



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. Коротаев

» 2017г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**«Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»**

<b>Направление подготовки</b>	09.06.01 Информатика и вычислительная техника
<b>Направленность (профиль) программы аспирантуры</b>	Математическое моделирование и управление физико-механическими процессами
<b>Научная специальность</b>	05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
<b>Квалификация выпускника</b>	Исследователь. Преподаватель-исследователь
<b>Выпускающая(ие) кафедра(ы)</b>	Математическое моделирование систем и процессов (ММСП) Вычислительная математика и механика (ВМиМ) Строительные конструкции и вычислительная механика (СКиВМ)
<b>Форма обучения</b>	Очная
<b>Курс: 2</b>	<b>Семестр (ы): 4</b>
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	2 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	72 ч
<b>Виды контроля с указанием семестра:</b>	
Зачёт:	4

Пермь 2017 г.

Рабочая программа дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 875 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника;
- Общая характеристика образовательной программы;
- Паспорт научной специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);
- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры ММСП

Протокол от « 12 » мая 2017г. № 13 .

Зав. кафедрой д.физ.-мат.н., профессор  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

Трусов П.В.  
(Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры ВМиМ

Протокол от « 1 » июня 2017г. № 11 .

Зав. кафедрой д.техн.н., профессор  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

Труфанов Н.А.  
(Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры СКИВМ

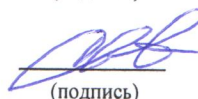
Протокол от « 29 » мая 2017г. № 11/17 .

Зав. кафедрой д.техн.н., профессор  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

Кашеварова Г.Г.  
(Фамилия И.О.)

Разработчик программы д.техн.н., профессор  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

Труфанов Н.А.  
(Фамилия И.О.)

Руководитель программы д.физ.-мат.н., профессор  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

Трусов П.В.  
(Фамилия И.О.)

Согласовано:  
Начальник УПКВК

  
(подпись)

Л.А. Свисткова

## **1. Общие положения**

### **1.1. Цель изучения дисциплины**

Целью изучения дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» является формирование умений и навыков применения подходов, методов и математических моделей механики континуума при выполнении научно-исследовательской работы в области математического моделирования физико-механических, химических и биологических явлений и процессов, необходимого при подготовке научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук.

В процессе изучения дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» аспирант формирует части следующих компетенций:

- ОПК-1 (владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности),
- ПК-1 (владение методологией математического моделирования и вычислительной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач),
- ПК-2 (способность ставить и решать прикладные задачи моделирования физико-механических процессов, создавая необходимое математическое и программное обеспечение).

### **1.2. Задачи изучения вычислительной механики и компьютерного инжиниринга**

Основными задачами изучения вычислительной механики и компьютерного инжиниринга являются:

1. Приобретение знаний о принципах построения дискретных математических моделей физико-механических процессов с использованием численных методов механики. Приобретение знаний о методах построения дискретных схем задач, в том числе – о методе взвешенных невязок, методе Галеркина, вариационных принципах механики сплошных сред, интегро-интерполяционном методе, методах граничных интегральных уравнений и др. Приобретение знаний о сильной и слабой постановке задач механики, естественных граничных условиях. Приобретение знаний о методах получения теоретических оценок погрешности, сходимости и устойчивости различных схем дискретизации и вычислительных алгоритмов.
2. Формирование умений реализации дискретных моделей задач механики средствами CAD/CAM/CAE-систем, умений проектирования и разработки программных продуктов и модулей в известных программных CAD/CAM/CAE-системах, осуществления передачи моделей и данных между CAD/CAM/CAE-системами. Формирование умений работы с электронными архивами инженерной документации (PLM-системы). Формирование умений использования компьютерных технологий для решения задач механики, в том числе, технологий организации параллельных вычислений и облачных технологий.
3. Развитие навыков постановки и решения мультидисциплинарных связанных задач, навыков работы в инженерном пакете ANSYS Workbench.

### **1.3. Предмет освоения дисциплины**

Предметом освоения дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» являются

- приемы построения дискретных математических моделей явлений, систем и процессов, исследуемых в различных областях естественных наук с помощью численных методов механики;
- программные системы компьютерного проектирования;
- методы вычислительной механики и компьютерного инжиниринга.

### **1.4. Место вычислительной механики и компьютерного инжиниринга в структуре образовательной программы**

Дисциплина Б1.ДВ.02.5 «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» является дисциплиной по выбору из вариативной части учебного плана подготовки аспиранта.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения аспирантов дисциплине «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг», соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения вычислительной механики и компьютерного инжиниринга аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

### Знать:

- принципы построения дискретных математических моделей физико-механических процессов с использованием численных методов механики;
- методы построения дискретных схем задач, в том числе – метод взвешенных невязок, метод Галеркина, вариационные принципы механики сплошных сред, интегро-интерполяционный метод, методы граничных интегральных уравнений и др.;
- определения сильной и слабой постановок задач механики, естественных граничных условий;
- методы получения теоретических оценок погрешности, сходимости и устойчивости различных схем дискретизации и вычислительных алгоритмов.

### Уметь:

- реализовывать дискретные модели задач механики средствами CAD/CAM/CAE-систем;
- проектировать и разрабатывать программные продукты и модули в известных программных CAD/CAM/CAE-системах, осуществлять передачу моделей и данных между CAD/CAM/CAE-системами;
- работать с электронными архивами инженерной документации (PLM-системы);
- использовать компьютерные технологии для решения задач механики, в том числе, технологии организации параллельных вычислений и облачных технологий.

### Владеть:

- навыками исследования практической сходимости и устойчивости алгоритмов;
- навыками постановки и решения мультидисциплинарных связанных задач;
- навыками работы в инженерном пакете ANSYS Workbench: проведение типовых механических расчетов на прочность, оптимизационных расчетов, взаимодействия абсолютно жестких тел, контактных взаимодействий.

### 2.1 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-1

<b>Код</b> ОПК-1	<b>Формулировка компетенции</b> владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности
---------------------	---

<b>Код</b> ОПК-1 Б1.ДВ.02.5	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> владение методологией построения теоретических оценок погрешности, сходимости и устойчивости различных схем дискретизации и вычислительных алгоритмов для выполнения численных исследований в области профессиональной деятельности
-----------------------------------	---

### Требования к компонентному составу части компетенции

<b>Перечень компонентов</b>	<b>Виды учебной работы</b>	<b>Средства оценки</b>
<b>Знать:</b> – методы получения теоретических оценок погрешности, сходимости и устойчивости различных схем дискретизации и вычислительных алгоритмов.	<i>Самостоятельная работа аспирантов, индивидуальные консультации научного руководителя.</i>	<i>Собеседование.</i>
<b>Уметь:</b> – использовать компьютерные технологии для решения задач механики, в том числе, технологии организации параллельных вычислений и облачных технологий.	<i>Самостоятельная работа аспирантов, выполнение заданий научного руководителя, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспирантов.</i>
<b>Владеть:</b> – навыками исследования практической сходимости и устойчивости алгоритмов.	<i>Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспирантов.</i>

## 2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-1

<b>Код ПК-1</b>	<b>Формулировка компетенции</b> владение методологией математического моделирования и вычислительной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач
-----------------	--

<b>Код ПК-1 Б1.ДВ.02.5</b>	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> владение методологией вычислительной механики и компьютерного инжиниринга для реализации задач математического моделирования в области естественных наук для решения научно-исследовательских и прикладных задач
----------------------------	--

### Требования к компонентному составу части компетенции

<b>Перечень компонентов</b>	<b>Виды учебной работы</b>	<b>Средства оценки</b>
<b>Знать:</b> – методы построения дискретных схем задач, в том числе – метод взвешенных невязок, метод Галеркина, вариационные принципы механики сплошных сред, интегро-интерполяционный метод, методы граничных интегральных уравнений и др.; – определения сильной и слабой постановок задач механики, естественных граничных условий.	<i>Самостоятельная работа аспирантов, индивидуальные консультации научного руководителя.</i>	<i>Собеседование.</i>
<b>Уметь:</b> – реализовывать дискретные модели задач механики средствами CAD/CAM/CAE-систем.	<i>Самостоятельная работа аспирантов, выполнение заданий научного руководителя, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>

<b>Владеть:</b> – навыками постановки и решения мультидисциплинарных связанных задач.	<i>Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>
--	--	--

### 2.3. Дисциплинарная карта компетенции ПК-2

<b>Код</b> ПК-2	<b>Формулировка компетенции</b> способность ставить и решать прикладные задачи моделирования физико-механических процессов, создавая необходимое математическое и программное обеспечение
--------------------	--

<b>Код</b> ПК-2 Б1.ДВ.02.5	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> способность ставить и решать прикладные задачи моделирования физико-механических процессов, используя математический аппарат, подходы, методы и прикладное программное обеспечение вычислительной механики и компьютерного инжиниринга
----------------------------------	--

#### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<b>Знать:</b> – принципы построения дискретных математических моделей физико-механических процессов с использованием численных методов механики.	<i>Самостоятельная работа аспирантов, индивидуальные консультации научного руководителя.</i>	<i>Собеседование.</i>
<b>Уметь:</b> – проектировать и разрабатывать программные продукты и модули в известных программных CAD/CAM/CAE-системах, осуществлять передачу моделей и данных между CAD/CAM/CAE-системами; – работать с электронными архивами инженерной документации (PLM-системы).	<i>Самостоятельная работа аспирантов, выполнение заданий научного руководителя, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>
<b>Владеть:</b> – навыками работы в инженерном пакете ANSYS Workbench: проведение типовых механических расчетов на прочность, оптимизационных расчетов, взаимодействия абсолютно жестких тел, контактных взаимодействий.	<i>Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>

### 3. Структура учебной дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

Общая трудоемкость дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» составляет 2 ЗЕТ (1 ЗЕТ = 36 час.).

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		4 семестр

<b>1</b>	Аудиторная работа	16
	В том числе:	
	Практические занятия (ПЗ)	16
<b>2</b>	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2
	Самостоятельная работа (СР)	54
	<b>Итого:</b>	
	Час.	72
	ЗЕТ	2
	Форма итогового контроля:	Зачет



## 4. Содержание учебной дисциплины

### 4.1. Модульный тематический план

Таблица 2

Тематический план по модулям учебной дисциплины (4 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			4			16	
	2			2			6	
	3			4			12	
2	4			4			12	
3	5			2			8	
<b>Итого (4 семестр)</b>				16	2		54	<b>72/2</b>
<b>Итого:</b>		<b>18</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>54</b>	<b>72/2</b>

## 4.2. Содержание учебной дисциплины

### 4.2.1. Содержание тем учебной дисциплины (4 семестр)

**Тема 1.** Метод взвешенных невязок. Аппроксимация непрерывными базисными функциями. Аппроксимация с помощью взвешенных невязок. Аппроксимация решений дифференциальных уравнений. Естественные краевые условия. Естественные краевые условия для уравнения теплопроводности. Методы граничного решения. Метод взвешенных невязок для систем дифференциальных уравнений. Решение плоской задачи теории упругости. Естественные граничные условия для задачи теории упругости. Построение метода конечных элементов методом взвешенных невязок. Конечно-элементная аппроксимация. Понятие конечного элемента. Локально определенные базисные функции. Конечно-элементная аппроксимация решений систем дифференциальных уравнений (на примере плоской задачи теории упругости). Вариационные методы построения конечно-элементных соотношений. Вариационные принципы, вариационная формулировка задачи теплопроводности. Вариационный метод построения конечно-элементных соотношений для задач теории упругости. Конструирование естественных вариационных принципов, задача стационарной теплопроводности. Метод Рунца. Множители Лагранжа. Штрафные функции. Метод наименьших квадратов. — 4 часа.

**Тема 2.** Метод граничных элементов. Основные понятия. Метод функций влияния. Прямой и непрямой МГЭ в одномерных задачах: задача об изгибе балки. Двумерные задачи теории упругости. Фундаментальные сингулярные решения. Граничные интегральные уравнения непрямого МГЭ. Дискретизация непрямого МГЭ. Прямой МГЭ: граничные интегральные уравнения и дискретизация. Сравнительный анализ достоинств и недостатков методов конечных разностей, конечных элементов и граничных элементов. Комбинированные методы. — 2 часа.

**Тема 3.** Применение CAD/CAM/CAE/PLM-систем в инженерном деле. Принципы современного компьютерного моделирования. CAD/CAM-системы в инженерном деле. Определение CAD/CAM технологий, их место в проектировании и производстве изделий. 2D- и 3D-моделирование. Проблемы интеграции САПР. Типы CAD: легкие, средние, тяжелые. Структура САПР и ее компоненты. Модули CAD/CAM-систем. CAE-системы проведения прикладных расчетов. Сферы применения CAE-систем. Структура CAE-систем. Основные требования к САПР. Выбор САПР. Электронные архивы инженерной документации. Си-



стемы электронных архивов. PLM-системы. Информационная поддержка жизненного цикла изделий. Функционал систем электронного архива. Критерии выбора электронной архивной системы. Форматы хранения и передачи данных в электронных архивах. Вспомогательное ПО. — 4 часа.

**Тема 4.** Применение компьютерных технологий для решения задач механики. Аппаратное обеспечение вычислительных экспериментов. Параллельность и многопоточность. Характеристики процессоров. Типы оперативной памяти. Характеристики систем хранения данных. Вычисления на графических процессорах. Примеры ускорения инженерных расчетов. Современные методы получения численного решения в случае проведения ресурсоемких вычислений. Методы параллельной обработки данных. HPC-вычисления. Кластерные системы. Рэковые сервера и Blade-системы. GRID-системы. Примеры использования GRID в HPC. Облачные технологии. Технология организации параллельных вычислений MPI. Теоретические основы организации вычислительных сетей. — 4 часа.

**Тема 5.** Решение задач механики с применением CAE-систем. Методы решения связанных задач. Примеры междисциплинарных (связанных) задач. Типы связей. Методы решения связанных задач: итерационный метод связывания по граничным условиям, прямой метод решения связанных задач. Граничные условия на поверхностях и областях с несовпадающими КЭ-сетками. Особенности разных типов интерполяций. Области применения различных методов решения связанных задач. Основы применения прикладного инженерного программного комплекса «ANSYS Workbench». Идеология работы в пакете, основные приемы. Модули ANSYS Workbench. Проведение типовых механических расчетов: решение задачи прочности МДТТ, оптимизационные расчеты, взаимодействие абсолютно жестких тел, контактные взаимодействия, решение связанных задач. — 2 часа.

#### 4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.4. Перечень тем практических занятий

Темы практических занятий совпадают с темами п.4.2.

#### 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 чтении рекомендуемой литературы и в применении усвоенного аппарата при работе над диссертацией.

**Тема 1.** — 16 часов самостоятельной работы.

**Тема 2.** — 6 часа самостоятельной работы.

**Тема 3.** — 12 часов самостоятельной работы.

**Тема 4.** — 12 часов самостоятельной работы.

**Тема 5.** — 8 часов самостоятельной работы.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Неклассические вариационные формулировки метода конечных элементов для задач теории упругости: смешанные и в напряжениях.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Априорная и апостериорная оценка погрешности вычислительного эксперимента.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

3	3	Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг как основа современного цифрового высокоинтеллектуального производства.	Творческое задание	Темы творческих заданий
4	4	Топологическая оптимизация конструкций и изделий, как современный метод проектирования изделий. Изучение методов топологической оптимизации ESO/BESO, SIMP. Изучение достоинств и недостатков основных подходов.	Творческое задание	Темы творческих заданий
5	5	Современные системы компьютерного проектирования: LS-DYNA, NX (Nastran, Siemens PLM Software), COMSOL Multiphysics, MSC.Nastran, ABAQUS, SolidWorks, ANSYS, STAR-CCM+, FlowVision, ProCAST, ADAMS, COSMOS.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

### 5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» аспирантам необходимо 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. Список вопросов, изучаемых самостоятельно, задается руководителем. Им же даются ссылки на источники в периодической научной литературе;
4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы после консультации с научным руководителем.

### 6. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Для успешного освоения дисциплины применяются образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной профессиональной образовательной программы. Руководитель заранее формирует список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом. Практические занятия основываются на интерактивном методе обучения, при котором аспиранты взаимодействуют не только с руководителем, но и друг с другом. При этом доминирует активность аспирантов в процессе обучения. Место руководителя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности аспирантов на достижение целей занятия.

### 7. Фонд оценочных средств

Оценочные средства приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.

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

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

<p align="center">Б1.ДВ.02.5 «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»</p>	<p align="center"><i>БЛОК 1</i></p>							
<p align="center"><i>(индекс и полное название дисциплины)</i></p>	<p align="center"><i>(цикл дисциплины/блок)</i></p>							
	<table border="1"> <tr><td></td></tr> <tr><td align="center">X</td></tr> </table>		X	<p align="center">базовая часть цикла вариативная часть цикла</p>	<table border="1"> <tr><td></td></tr> <tr><td align="center">X</td></tr> </table>		X	<p align="center">обязательная по выбору аспиранта</p>
X								
X								
<p align="center"><b>09.06.01 /</b> <b>05.13.18</b></p>	<p align="center"><b>Информатика и вычислительная техника /</b> <b>Математическое моделирование и управление физико-механическими процессами</b></p>							
<p align="center"><i>код направления / шифр научной специальности</i></p>	<p align="center"><i>(полные наименования направления подготовки / направленности программы)</i></p>							
<p align="center">2017</p>	<p align="center">Семестр: 4</p>							
<p align="center"><i>(год утверждения учебного плана)</i></p>	<p align="center">Количество аспирантов:</p>							

*Факультет прикладной математики и механики*

*Кафедра ВМиМ*

*тел. 8(342)239-15-64  
(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
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	Кузьмин М.А. Решение задач механики методом конечных элементов : учебное пособие для вузов / М.А. Кузьмин, Д.Л. Лебедев, Б.Г. Попов. - М.: Академкнига, 2008.—160 с.	10
2	Трушин С. И. Метод конечных элементов. Теория и задачи : учебное пособие / С. И. Трушин. - Москва: Изд-во АСВ, 2008. —256 с.	4
3	Зубко И.Ю., Няшина Н.Д. Математическое моделирование: дискретные подходы и численные методы: учеб. пособие. — Пермь: Изд-во ПНИПУ. 2012. — 365 с.	5 +ЭБ
4	ANSYS в руках инженера : практическое руководство / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева .— 2-е изд., испр .— Москва : УРСС, 2008 .— 270 с	20
5	Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1 : учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет .— Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2015 .— 52 с.	25 +ЭБ
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебные и научные издания</b>		
1	Методы конечных элементов: пер. с англ. / К.-Ю. Бате. – Москва: Физматлит, 2010. – 1022 с.	1
2	Зенкевич О. Конечные элементы и аппроксимация: пер. с англ. / О. Зенкевич, К. Морган; Под ред. Н.С. Бахвалова. – Москва: Мир, 1986. – 318 с.	13 +ЭБ
3	Самарский А. А. Теория разностных схем : учебное пособие для вузов / А. А. Самарский. - Москва: Наука, 1983. - 616 с.	22
4	Самарский А.А. Введение в численные методы : учебное пособие для вузов / А. А. Самарский. - Санкт-Петербург: Лань, 2005.—288 с.	50
5	Бердичевский В.Л. Вариационные принципы механики сплошной среды. — М.: Наука, 1983. — 447 с.	4
6	Образцов И.Ф. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов: учебное пособие для вузов / И. Ф. Образцов, Л. М. Савельев, Х. С. Хазанов. – Москва: Высш. шк., 1985. – 392 с.	6
7	Методы граничных интегральных уравнений и граничных элементов в решении задач трехмерной динамической теории упругости с сопряженными полями / В.Г. Баженов, Л.А. Игумнов; Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Библиотека. – Москва; Нижний Новгород: Физматлит: Изд-во ННГУ, 2008. – 351 с.	2
8	Метод граничных элементов в механике деформируемого твердого тела / А.Г. Угодчиков, Н.М. Хуторянский; Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1986. – 295 с.	5

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
9	ANSYS для инженеров : справочное пособие / А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк .— Москва : Машиностроение, 2004 .— 511 с.	44 +ЭБ
10	ANSYS для конструкторов / К. А. Басов .— М. : ДМК Пресс, 2009 .— 247 с.	5
11	Суходоева А.А. Конечные элементы в строительной механике: учебное пособие / А.А. Суходоева; Пермский государственный технический университет. – М.: Изд-во ПГТУ, 2006. – 99 с.	40 +ЭБ
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1.	<i>Математическое моделирование : журнал. - Москва: Наука. с 1989 г.</i> <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145033">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145033</a>	
2.	<i>Вычислительная механика сплошных сред : журнал / Российская академия наук, Уральское отделение; Институт механики сплошных сред. - Пермь: ИМСС УрО РАН, с 2008 г.</i> <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser96485">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser96485</a>	
3.	<i>Вычислительные технологии : журнал / Российская академия наук. Сибирское отделение; Институт вычислительных технологий. - Новосибирск: Ин-т вычислит. технологий СО РАН, 1995 - .</i> <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser63814">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser63814</a>	
4.	<i>Известия Российской академии наук. Механика твердого тела : научный журнал / Институт механики; Центральный научно-исследовательский институт машиностроения. - Москва: Наука, 1966 - .</i> <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser23964">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser23964</a>	
5.	<i>Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа : научный журнал / Российская академия наук. - Москва: Наука, 1966 - .</i> <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser23834">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser23834</a>	
6.	<i>Вестник ПНИПУ. Механика : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. А. А. Ташкинова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, с 2012 г.</i> <a href="http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/">http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/</a> <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser122695">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser122695</a>	
7.	<i>Прикладная механика и техническая физика : журнал / Российская академия наук. Сибирское отделение; Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева; Институт теоретической и прикладной механики. - Новосибирск: СО РАН, 1960 - .</i> <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser39993">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser39993</a>	

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
8.	<i>Физическая мезомеханика : журнал / Российская академия наук. Сибирское отделение; Институт физики прочности и материаловедения. - Томск: Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН, 1998 - . <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser70600">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser70600</a></i>	
9.	<i>САПР и графика : журнал / Компьютер Пресс. - Москва: Компьютер Пресс, 1996 - . <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser63057">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser63057</a></i>	
10.	<i>Журналы издательств Elsevier, Springer и др., доступные в e-library <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a></i>	Научная электронная библиотека (НЭБ)
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
1	Не требуется.	
<b>2.4 Официальные издания</b>		
1	Не требуется.	

### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», требующихся при освоении 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.

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.

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

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.*

6. *EBSCO Databases [Электронный ресурс] : [полнотекстовые базы данных журн. и кн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам на ин. яз.] / EBSCO Publishing. – Ipswich, 2016. – Режим доступа: <http://search.ebscohost.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.*

7. *SAGE Journals [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. мультидисциплинар. журн. на англ. яз.] / SAGE Publications. – Los Angeles, 2016. – Режим доступа: <http://online.sagepub.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.*

8. *Science [Электронный ресурс] : [электрон. версия еженед. междисциплинар. науч. журн. на англ. яз.] / The American Association for the Advancement of Science (AAAS). – Washington, 2016. – Режим доступа: <http://www.sciencemag.org/magazine>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.*

9. *Taylor & Francis Online [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. мультидисциплинар. журн. на англ. яз.] / Informa UK Ltd. – London, 2016. – Режим доступа: <http://www.tandfonline.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.*

10. *Российский индекс научного цитирования [Электронный ресурс] : [мультидисциплинар. реф.-библиограф. и наукометр. база данных на рус. яз.] / [Науч. электрон. б-ка](#). – Москва, 2000-2016. – Режим доступа: [http://elibrary.ru/project\\_risc.asp](http://elibrary.ru/project_risc.asp), свободный. – Загл. с экрана.*



### 8.3.1.1 Информационные справочные системы

1. Справочная Правовая Система КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : док., коммент., кн., ст., обзоры и др.]. – Версия 4015.00.02, сетевая, 50 станций. – Москва, 1992–2016. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

### 8.3.2. Открытые интернет-ресурсы

Научная библиотека ПНИПУ. Бесплатные интернет-ресурсы

<http://lib.pstu.ru/readers/links.html>

### 8.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

Таблица 6

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Пер. номер лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое, самостоятельная работа	Microsoft Visual Studio Community 2015	свободно распространяемое программное обеспечение	Разработка программного обеспечения
2	Практическое, самостоятельная работа	Windows 10	66232645	Операционная система
3	Самостоятельная работа	Mathematica Professional Version Class A Educational	сет *L3263-7820*	Пакет математических вычислений
4	Самостоятельная работа	Mathcad 14 University Classroom	SE14RYMMEV0002-FLEX	Пакет прикладных программ для выполнения математических и научно-технических расчетов
5	Самостоятельная работа	MATLAB 7,9 Classroom	568405	Пакет прикладных программ для выполнения математических и научно-технических расчетов
6	Самостоятельная работа	Office Professional 2013	62445253	Пакет прикладных программы для работы с текстовыми документами

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

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

Таблица 7

№ п.п.	Помещения			Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Мультимедийный компьютерный класс	Кафедра ВМиМ	301, корпус Г	71,9	15

### 9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 8

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Компьютеры	15	оперативное управление	301, корпус Г
2	Мультимедиа-проектор	1	оперативное управление	301, корпус Г

**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		

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке и инновациям

В.Н. Коротаев  
» 2017г.

### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине  
«Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

Направление подготовки	09.06.01 Информатика и вычислительная техника
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Математическое моделирование и управление физико-механическими процессами
Научная специальность	05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Математическое моделирование систем и процессов (ММСП) Вычислительная математика и механика (ВМиМ) Строительные конструкции и вычислительная механика (СКиВМ)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 4
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	2 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	72 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачёт: 4	

Пермь 2017 г.

**Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»** разработан на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 875 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника.
- Общая характеристика программы аспирантуры;
- Паспорт научной специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», 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 по научной специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры ММСП

Протокол от «12» мая 2017г. № 13.

Зав. кафедрой д.физ.-мат.н., профессор  
(учёная степень, звание)



(подпись)

Трусов П.В.  
(Фамилия И.О.)

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры ВМиМ

Протокол от «1» июня 2017г. № 11.

Зав. кафедрой д.техн.н., профессор  
(учёная степень, звание)



(подпись)

Труфанов Н.А.  
(Фамилия И.О.)

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры СКИВМ

Протокол от «29» мая 2017г. № 11/17.

Зав. кафедрой д.техн.н., профессор  
(учёная степень, звание)



(подпись)

Кашеварова Г.Г.  
(Фамилия И.О.)

Руководитель д.физ.-мат.н., профессор  
программы (учёная степень, звание)

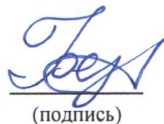


(подпись)

Трусов П.В.  
(Фамилия И.О.)

Согласовано:

Начальник управления  
подготовки кадров  
высшей квалификации



(подпись)

Л.А. Свисткова

## 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 дисциплина Б1.ДВ.02.5 «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» является формирование умений и навыков применения подходов, методов и математических моделей механики континуума при выполнении научно-исследовательской работы в области математического моделирования физико-механических, химических и биологических явлений и процессов, необходимого при подготовке научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук.

В процессе изучения дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» аспирант формирует части следующих компетенций:

- ОПК-1 (владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности),
- ПК-1 (владение методологией математического моделирования и вычислительной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач),
- ПК-2 (способность ставить и решать прикладные задачи моделирования физико-механических процессов, создавая необходимое математическое и программное обеспечение).

### 1.2 Этапы формирования компетенций

Учебный материал дисциплины осваивается за один 4-й семестр, в котором предусмотрены аудиторские практические занятия и самостоятельная работа аспирантов. При изучении дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в дисциплинарных картах соответствующих компетенций в РПД. Уровень освоения дисциплины проверяется по результатам приобретения указанных компонент компетенций (табл. 1).

Таблица 1

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

Контролируемые результаты обучения дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид контроля	
	4 семестр	
	Текущий	Зачёт
<b>Усвоенные знания</b>		
<b>3.1</b> Знать принципы построения дискретных математических моделей физико-механических процессов с использованием численных методов механики	С	С
<b>3.2</b> Знать методы построения дискретных схем задач, в том числе – метод взвешенных невязок, метод Галеркина, вариационные принципы механики сплошных сред, интегро-интерполяционный метод, методы граничных интегральных уравнений и др.	С	С
<b>3.3</b> Знать определения сильной и слабой постановок задач механики, естественных граничных условий	С	С
<b>3.4</b> Знать методы получения теоретических оценок погрешности, сходимости и устойчивости различных схем дискретизации и вычислительных алгоритмов	С	С
<b>Освоенные умения</b>		
<b>У.1</b> Реализовывать дискретные модели задач механики средствами CAD/CAM/CAE-систем	ТЗ	ОТЗ
<b>У.2</b> Проектировать и разрабатывать программные продукты и модули в известных программных CAD/CAM/CAE-системах, осуществлять передачу моделей и данных между CAD/CAM/CAE-системами	ТЗ	ОТЗ
<b>У.3</b> Работать с электронными архивами инженерной документации (PLM-	ТЗ	ОТЗ

системы)		
<b>У.4</b> Использовать компьютерные технологии для решения задач механики, в том числе, технологии организации параллельных вычислений и облачных технологий	ТЗ	ОТЗ
<b>Приобретенные владения</b>		
<b>В.1</b> Навыками исследования практической сходимости и устойчивости алгоритмов	ТЗ	ОТЗ
<b>В.2</b> Навыками постановки и решения мультидисциплинарных связанных задач	ТЗ	ОТЗ
<b>В.3</b> Навыками работы в инженерном пакете ANSYS Workbench: проведение типовых механических расчетов на прочность, оптимизационных расчетов, взаимодействия абсолютно жестких тел, контактных взаимодействий	ТЗ	ОТЗ

*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; ОПЗ – отчет по практическому заданию.*

*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 аттестация в виде зачета (4 семестр).



## 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 руководителя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенной теме или проблеме, связанной с научной работой. Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов. Критерии и показатели оценивания собеседования отображены в шкале, приведенной в табл. 2.

Таблица 2

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	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.
Не зачтено	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, связанное с темой научной работы аспиранта, требующее нестандартное решение и аргументации собственной точки 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

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	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.
Не зачтено	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) 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.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при зачете:**

Оценка результатов обучения дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «не зачтено» путем выборочного контроля во время зачета. Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 4.

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 творческое задание 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>Не зачтено</i>	При собеседовании с руководителем аспирант продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b> . При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов. При выполнении творческого задания аспирант продемонстрировал частично освоенное <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.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета считается, что полученная оценка проверяемой в билете дисциплинарной части компетенции обобщается на все дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины. Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «не зачтено».

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>Не зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «не зачтено»

### 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 научной 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 образовательной программы**

#### 4.1 Пример творческого задания:

Разработать схему расчета напряженно-деформированного состояния «большой» конструкции (планер самолета, кузов автомобиля, корпус корабля – по заданию научного руководителя) методом подконструкций и суперэлементов, обосновать выбор декомпозиции, типов конечных элементов для каждой подконструкции, сформулировать условия совместности подконструкций, предложить подходящие программные среды для реализации всех этапов исследования.

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

1. Вывести уравнения слабой формулировки метода Галеркина для системы дифференциальных уравнений плоской задачи теории упругости.
2. Получить функции формы треугольного конечного элемента с нелинейной лагранжевой аппроксимацией.
3. Вывести граничные интегральные уравнения прямого МГЭ и построить их дискретный аналог.
4. Технология организации параллельных вычислений MPI.
5. Принципы и методы генерации конечно-элементной сетки в пакете ANSYS Workbench.

#### 4.3 Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:

1. Реализовать средствами пакета MATLAB процедуру построения конечно-элементной сетки для заданной двумерной области.
2. Построить 3D модель заданной конструкции с использованием графического модуля Design Modeler пакета ANSYS Workbench.
3. Написать программный модуль, реализующий процедуру формирования глобальных матриц жесткости и векторов узловых сил симплекс-элемента на основе известных матричных характеристик элемента.

Полный комплект вопросов для сдачи зачета хранится в архиве кафедры ММСП.



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

**Направление**  
**09.06.01 Информатика и вычислительная**  
**техника**

**Программа**  
Математическое моделирование и управление  
физико-механическими процессами

**Кафедра**  
Вычислительная математика и механика

**Дисциплина**  
«Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

**Зачет (4 семестр)**

**БИЛЕТ № 1**

1. Вывод уравнений метода взвешенных невязок для системы дифференциальных уравнений плоской задачи теории упругости. (*контроль знаний*)
2. Вывод граничных интегральных уравнений непрямого МГЭ. Дискретизация непрямого МГЭ. (*контроль знаний*)
3. Построить 3D модель конструкции диска (по выданному чертежу) и найти низшую частоту и соответствующую форму колебаний средствами конечно-элементного пакета ANSYS. (*контроль умений и владений*)