



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

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**



**Рабочая программа дисциплины**

**«Компьютерное моделирование задач вычислительной гидрогазодинамики»**

<b>Направление подготовки</b>	15.06.01 Машиностроение
<b>Направленность (профиль) программы аспирантуры</b>	Машины, агрегаты и процессы в энергетическом машиностроении
<b>Научная специальность</b>	05.02.13 Машины, агрегаты и процессы (в машиностроении)
<b>Квалификация выпускника:</b>	Исследователь. Преподаватель-исследователь
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Ракетно-космическая техника и энергетические системы (РКТЭС)
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Курс: 2</b>	<b>Семестр: 3</b>
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч
<b>Виды контроля с указанием семестра:</b>	
Экзамен: –	Зачёт: 3

Пермь 2017 г.

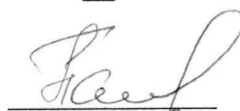
Рабочая программа дисциплины «Компьютерное моделирование задач вычислительной гидрогазодинамики» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 881 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 15.06.01 – Машиностроение.
- Общая характеристика образовательной программы.
- Паспорт научной специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты, и процессы (в машиностроении), разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года).

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» (РКТЭС).

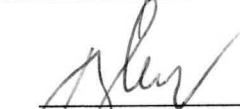
Протокол от «24» мая 2017 г. № 18.

Зав. кафедрой РКТЭС  
д-р техн. наук, проф.



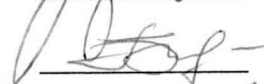
М.И. Соколовский

Разработчики  
д-р техн. наук, проф. кафедры МКМК



В.Я. Модорский

канд. техн. наук, доц. кафедры МКМК



А.В. Бабушкина

Руководитель д-р техн. наук, проф.  
программы



А.Ф. Сальников

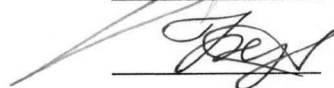
СОГЛАСОВАНО:

Председатель комиссии  
по подготовке научных кадров  
Совета по науке и инновациям



В.П. Первадчук

Начальник управления  
подготовки кадров  
высшей квалификации



Л.А. Свисткова

## 1. Общие положения

**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.

В процессе изучения данной дисциплины аспирант формирует следующие **компетенции:**

– *способность формулировать и решать нетиповые задачи математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники (ОПК-2);*

– *способность использовать современные и перспективные компьютерные и информационные технологии в решении научных задач и проблем (ПК-3).*

### 1.2 Задачи учебной дисциплины:

#### • **формирование знаний**

– 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.

#### • **формирование умений**

– 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.

#### • **формирование навыков**

– 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.

### 1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

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

### 1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.ДВ.01.3 «Компьютерное моделирование задач вычислительной гидрогазодинамики» является дисциплиной по выбору вариативной части цикла базового учебного плана.

Для формирования заявленных компетенций предшествующими дисциплинами являются специальные дисциплины по соответствующим направлениям бакалавриата. Дисциплина может использоваться при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности, при прохождении научно-исследовательской практики и выполнении научно-квалификационной работы (диссертации).

## 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 демонстрировать следующие результаты:

### **Знать:**

- общие принципы решения исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- виды инженерного анализа с применением CAE-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.

### 2.1 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-2

Код	Формулировка компетенции
ОПК-2	Способность формулировать и решать нетиповые задачи математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ОПК-2.Б1.ДВ.01.3	Способность формулировать и решать нетиповые задачи математического и физического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники

### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– общие принципы решения исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;</li> <li>– основы вычислительной гидрогазодинамики;</li> <li>– физические и математические основы численных методов (метод конечных элементов, метод конечных объемов, метод конечных разностей).</li> </ul>	<p><i>Самостоятельная работа аспирантов.</i></p>	<p><i>Собеседование.</i></p>
<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разрабатывать функциональную структуру проведения вычислительного эксперимента;</li> <li>– разрабатывать твердотельную и сеточную модели изделий и элементов технологического оборудования.</li> </ul>	<p><i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i></p>	<p><i>Собеседование. Творческое задание.</i></p>
<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками постановки и решения модельных нелинейных задач гидрогазодинамики.</li> </ul>	<p><i>Самостоятельная работа аспирантов.</i></p>	<p><i>Собеседование. Творческое задание.</i></p>

### 2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-3

Код	Формулировка компетенции
ПК-3	Способность использовать современные и перспективные компьютерные и информационные технологии в решении научных задач и проблем

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ПК-3.Б1.ДВ.01.3	Способность к постановке задач научных исследований и проведению компьютерного моделирования с применением современных информационных технологий в области авиационной акустики

### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– виды инженерного анализа с применением CAE-программ;</li> <li>– основные технологии высокопроизводительных вычислений, особенности применения кластерных систем и суперкомпьютеров</li> </ul>	<p><i>Самостоятельная работа аспирантов.</i></p>	<p><i>Собеседование.</i></p>

<p><b>Уметь:</b>  – 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.</p>	<p><i>Практические занятия.  Самостоятельная работа аспирантов.</i></p>	<p><i>Собеседование.  Творческое задание.</i></p>
<p><b>Владеть:</b>  – навыками по подготовке и проведению вычислительных экспериментов с применением высокопроизводительных вычислительных технологий и современных систем инженерного анализа;  – навыками проведения анализа полученных результатов при реализации научно-исследовательской деятельности.</p>	<p><i>Самостоятельная работа аспирантов.</i></p>	<p><i>Собеседование.  Творческое задание.</i></p>

### 3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 ЗЕ (1 ЗЕ = 36 час.).

Таблица 3.1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч.
		3 семестр
1	Аудиторная работа	36
	В том числе:	
	Лекции (Л)	–
	Практические занятия (ПЗ)	32
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4
2	Самостоятельная работа (СР)	72
3	Итоговая аттестация по дисциплине: Зачет	–
	Форма итогового контроля	Зачет

## 4. Содержание учебной дисциплины

### 4.1 Модульный тематический план

Таблица 3.2

Тематический план по модулям учебной дисциплины (3 семестр)

Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий					Трудоёмкость, ч / ЗЕ	
		аудиторная работа			КСР	Итоговый контроль		Самостоятельная работа
		всего	Л	ПЗ				
1	1	2		2			4	6
	2	2		2	2		4	8
<b>Всего по разделу:</b>		<b>4</b>		<b>4</b>	<b>2</b>		<b>8</b>	<b>14</b>
2	3	4		4			8	12
	4	24		24	2		56	82
<b>Всего по разделу:</b>		<b>28</b>		<b>28</b>	<b>2</b>		<b>64</b>	<b>94</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>						<b>зачет</b>		<b>зачет</b>
<b>Итого:</b>		<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>4</b>	<b>–</b>	<b>72</b>	<b>108/3</b>

### 4.2. 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 вычислительных систем при решении исследовательских задач	Собеседование	Вопросы по 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. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций**

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной профессиональной образовательной программы.

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

## **7. Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля по дисциплине «Компьютерное моделирование задач вычислительной гидрогазодинамики» представлен в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

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

### 8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

<b>Б1.ДВ.01.3</b> <b>«Компьютерное моделирование задач вычислительной гидрогазодинамики»</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>		
(индекс и полное название дисциплины)	(цикл дисциплины/блок)		
<input type="checkbox"/>	базовая часть цикла	<input type="checkbox"/>	обязательная
<input checked="" type="checkbox"/>	вариативная часть цикла	<input checked="" type="checkbox"/>	по выбору аспиранта
<b>15.06.01</b> <b>05.02.13</b>	<b>Машиностроение</b> <b>Машины, агрегаты и процессы в энергетическом машиностроении</b>		
код направления/ шифр научной специальности	(полные наименования направления подготовки / направленности программы)		
<u>2017</u>	Семестр(ы) <u>3</u>	Количество аспирантов <u>2</u>	
(год утверждения учебного плана)			
<u>Аэрокосмический</u> (факультет)			
<u>РКТЭС</u> (кафедра)	<u>тел. 8(342)239-12-33; rkt@pstu.ru</u> (контактная информация)		

## 8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
<b>1 Основная литература</b>		
1	Каплун А.Б. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство: [учебное пособие] / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М.А. Олферьева. – Москва: Либроком, 2015.	6
2	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
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебные и научные издания</b>		
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
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	«САПР и графика». – КомпьютерПресс, 2016. — URL: <a href="http://www.sapr.ru/">http://www.sapr.ru/</a> (дата обращения 01.01.2016)	
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
	Не предусмотрены	
<b>2.4 Официальные издания</b>		
	Не предусмотрены	

## 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

### 8.3.1. Лицензионные ресурсы<sup>1</sup>

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.

<sup>1</sup> собственные или предоставляемые ПНИПУ по договору

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 гуманит., 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.

### **8.3.2. Открытые интернет-ресурсы**

1. *Инженерно-технический журнал «ANSYS Advantage* – <http://www.ansysadvantage.ru>
2. *Инженерно-технический журнал «ANSYS Solutions. Русская редакция»* – <http://www.ansysolutions.ru>
3. *Сайт компании ANSYS. Int.* – <http://www.ansys.com/>

#### 8.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое	ANSYS	444632	САЕ-программа
2	Практическое	Office Professional 2007	42661567	Для оформления научно-технических отчетов, обзоров и публикаций

### 9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

#### 9.1. Специальные помещения и помещения для самостоятельной работы

Таблица 9.1

№ п/п	Помещения			Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Компьютерный класс	Кафедра РКТЭС	314, корпус Д	72	12

#### 9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 9.2

№ п/п	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма владения, пользования (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (процессор: AMD FX-8150, ОЗУ: 8 Gb – 7 шт.; процессор: AMD Phenom II X4 970, ОЗУ: 8 Gb – 5 шт.)	12	Оперативное управление	314, корпус Д

**Лист регистрации изменений**

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

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

В.Н. Кортаев

06 2017 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**  
(Приложение к рабочей программе дисциплины)  
**«Компьютерное моделирование задач вычислительной гидрогазодинамики»**

<b>Направление подготовки</b>	15.06.01 Машиностроение
<b>Направленность (профиль) программы аспирантуры</b>	Машины, агрегаты и процессы в энергетическом машиностроении
<b>Научная специальность</b>	05.02.13 Машины, агрегаты, и процессы (в машиностроении)
<b>Квалификация выпускника:</b>	Исследователь. Преподаватель-исследователь
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Ракетно-космическая техника и энергетические системы (РКТЭС)
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Курс: 2</b>	<b>Семестр (ы): 3</b>
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	105 ч
<b>Виды контроля с указанием семестра:</b>	
Экзамен:	зачёт: 3

Пермь 2017 г.



**Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине «Компьютерное моделирование задач вычислительной гидрогазодинамики»** разработан на основании следующих нормативных документов:

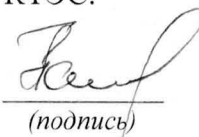
- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 881 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 15.06.01 – Машиностроение.
- Общая характеристика образовательной программы.
- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты, и процессы (в машиностроении), разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);
- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 05.02.13 Машины, агрегаты, и процессы (в машиностроении)

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры РКТЭС.

Протокол от «24» мая 2017 г. № 18.

Заведующий кафедрой

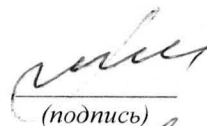
д-р техн. наук, проф.  
(ученая степень, звание)

  
(подпись)

М.И. Соколовский  
(инициалы, фамилия)

Разработчик программы

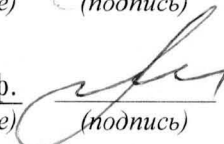
д-р техн. наук, проф.  
(ученая степень, звание)

  
(подпись)

А.Ф. Сальников  
(инициалы, фамилия)

Руководитель программы

д-р техн. наук, проф.  
(ученая степень, звание)

  
(подпись)

А.Ф. Сальников  
(инициалы, фамилия)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель комиссии  
по подготовке научных кадров  
Совета по науке и инновациям

  
(подпись)

В.П. Первадчук  
(инициалы, фамилия)

Начальник управления  
подготовки кадров  
высшей квалификации

  
(подпись)

Л.А. Свисткова  
(инициалы, фамилия)

# 1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

## 1.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Согласно основной профессиональной образовательной программе аспирантуры учебная Б1.ДВ.01.3 «Компьютерное моделирование задач вычислительной гидрогазодинамики» участвует в формировании следующих дисциплинарных частей компетенций:

– способность формулировать и решать нетиповые задачи математического, физического, конструктивного, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники (ОПК-2);

– способность использовать современные и перспективные компьютерные и информационные технологии в решении научных задач и проблем (ПК-3).

## 1.2 Этапы формирования компетенций

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров. В 4 семестре предусмотрены аудиторские практические занятия, а также самостоятельная работа аспирантов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций знать, уметь, владеть, указанные в дисциплинарных картах компетенций в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения и являются показателями достижения заданного уровня освоения компетенций (табл. 1).

Таблица 1

Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине  
(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид контроля	
	3 семестр	
	Текущий	Зачёт
<b>Усвоенные знания</b>		
3.1 об основах вычислительной гидрогазодинамики	С	ТВ
3.2 о физических и математических основах численных методов (метод конечных элементов, метод конечных объемов, метод конечных разностей)	С	ТВ
3.3 об основных видах инженерного анализа с применением САД, САМ, САЕ-модулей)		
3.4 в области реализации технологий высокопроизводительных вычислений с применением кластерных систем и суперкомпьютеров	С	ТВ
3.5 об общих принципах решения исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	С	ТВ
<b>Освоенные умения</b>		
У.1 по разработке функциональной структуры проведения вычислительного эксперимента и твердотельной и сеточной моделей изделий и элементов технологического оборудования	ОТЗ	ПЗ

У.2 по проведению анализа нелинейных процессов на основе решения модельных задач для оценки газогидродинамических процессов в них.	ОТЗ	ПЗ
У3 по решению прикладных исследовательских задач с применением высокопроизводительных вычислительных систем и современных систем инженерного анализа (CAD, CAM, CAE-модулей)	ОТЗ	ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>		
В.1 по подготовке и проведению вычислительных экспериментов с применением высокопроизводительных вычислительных технологий и современных систем инженерного анализа (CAD, CAM, CAE-модулей)	ОТЗ	ПЗ
В.2 по постановке и решению модельных нелинейных задач гидрогазодинамики.	ОТЗ	ПЗ
В.3 проведения оценки полученных результатов при реализации научно-исследовательской деятельности	ОТЗ	ПЗ
В.4 написания и оформления научно-технических отчетов, обзоров и публикаций	ОТЗ	ПЗ

*С – собеседование по теме; ТВ – теоретический вопрос; ТЗ – творческое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности; ОТЗ – отчет по творческому заданию; ПЗ – практическое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности.*

*Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.*

*Творческое задание - частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.*

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных частей компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде зачета (4 семестр) и кандидатского экзамена (5 семестр), проводимые с учетом результатов текущего контроля.

## **2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

В процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего и промежуточного контроля.

Компоненты дисциплинарных компетенций, указанные в дисциплинарных картах компетенций в рабочей программе дисциплины, выступают в качестве контролируемых результатов обучения в рамках освоения учебного материала дисциплины: знать, уметь, владеть.

### **2.1 Текущий контроль**

Текущий контроль для комплексного оценивания показателей знаний, умений и владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1) проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

- **Собеседование**

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии и показатели оценивания собеседования отображены в шкале, приведенной в табл. 2.

Таблица 2

<b>Уровень освоения</b>	<b>Критерии оценивания уровня освоения учебного материала</b>
<i>Зачтено</i>	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно, с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
<i>Незачтено</i>	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

- **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии оценивания защиты отчета творческого задания отображены в шкале, приведенной в табл. 3.

Таблица 3

<b>Уровень освоения</b>	<b>Критерии оценивания уровня освоения учебного материала</b>
<i>Зачтено</i>	Аспирант выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками <b>применение</b> полученных знаний и <b>умений</b> , аспирант ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Аспирант может объяснить полностью или частично полученные результаты.
<i>Незачтено</i>	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

## **2.2 Промежуточная аттестация**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета (4 семестр) и кандидатского экзамена (5 семестр) по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки знаний и практическое задание (ПЗ) для проверки умений и владений заявленных дисциплинарных частей компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций. Пример билета представлен в приложении 1.

• **Шкалы оценивания результатов обучения при зачете**

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета и кандидатского экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 4 и табл. 5.

Таблица 4

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно. Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение <b>навыков</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b> при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов. При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично усвоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «незачтено».

Таблица 5

Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на зачете

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания компетенции
<i>Зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Незачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «незачтено»

**3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине**

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.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать необходимость проведения аспирантом интеллектуальных действий:

– по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;

– по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;

– по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер и формировать закрепление осваиваемых компетенций.

#### **4. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения**

##### **4.1 Типовые творческие задания:**

1. Численное моделирование турбулентного течения жидкости и теплопередачи в отдельных блоках в системе трубопроводов энергетических установок.

2. Численное моделирование периодических течений и теплопередачи с конвективным теплопереносом в теплообменнике.

3. Численное моделирование эффекта кавитации при обтекании профиля гидрокрыла самолета.

4. Численное моделирование турбулентного течения в секции центробежного насоса с учетом сложной вращающейся системы отсчёта.

5. Численное моделирование многофазного течения в смесителе.

6. Решение задачи сопряженного теплообмена в конструкции смесителя.

7. Решение связанной задачи – течение потока жидкости в проточном тракте и оценка НДС конструкции.

8. Численное моделирование течения через пористый материал.

9. Численное моделирование распространения волны с применением модели свободной поверхности.

10. Численное моделирование реагирующих потоков в реакторе с использованием многокомпонентной жидкости

11. Численное моделирование распределения дисперсных пузырьков воздуха в воде в вертикальной колонне

12. Численное моделирование течения воздуха в вентиляционной системе в промышленном помещении.

##### **4.2 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:**

1. Вычислительный эксперимент. Этапы проведения вычислительного эксперимента.

2. Достоинства и недостатки вычислительного эксперимента в сравнении с физическим экспериментом.

3. Численный метод конечных элементов.

4. Численный метод конечных объемов.

5. Численный метод конечных разностей.

6. Основные понятия вычислительной гидрогазодинамики. Система дифференциальных уравнений газовой динамики (законы сохранения массы, импульса, энергии).

7. Краткий обзор параллельных вычислительных систем и их классификация.
8. Общая характеристика многопроцессорных вычислительных систем.
9. Структура современных многопроцессорных вычислительных комплексов, организация работы кластеров, виды решаемых задач.
10. Оценка эффективности параллельных вычислений.
11. Виды инженерного анализа. Решение инженерных задач с применением CAD, САМ, CAE-модулей. Особенности выбора систем инженерного анализа.
12. Область применения системы инженерного анализа ANSYS Workbench - ANSYS CFX. Типовой интерфейс и функциональные возможности.
13. Особенности настройки Препроцессора ANSYS CFX.
14. Особенности настройки Солвера (Решателя) ANSYS CFX.
15. Особенности настройки Постпроцессора ANSYS CFX.
16. Задачи построения твердотельной и сеточной моделей выбранного объекта моделирования. Импорт расчетной области.
17. Этапы проведения вычислительного эксперимента на примере решения инженерной задачи с применением компьютерных технологий. 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 Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:**

1. Разработать функциональную структуру проведения вычислительного эксперимента (по тематике исследования аспиранта).
2. Создать твердотельную и сеточную модели изделия и элементов технологического оборудования (по тематике исследования аспиранта).
3. Представить алгоритм решения модельных задач о движении поршня, о распаде произвольного разрыва, об отражении ударной волны от жесткой стенки.
4. Провести анализ эффективности параллельных вычислений на примере модельной задачи исследования.

Полный комплект вопросов и заданий для сдачи зачета и кандидатского экзамена в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «РКТЭС».



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГБОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

**Направление**  
15.06.01 Машиностроение

**Программа**  
Машины, агрегаты и процессы  
в энергетическом машиностроении

**Кафедра**  
«Ракетно-космическая техника и  
энергетические системы»

**Дисциплина**  
**«Компьютерное моделирование задач**  
**вычислительной гидрогазодинамики»**

**БИЛЕТ № 1**

1. Общая характеристика многопроцессорных вычислительных систем.
2. Разработать функциональную структуру проведения вычислительного эксперимента (по тематике исследования аспиранта).
3. Представить алгоритм решения модельной задачи о движении поршня.

Составитель \_\_\_\_\_  
(подпись)

В.Я. Модорский

Руководитель программы \_\_\_\_\_  
(подпись)

А.Ф. Сальников

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.



## Лист регистрации изменений

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