Измельчение сетки на границах. Проверка на ошибки. ICEM CFD.</p> <p>Неструктурированные расчётные сетки. Настройка параметров разбиения модели. Глобальный и локальные размеры. Создание областей локального сгущения.</p> <p>Тема 5. ICEM CFD. Структурированные сетки Hexa.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Блокинг. Расчётная сетка О-типа. Разбиение рёбер на заданное количество узлов. Скрипты в ICEM CFD. Обзор основных критериев качества сетки. Тема 6. Построение расчётной сетки в Workbench. Модуль для построения лопаточных машин. Автоматическая генерация расчётной сетки. Количество узлов и элементов. Размер элементов. Измельчение расчётной сетки.				
Моделирование физических процессов в гидравлических и пневматических системах	5	20	0	32
Тема 7. Знакомство с ANSYS CFX. Общее описание и интерфейс ANSYS CFX. Импорт расчётной сетки. Дерево модели. Переменные. Выражения. Функции. Основные параметры задачи. Граничные условия. Стационарный расчёт. Тема 8. Нестационарный расчёт в ANSYS CFX. Время расчёта и шаг по времени. Невязки. Начальные условия. Графики. Анимация. Запись промежуточных результатов. Тема 9. Расчет задач турбомашиностроения (осевого ротора-статора в ANSYS CFX). Задание периодических границ. Типы интерфейсов: периодичность, интерфейс между рабочим колесом и направляющим аппаратом. Вращение области. Анализ результатов расчёта в постпроцессоре.				
ИТОГО по 8-му семестру	10	56	0	74
ИТОГО по дисциплине	10	56	0	74

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	NX 7.0. Знакомство с системой автоматизированного проектирования NX. Модуль Моделирование. Создание, открытие и сохранение файла детали. Система координат. Типы объектов. Управление видами. Навигатор модели. Выражения. Конструктор точек. Эскизы. Выполнение заданий по построению объектов эскиза. Размещение эскиза.
2	NX 7.0. Выбор привязок эскиза. Степени свободы. Размеры. Альтернативное решение. Проецирование кривой. Геометрические ограничения. Отображение и удаление ограничений.
3	NX 7.0. Кривые. Базовые плоскости. Координатные оси. Создание слоёв и управление слоями. Ассоциативность.
4	NX 7.0. Кривая по закону. Кривая смещения. Свёртка/развёртка кривой на поверхность. Мостик. Сплайн.
5	NX 7.0. Поверхности. Построение поверхности по кривым. Создание поверхности вытягиванием и вращением. Выполнение заданий по построению кривых и поверхностей.

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
6	NX 7.0. Операции с 3D телами. Вытягивание тел, вращения. Выполнение заданий по построению объёмных тел. Построение проточной области. Экспорт геометрии
7	NX 7.0. Моделирование с помощью примитивов (блок, цилиндр, конус, сфера). Моделирование с помощью конструктивных элементов (отверстие, бобышка, скругление ребра, фаска, паз).
8	NX 7.0. Параметрическое конструирование. Прямое моделирование. Булевы операции. Выделение поверхностей. Экспорт и импорт геометрии.
9	Построение в NX 3D геометрии шнека. Построение в NX расчётной области для гидроциклона
10	ICEM CFD. Построение геометрических объектов. Построение неструктурированной расчётной сетки. Настройка параметров разбиения модели. Глобальный и локальные размеры. Создание областей локального сгущения.
11	ICEM CFD. Построение структурированной гексагональной расчётной сетки. Создание блокинга. Создание сетки O-типа. Проверка качества сетки.
12	Построение в ICEM CFD неструктурированной сетки типа «тетра» для гидроциклона
13	Скрипты в ICEM CFD. Создание скрипта для построения геометрии (с заданным диаметром и длиной) и структурированной расчётной сеткой.
14	Построение сеток для расчёта течения в трубе. Сетка типа Tetra
15	Построение сеток для расчёта течения в трубе. Сетка типа Hexa. Структурированные сетки Hexa Блокинг. Расчётная сетка O-типа. Разбиение рёбер на заданное количество узлов.
16	ICEM CFD. Скрипты в ICEM CFD. Обзор основных критериев качества сетки.
17	Workbench Meshing. Построение расчётной сетки в Workbench Meshing. Количество узлов и элементов. Размер элементов. Измельчение расчётной сетки.
18	TurboGrid. Модуль для построения лопаточных машин Автоматическая генерация расчётной сетки по заданной структуре.
19	Расчёт течения в трубе: задача Пуазейля. Сравнение с аналитическим решением задачи.
20	Моделирование течения в перемешивающей трубе (Injection Mixing Pipe из ANSYS CFX Tutorials).
21	Моделирование течения дыма из трубы (Circular Vent из ANSYS CFX Tutorials)
22	Расчёт в ANSYS CFX задачи об обратном клапане.
23	Расчёт статического миксера в ANSYS CFX. Линии тока, контурное распределение, анимация.
24	Расчёт статического миксера в Workbench. Графики, векторное распределение.
25	Моделирование течения в осевом роторе и статоре (Axial Rotor/Stator из ANSYS CFX Tutorials)
26	Расчёт рабочего колеса осевой ступени насоса.
27	Расчет осевого компрессора. Стационарная задача.
28	Расчет осевого компрессора. Нестационарная задача. Расчёт деформации и напряжений.

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
1. Основная литература		
1	Введение в математическое моделирование : учебное пособие / Ашихмин В. Н., Гитман М. Б., Келлер И. Э., Наймарк О.Б., Столбов В. Ю., Трусов П. В., Фрик П.Г. М : Логос, 2007. 439 с.	35
2	Вычислительные методы в динамике жидкостей. Основные положения и общие методы. М. : Мир, 1991. 504 с.	13
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Вычислительные методы в динамике жидкостей. Методы расчета различных течений. Москва : Мир, 1991. 552 с.	13
2	Попов Д. Н., Панаиотти С. С., Рябинин М. В. Гидромеханика : учебник для вузов. 2-е изд., стер. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 383 с.	76

3	Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд., испр. М. : Физматлит, 2005. 316 с.	14
2.2. Периодические издания		
1	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. Пермь : ПНИПУ, 2012 -.	
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)
Дополнительная литература	Попов Д. Н. Гидромеханика : учеб. пособие / Попов Д. Н., Панаиотти С. С., Рябинин М. В. - Москва: МГТУ им. Баумана, 2014.	http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106280	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Федорова Н. Н. Моделирование гидрогазодинамических процессов в ПК ANSYS 17.0 : учебное пособие / Н. Н. Федорова, С. А. Вальгер, Ю. В. Захарова. - Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2016	http://elib.pstu.ru/Record/iprbooks68793	локальная сеть; 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
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

Вид ПО	Наименование ПО
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	NX 11 (акад. лиц. дог. Р/43469-04) каф.МКМК, АКФ

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
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
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
«Современные компьютерные технологии в инженерных задачах»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки	<u>13.03.03 Энергетическое машиностроение</u>
Направленность (профиль) образовательной программы:	<u>Газоперекачивающие агрегаты и энергетические установки</u>
Квалификация выпускника:	<u>бакалавр</u>
Выпускающая кафедра:	<u>Ракетно-космическая техника и энергетические системы</u>
Форма обучения:	<u>очная</u>
Курс: <u>4</u>	Семестр(ы): <u>8</u>

Трудоемкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	<u>4</u>
Часов по рабочему учебному плану:	<u>144</u>

Форма промежуточной аттестации:

Дифф. зачет: 8

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

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

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (8-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные занятия и лабораторные работы, 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 экзамена. 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	дифф. зачет
Усвоенные знания					
З.1. Знает структуру и интерфейс современных систем численного моделирования.		ТО1 ТО2		КР1 КР2	ТВ
З.2. Знает современные методы вычислительной гидродинамики; основные физические свойства, законы движения жидкостей и газов; физические процессы, протекающие в газоперекачивающих агрегатах и энергетических установках.		ТО3		КР3	ТВ
Освоенные умения					
У.1. Умеет применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов, протекающих в газоперекачивающих агрегатах и энергетических установках.			ОЛР1, ОЛР28		ПЗ

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	текущий		рубежный		итоговый
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	дифф. зачет
Приобретенные владения					
В.1. Владеет навыками использования информационных технологий, в том числе современных систем вычислительной гидродинамики, систем компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы) для решения проблем газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей.			ОЛР1, ОЛР28		КЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.

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

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

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

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или 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, 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 28 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 3 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Изучение компьютерных программ для ассоциативного построения 3D геометрии с целью последующего моделирования физических процессов», вторая КР – по модулю 2 «Изучение вычислительных комплексов для построения расчётных сеток», третья КР – по модулю 3 «Моделирование физических процессов в гидравлических и пневматических системах».

Типовые задания первой КР:

1. Эскизы. Размещение эскиза. Выбор привязок эскиза.
2. Создание слоёв и управление слоями.
3. Построение поверхности по кривым.
4. Создание поверхности вытягиванием и вращением.
5. Создание тел с помощью вытягивания и вращения.

Типовые задания второй КР:

1. Выбор типа и размера ячеек расчётной сетки.
2. Построить расчётную сетку для заданной геометрии.
3. Использовать модуль Tetra для построения пространственной неструктурированной расчётной сетки.
4. Построить расчётную сетку в Workbench.

Типовые задания третьей КР:

1. Рассчитать потери давления в сужающемся канале.
2. Построить модель движения восходящего потока воздуха в полости с нагреваемой нижней стенкой.

3. Построить модель нагрева жидкости при обтекании твёрдого нагретого тела (теплообменник).
4. Получить картину течения вязкой неньютоновской жидкости.
5. Получить картину рассеивания дыма, выходящего из трубы, боковым ветром.

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

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. Современное состояние и основные направления вычислительной гидродинамики.
2. Запишите уравнения Навье-Стокса, уравнения состояния для реального газа.

3. Запишите уравнения Рейнольдса, опишите модели турбулентности $k-\epsilon$ и $k-\omega$. Опишите выбор модели турбулентности.
4. Перечислите типы граничных условий в вычислительной гидродинамике.
5. Назовите типы расчётных сеток, способы определения размеров ячеек в расчётной сетке. Опишите безразмерный параметр y^+ .
6. Дайте определение невязки, опишите методы исследований сходимости и устойчивости полученного решения.
7. Опишите, как рассчитать величину создаваемого давления, крутящий момент, КПД осевой ступени.
8. Задание многофазной жидкости газ-вода и вода-твёрдые частицы.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Рассчитать скорость, температуру и вязкость на выходе из трубы, если сбоку в трубу поступает жидкость с другой скоростью и температурой.
2. Рассчитать потери давления в сужающемся канале.
3. Построить модель движения восходящего потока воздуха в полости с нагревающейся нижней стенкой.
4. Построить модель нагрева жидкости при обтекании твёрдого нагретого тела (теплообменник).
5. Получить картину течения вязкой неньютоновской жидкости.
6. Получить картину рассеивания дыма, выходящего из трубы, боковым ветром.
7. Построить картину обтекания воздухом кузова для автомобиля.
8. Построить траекторию движения колебаний шарика обратного клапана.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Опишите последовательность действий при построении расчётной сетки для заданной геометрии.
2. Опишите последовательность задания начальных, граничных условий, характеристик среды.
3. Рассчитать параметры физического процесса согласно выбранной модели.
4. Опишите последовательность построения контурного, векторного распределения физических величин в заданной плоскости расчётной области (скорости, давления, температуры).
5. Опишите последовательность построения линий тока.
6. Опишите последовательность создания анимации движения масс воздуха, жидкости или твёрдых частиц во времени при нестационарной постановке.
7. Опишите порядок расчёта времени изменения физических параметров до определённых заданных значений (температура, скорость, массовая концентрация и т. д.) при нестационарной постановке.
8. Опишите порядок построения графиков зависимости физических величин.
9. Опишите порядок действий при задании выражения для мониторинга значений во время расчёта.

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 путем выборочного контроля во время экзамена.

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

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене 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 экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.