

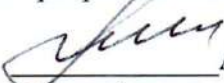


Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры


А.Ф. Сальников
д.т.н., профессор кафедры РКТ и ЭС

«12» «мая» 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины
«Компьютерное моделирование задач вычислительной гидрогазодинамики»**

Научная специальность	2.5.21 Машины, агрегаты и процессы в энергетическом машиностроении
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Машины, агрегаты и процессы в энергетическом машиностроении
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Ракетно-космической техники и энергетических систем
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 3
Виды контроля с указанием семестра: Зачёт: 3	

Пермь 2022 г.

1. Общие положения

Программа дисциплины «Компьютерное моделирование задач вычислительной гидрогазодинамики» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

1.1 Цель учебной дисциплины – обеспечение базы инженерной подготовки аспиранта, теоретическая и практическая подготовка в области компьютерного моделирования вычислительной гидрогазодинамики, изучение нелинейных моделей физических процессов, развитие инженерного мышления, приобретение навыков решения прикладных задач применением современных информационных технологий.

Задачами дисциплины являются

– способность формулировать и решать нетиповые задачи математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники;

– способность использовать современные и перспективные компьютерные и информационные технологии в решении научных задач и проблем).

– об основах вычислительной гидрогазодинамики; о физических и математических основах численных методов (метод конечных элементов, метод конечных объемов, метод конечных разностей); об основных видах инженерного анализа с применением CAE-программ; в области реализации технологий высокопроизводительных вычислений с применением кластерных систем и суперкомпьютеров; об общих принципах решения исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

– по разработке функциональной структуры проведения вычислительного эксперимента и твердотельной и сеточной моделей изделий и элементов технологического оборудования; по проведению анализа нелинейных процессов на основе решения модельных задач для оценки газогидродинамических процессов в них; по решению прикладных исследовательских задач с применением высокопроизводительных вычислительных систем и современных систем инженерного анализа.

– по подготовке и проведению вычислительных экспериментов с применением высокопроизводительных вычислительных технологий и современных систем инженерного анализа; постановке и решению модельных нелинейных задач гидрогазодинамики; проведения анализа полученных результатов при реализации научно-исследовательской деятельности.

1.2. Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Компьютерное моделирование задач вычислительной гидрогазодинамики» является дисциплиной по выбору образовательного компонента.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- САЕ-программы;
- модельные задачи газогидродинамики;
- высокопроизводительные вычислительные системы.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

Знать:

- общие принципы решения исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- виды инженерного анализа с применением САЕ-программ;
- основы вычислительной гидрогазодинамики;
- физические и математические основы численных методов (метод конечных элементов, метод конечных объемов, метод конечных разностей);
- основные технологии высокопроизводительных вычислений, особенности применения кластерных систем и суперкомпьютеров;

Уметь:

- разрабатывать функциональную структуру проведения вычислительного эксперимента;
- разрабатывать твердотельную и сеточную модели изделий и элементов технологического оборудования;
- проводить анализ нелинейных процессов на основе решения модельных задач для оценки газогидродинамических процессов в них;
- решать прикладные исследовательские задачи с применением высокопроизводительных вычислительных систем и современных систем инженерного анализа;

Владеть:

- навыками по подготовке и проведению вычислительных экспериментов с применением высокопроизводительных вычислительных технологий и современных систем инженерного анализа;
- навыками постановки и решения модельных нелинейных задач гидрогазодинамики;
- навыками проведения анализа полученных результатов при реализации научно-исследовательской деятельности.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица.1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч.
		3 семестр
1	Аудиторная работа	39
	В том числе:	
	Лекции (Л)	–
	Практические занятия (ПЗ)	32
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	7
2	Самостоятельная работа (СР)	69
	Форма итогового контроля	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Общие принципы решения исследовательских задач и применение современных высокопроизводительных вычислительных технологий
(П – 4ч., СР – 8ч.)

Тема 1. Общие принципы решения исследовательских задач в области гидрогазодинамики

Основы численного моделирования и вычислительный эксперимент. Физические и математические основы численных методов (метод конечных объемов, метод конечных разностей, метод крупных частиц и др.). Этапы вычислительного эксперимента от постановки задачи до анализа результатов. Виды инженерного анализа. Решение инженерных задач с применением CAE-модулей.

Тема 2. Высокопроизводительные вычислительные системы

Краткий обзор параллельных вычислительных систем и их классификация. Общая характеристика многопроцессорных вычислительных систем. Структура современных многопроцессорных вычислительных комплексов, организация работы кластеров, виды решаемых задач. Оценка эффективности параллельных вычислений.

Раздел 2. Применением системы инженерного анализа при решении инженерных задач в области газогидродинамики
(П – 28ч., СР – 64ч.)

Тема 3. Типовой интерфейс и функциональные возможности системы инженерного анализа ANSYS Workbench – ANSYS CFX

Препроцессор. Солвер. Постпроцессор. Построение твердотельной и сеточной моделей выбранного объекта моделирования. Импорт расчетной области.

Тема 4. Решение типовых задач в области гидрогазодинамики

Постановка задачи исследования. Физическая постановка. Математическая постановка. Задание граничных условий. Задание параметров методов расчета. Проведение расчета. Просмотр результатов расчета в графической форме ("визуализация" результатов расчетов) и сохранение данных в файлы. Анализ результатов.

4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

4.4. Перечень тем практических занятий

Таблица 3.3

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Физические и математические основы численных методов – метод конечных элементов, метод конечных объемов, метод конечных разностей. Этапы вычислительного эксперимента	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Применение высокопроизводительных	Собеседование	Вопросы по

		вычислительных систем при решении исследовательских задач		темам / разделам дисциплины
3	3	Знакомство с интерфейсом и функциональными возможностями системы инженерного анализа ANSYS CFX	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	4	Решение задачи сверхзвукового обтекания крыла	Практическое задание	Темы практических заданий
5	4	Решение задачи смешения потоков жидкости	Практическое задание	Темы практических заданий
6	4	Моделирование течения через пористый материал	Практическое задание	Темы практических заданий
7	4	Решение задачи моделирования течения в турбомашинах	Практическое задание	Темы практических заданий
8	4	Решение задачи сопряженного теплообмена в конструкции	Практическое задание	Темы практических заданий
9	4	Решение связанной задачи – течение потока жидкости в проточном тракте конструкции и проведение последующего теплового и структурного анализа конструкции	Практическое задание	Темы практических заданий

4.5. Перечень тем семинарских занятий

При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.

4.6. Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении индивидуальных заданий.

Таблица 3.4

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Физические и математические основы численных методов (метод конечных элементов, метод конечных объемов, метод конечных разностей)	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Оценка эффективности параллельных вычислений	Собеседование	Вопросы по темам / разделам

				дисциплины
3	3	Особенности интерфейса и детальные возможности системы инженерного анализа ANSYS CFX	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	4	Частные случаи решения инженерных задач в области гидрогазодинамики	Индивидуальное задание	Темы индивидуальных заданий.

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Компьютерное моделирование задач вычислительной гидрогазодинамики» аспирантам 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. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.
4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	А.А. Верхоланцев, В.Г. Злобин Газотурбинные установки, часть 2 Конструкция ГТУ и их элементов, учебное пособие /С-Петербург, Из-во СПбУПДТ, 2021, 53с	1
2	Рудаченко А. В., Чухаева Н. В., Байкин С. С. Газотурбинные установки: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008 – 139 с.	3
3	Каплун А.Б. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство: [учебное пособие] / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М.А. Олферьева. – Москва: Либроком, 2015.	6
4	Шингель Л.П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1: учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.	25 + ЭБ ПНИПУ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
5	<u>Чумаков Ю.А. Теория и расчёт транспортных газотурбинных двигателей: учебник для вузов / Ю. А. Чумаков. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. – 447 с.</u>	2
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебно-методические, научные издания		
1	Басов К.А. ANSYS для конструкторов. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 248 с.	5
2	Котов А.Г. САПР изделий из композиционных материалов. Моделирование процессов деформирования и разрушения в среде ANSYS: учебное пособие / А. Г. Котов. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	150 + ЭБ ПНИПУ
3	Байков И.Р., Китаев С.В., Шаммазов И.А. Методы повышения энергетической эффективности трубопроводного транспорта природного газа - СПб.: Недра, 2008. - 440 с.	1
2.2 Периодические издания		
1	Журнал «Территория НЕФТЕГАЗ».	
2	Журнал «Газотурбинные технологии»	
3	Technoloie fuer stationaere Gasturbinen VGB Powertech	
2.3 Нормативно-технические издания		
1	ГОСТ Р 54404-2011 Агрегаты газоперекачивающие с газотурбинным приводом. Общие технические условия	
2	Газпром 2-3.5-438-2010 «Расчет теплотехнических, газодинамических и экологических параметров газоперекачивающих агрегатов на переменных режимах». - М.: ОАО «Газпром», 2010. - 70 с.	
3	СТО Газпром 2-3.5-138-2007 «Типовые технические требования к газотурбинным ГПА и их системам». - М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007 - 35 с	
4	СТО Газпром 2-3.5-253-2008 «Контроль качества оборудования при поставке и эксплуатации. Агрегаты газоперекачивающие с газотурбинным приводом. Аппараты воздушного охлаждения газа	
2.4 Официальные издания		
1	«Вертолетные газотурбинные двигатели» - Машиностроение сборники статей	КонсультантПлюс
2	«Нефть, газ и бизнес». ИРЦ «Газпром» - сборники статей	КонсультантПлюс
3	ВНИИЭГАЗПром. Серия «Транспорт и хранение газа».	КонсультантПлюс
4	Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»	КонсультантПлюс

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманитар., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

5. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманитар., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.

6. Инженерно-технический журнал «ANSYS Advantage – <http://www.ansysadvantage.ru>

7. Инженерно-технический журнал «ANSYS Solutions. Русская редакция» – <http://www.ansysolutions.ru>

8. Сайт компании ANSYS. Int. – <http://www.ansys.com/>

6.2.2. Профессиональные базы данных

<http://lemix-samara.ru/liquid.html>

<http://gostrf.com/normadata/>

<http://www.gazprom.ru/fZposts/>

<https://dx.doi.org/>

7. Описание материально-технической базы

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 3

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5

1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	14	Оперативное управление	314
2	Экспериментально-исследовательский модуль	1	Собственность	179

8. Фонд оценочных средств

8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Текущий контроль

Текущий контроль проводится в виде собеседования или (и) дискуссии с научным руководителем.

Промежуточная аттестация

Итоговой оценкой результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме устного выступления с научным докладом на семинаре. Аспирант должен представить не менее одного научного доклада и не менее двух кратких выступлений (выступление на заданную тему, рецензирование, оппонирование, изложение точки зрения).

8.2. Шкалы оценивания результатов обучения:

Оценка результатов обучения по дисциплине «Научный семинар» проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл. 4

Таблица 4

Шкала и критерии оценки результатов обучения на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант уверенно или менее уверенно выступил с устным докладом на научном семинаре. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала, показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	Аспирант неуверенно выступил с устным докладом на научном семинаре или не подготовил доклад. При ответах аспирант продемонстрировал фрагментарные знания . При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов и неточностей. Продемонстрировал частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.

9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

10. Типовые вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки освоения дисциплины

10.1 Типовые творческие задания:

1. Структура системного подхода выбора оценки влияния негативных условий внешней среды на формирование научных исследований группогабаритных энергоемких агрегатов на примере нагнетателей при транспортировке природного газа
2. Влияние субъективного фактора при организации, проведении исследований и оценки результатов
3. Структура энергетической безопасности работы газокompрессорных станций в районах крайнего севера
4. Формирование комплексного подхода оценки работы уплотнительных устройств и подшипников на магнитных опорах нагнетателя
5. Формирование научного знания в условиях минимизации затрат при проведении научных исследований
6. Развитие малой альтернативной энергетики в определенных климатических зонах земной поверхности
7. Термодинамический цикл Стерлинга и структура построения энергетических устройств применительно к альтернативным способам преобразования энергии
8. Особенности формирования комбинированных энергопреобразователей применительно газокompрессорным станциям
9. Перспективные направления использования композиционных материалов для энергетических устройств.
10. Структурный анализ влияния гидро-газодинамических процессов в проточных каналах энергетических машин на их работоспособность и ресурс.
11. Экологические и техногенные проблемы современных энергетических систем и методы их решения.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		
5		
6		