



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
«Численные методы в механике жидкости»**

Направление подготовки	01.06.01 Математика и механика
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Технологическая механика полимерных жидкостей
Научная специальность	01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Конструирование и технологии в электротехнике (КТЭ)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 3
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачёт:	3

Пермь 2017 г.

Рабочая программа дисциплины «Численные методы в механике жидкости» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 882 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика;
- Общая характеристика образовательной программы;
- Паспорт научной специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, 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 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры КТЭ
Протокол от «25» мая 2017г. № 11.

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


(подпись)

Н.М. Труфанова
(Фамилия И.О.)

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


(подпись)

Н.М. Труфанова
(Фамилия И.О.)

Руководитель
программы д.т.н., профессор
(учёная степень, звание)


(подпись)

Н.М. Труфанова
(Фамилия И.О.)

Согласовано:

Начальник УПКВК


(подпись)

Л.А. Свисткова

1. Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины – изучение роли численного моделирования в современной научной практике; основных методов решения задач, возникающих при моделировании различных процессов в механике жидкости; вспомогательных методов и особенностей реализации вычислительных алгоритмов на ЭВМ.

В процессе изучения данной дисциплины аспирант формирует следующую **компетенцию**:

- Способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности (ПК-2);

1.2 Задачи учебной дисциплины:

• формирование знаний

- изучение технологии построения разностных аналогов дифференциальных уравнений;

• формирование умений

- формирование умения построения вычислительных алгоритмов и реализации их на ЭВМ;

• формирование навыков

- формирование навыков решения краевых задач механики жидкости и тепломассопереноса, по средствам численных методов.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- метод конечных разностей;
- метод конечных элементов
- методы решения систем алгебраических уравнений.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.ДВ.01.3 «Численные методы в механике жидкости» является дисциплиной по выбору вариативной части цикла базового учебного плана.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы 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 продемонстрировать следующие результаты:

Знать:

- теоретические основы численных методов решения дифференциальных уравнений;
- методы дискретизации задачи;
- методы решения систем алгебраических уравнений.

Уметь:

- формулировать проблемы исследования;
- осуществлять постановку задачи;
- использовать эффективные методы решения;
- исследовать качественные характеристики сеточной задачи (обусловленность, устойчивость, сходимость, точность аппроксимации);
- анализировать обобщать и интерпретировать полученные результаты.

Владеть:

- навыками решения краевых задач с использованием численных методов;
- навыками формулировать дискретный аналог краевой задачи;
- навыками решения систем алгебраических уравнений;

- навыками реализации численных методов на ЭВМ.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-2

Код ПК-2	Формулировка компетенции способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности
Код ПК-2 Б1.ДВ.01.3	Формулировка дисциплинарной части компетенции способность применять численные методы при решении краевых задач механики жидкости

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: - теоретические основы численных методов; - методы дискретизации задачи; - методы решения систем алгебраических уравнений.	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
Уметь: - формулировать проблемы исследования; - осуществлять постановку задачи; - использовать эффективные методы решения; - исследовать качественные характеристики сеточной задачи (обусловленность, устойчивость, сходимость, точность аппроксимации); - анализировать, обобщать и интерпретировать полученные результаты	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>
Владеть: - навыками решения краевых задач с использованием численных методов; - навыками формулировать дискретный аналог краевой задачи; - навыками решения систем алгебраических уравнений; - навыками реализации численных методов на ЭВМ.	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

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

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		3 семестр
1	Аудиторная работа	36
	В том числе:	
	Лекции (Л)	-

	Практические занятия (ПЗ)	32
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4
	Самостоятельная работа (СР)	72
	Итоговая аттестация по дисциплине: Кандидатский экзамен	-
	Форма итогового контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 2

Тематический план по модулям учебной дисциплины (3 семестр)

Номер раз- дела дисци- пли- ны	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий						Трудоём- кость, ч / ЗЕ
		аудиторная работа			КСР	Итоговый контроль	Самостоя- тельная работа	
		всего	Л	ПЗ				
1	1	4		4			12	16
	2	6		6			12	18
	3	6		6	2		12	20
Всего по разделу:		16		16			36	62
3	4	4		4			12	16
	5	6		6			12	18
	6	6		6	2		12	20
Всего по разделу:		16		16			36	54
Промежуточная аттестация								
Итого:		32		32	4		72	108/3

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

4.2.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (3 семестр)

Раздел 1. Метод конечных разностей (ПЗ –16 , СР –36)

Тема 1. Численное дифференцирование. Основные понятия. Сетки и сеточные функции. Сетки на отрезке, на плоскости, пространственно-временные сетки. Аппроксимация дифференциальных операторов. Порядок аппроксимации. Геометрическая интерпретация аппроксимаций.

Тема 2. Разностные схемы. Понятие разностной схемы. Методы построения разностных схем. Требования, предъявляемые к разностным схемам. Метод интегральных тождеств. Интегро-интерполяционный метод. Вариационно-разностный метод. Консервативные разностные схемы. Явные и неявные разностные схемы. Устойчивость и сходимость разностной схемы. Экономичные схемы. Метод переменных направлений.

Тема 3. Методы решения систем сеточных уравнений. Системы линейных алгебраических уравнений. Разрешимость систем уравнений. Прямые методы. Метод Гаусса. Метод прогонки. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод простой итерации. Метод Гаусса-Зейделя. Сравнение методов.

Раздел 2. Метод конечных элементов

(ПЗ – 16, СР –36)

Тема 4. 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 теплопроводности). Линейный тетраэдр. Полуаналитический МКЭ. Анализ составных конструкций методами суперэлементов и декомпозиции.

Тема 5. Вариационные методы построения конечно-элементных соотношений. Вариационные принципы, вариационная формулировка задачи теплопроводности. Вариационный метод построения конечно-элементных соотношений. Конструирование естественных вариационных принципов, задача стационарной теплопроводности. Метод Ритца. Множители Лагранжа. Штрафные функции. Метод наименьших квадратов.

Тема 6. Решение задач тепломассопереноса. Сходимость МКЭ. Решение МКЭ краевых задач теплопроводности и механики вязкой жидкости. МКЭ в динамических задачах. Матричное уравнение движения. Матрица масс. Конечно-разностное интегрирование уравнений движения. Комбинированные методы. Не стационарная задача теплопроводности. Решение МКЭ краевых задач механики жидкости в пакете прикладных программ ANSYS. Не стационарные задачи тепломассопереноса вязкой жидкости.

4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

4.4. Перечень тем практических занятий

Таблица 3

Темы практических занятий (из пункта 4.2.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Основные понятия. Сетки и сеточные функции. Сетки на отрезке, на плоскости, пространственно-временные сетки.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
2	2	Понятие разностной схемы. Методы построения разностных схем. Требования, предъявляемые к разностным схемам. Метод интегральных тождеств. Интегро-интерполяционный метод. Вариационно-разностный метод.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
3	3	Системы линейных алгебраических уравнений. Разрешимость систем уравнений. Прямые методы. Метод Гаусса.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4	4	Конечно-элементная	Собеседование.	Вопросы по

		аппроксимация. Понятие конечного элемента. Локально определенные базисные функции. Конечно-элементная аппроксимация решений систем дифференциальных уравнений (на примере плоской задачи теплопроводности).		темам / разделам дисциплины.
5	5	Вариационные принципы, вариационная формулировка задачи теплопроводности. Вариационный метод построения конечно-элементных соотношений.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
6	6	Сходимость МКЭ. Решение МКЭ краевых задач теплопроводности и механики вязкой жидкости. Не стационарная задача теплопроводности.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих 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 творческих заданий.

Таблица 4

Темы самостоятельных заданий

№ п. п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Аппроксимация дифференциальных операторов. Порядок аппроксимации. Геометрическая интерпретация аппроксимаций.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
2	2	Консервативные разностные схемы. Явные и неявные разностные схемы. Устойчивость и сходимость разностной схемы. Экономичные схемы. Метод переменных направлений.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
3	3	Метод прогонки. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод простой итерации. Метод Гаусса-Зейделя. Сравнение методов.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий
4	4	Линейный тетраэдр.	Собеседование.	Вопросы по

		Полуаналитический МКЭ. Анализ составных конструкций методами суперэлементов и декомпозиции.		темам / разделам дисциплины.
5	5	Конструирование естественных вариационных принципов, задача стационарной теплопроводности. Метод Ритца. Множители Лагранжа. Штрафные функции. Метод наименьших квадратов.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
6	6	Матричное уравнение движения. Матрица масс. Конечно-разностное интегрирование уравнений движения. Комбинированные методы. Решение МКЭ краевых задач механики жидкости в пакете прикладных программ ANSYS. Не стационарные задачи тепломассопереноса вязкой жидкости.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Численные методы в механике жидкости» 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;
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.

7. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля по дисциплине «Численные методы в механике жидкости» представлен в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

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

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1. ДВ.01.3 «Численные методы в механике жидкости»	БЛОК 1	
(индекс и полное название дисциплины)	(цикл дисциплины/блок)	
	базовая часть цикла х	обязательная по выбору аспиранта х
01.06.01/ 01.02.05	Математика и механика / Механика жидкости, газа и плазмы	
код направления / шифр научной специальности	(полные наименования направления подготовки / направленности программы)	
2017 (год утверждения учебного плана)	Семестр(-ы): 3 Количество аспирантов: 1	

Электротехнический факультет

Кафедра «Конструирование и технологии в электротехнике»

тел. 8(342)239-18-51; ktei@pstu.ru
(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
1 Основная литература		
1	И. Ю. Зубко, Н. Д. Няшина. Математическое моделирование: дискретные подходы и численные методы : учебное пособие для вузов :— Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2012 .— 364 с.	5+Электронная библиотека ПНИПУ
2	Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. Пер. с англ. - М.: Мир. - 1986. - 318 с.	12
3	Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. - М.: Мир. - 1979. - 392 с.	11
4	Самарский А.А., Николаев Е.С. Методы решения сеточных уравнений. - М.: Наука, 1978. - 592 с.	8
5	Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. - М.: Стройиздат, 1982. - 448 с.	2
6	Самарский А.А. Теория разностных схем : учебное пособие для вузов / А. А. Самарский .— 3-е изд., испр .— М. : Наука, 1989 .— 616 с.	9
7	Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. - М.: Мир, 1975. - 541 с.	2
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Турчак Л. И. Основы численных методов: Учеб. Пособие. - М.: Наука. Гл. ред. физ. мат. лит., 1987. - 320 с.	4
2	Копченова Н.В. Вычислительная математика в примерах и задачах. СПб., 2009. - 368 с.	24
3	Демидович Б.П. Марон И.А. Основы вычислительной математики. СПб., 2007. - 672 с.	85
4	Раицков, В.И. Численные методы решения физических задач. СПб., 2005. - 208 с.	44
2.2 Периодические издания		
1	Вычислительная механика сплошных сред	http://www2.icmm.ru/journal/
2	Вестник ПНИПУ. Механика	http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/
2.3 Нормативно-технические издания		
	Не предусмотрены	
2.4 Официальные издания		
	Не предусмотрены	

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

8.3.1. Лицензионные ресурсы¹

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. 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/pqdglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. 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.

8.3.1.1. Информационные справочные системы

8.3.2. Открытые интернет-ресурсы

8.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое	Оценка риска НПО ДИАР	239275	Оценка риска
2	Практическое	«Волна»	123456	Модель затопления после прорыва плотины
3	Практическое	«Магистраль»	789123	Модель для расчёта прочности трубопровода
4	Практическое	АХОВ	456789	Модель последствий аварии на химически опасном объекте

¹ собственные или предоставляемые ПНИПУ по договору

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

9.1. Специализированные помещения и помещения для самостоятельной работы

Таблица 7

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Компьютерный класс	Кафедра КТЭ	202	54	17
1	Компьютерный класс	Кафедра КТЭ	307	54	20

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 8

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	ПК <i>Intel Pentium Dual CPU</i> 2000 МГц	17	Оперативное управление	202, корп. А
2	ПК <i>Intel Pentium Dual CPU</i> 2000 МГц	20	Оперативное управление	307, корп. А

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
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
«Численные методы в механике жидкости»

Направление подготовки	01.06.01 Математика и механика
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Технологическая механика полимерных жидкостей
Научная специальность	01.02.05 механика жидкости, газа и плазмы
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Конструирование и технологии в электротехнике (КТЭ)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 3
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачёт:	3

Пермь 2017 г.

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Численные методы в механике жидкости» разработан на основании следующих нормативных документов:

- **Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 882 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика.**
- **Общая характеристика программы аспирантуры;**
- **Паспорт научной специальности 01.02.05 - Механика жидкости, газа и плазмы, 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 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.**

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры КТЭ
Протокол от «25» мая 2017г. № 11.

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


(подпись)

Н.М. Труфанова
(Фамилия И.О.)

Руководитель д.т.н., профессор
программы (учёная степень, звание)


(подпись)

Н.М. Труфанова
(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.В.ДВ.1.3 «Численные методы в механике жидкости» участвует в формировании следующих дисциплинарных частей компетенций:

ПК-2. способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности.

1.2 Этапы формирования компетенций

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров. В 4 семестре предусмотрены аудиторные лекционные занятия, в 5 семестре - 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	
	4 семестр	
	Текущий	Зачёт
Усвоенные знания		
3.1 знать теоретические основы численных методов решения дифференциальных уравнений	С	ТВ
3.2 знать методы дискретизации задачи	С	ТВ
3.3 знать методы решения систем алгебраических уравнений	С	ТВ
Освоенные умения		
У.1 уметь формулировать проблемы исследования	ОТЗ	ТЗ
У.2 уметь осуществлять постановку задачи	ОТЗ	ТЗ
У.3 уметь использовать эффективные методы решения	ОТЗ	ТЗ
У.4 уметь исследовать качественные характеристики сеточной задачи (обусловленность, устойчивость, сходимость, точность аппроксимации)	ОТЗ	ТЗ
У.5 уметь анализировать обобщать и интерпретировать полученные результаты	ОТЗ	ТЗ
Приобретенные владения		
В.1 владеть навыками решения краевых задач с использованием численных методов	ОТЗ	ПЗ
В.2 владеть навыками формулировать дискретный аналог краевой задачи	ОТЗ	ПЗ
В.3 владеть навыками решения систем алгебраических уравн	ОТЗ	ПЗ
В.4 владеть навыками реализации численных методов на ЭВМ	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 (3 семестр), проводимая 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

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.
Незачтено	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

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
<i>Зачтено</i>	Аспирант выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками применение полученных знаний и умений , 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 (3 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 и кандидатском экзамене:

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» 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 знания 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 навыков полученных знаний и умений 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 знания 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 умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на

Оценка	Критерии оценивания
	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 «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 образовательной программы

4.1 Типовые творческие задания:

1. Решить стационарную двумерную задачу теплопроводности методом прогонки и методом Гаусса-Зейделя. Сравнить методы.
2. Произвести аппроксимацию второй производной. Решить задачу теплопроводности по явной и не явной разностной схеме.
3. Решить трехмерную задачу теплопроводности методом конечных элементов

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

1. Конечно-элементная аппроксимация решений систем дифференциальных уравнений.
2. Суть метода конечных элементов. Виды конечных элементов. Дискретизация области.
3. Локальная система координат для одномерного, двумерного и трехмерного конечного элемента.

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

1. Составить систему дифференциальных уравнений для двумерной задачи теплопроводности.
2. Решить не стационарную одномерную задачу теплопроводности методом конечных элементов.
3. Решить систему линейных алгебраических уравнений методом Гаусса-Зейделя.

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

Приложение 1
Пример типовой формы билета для зачета



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

Направление
01.06.01 Математика и механика
Программа
Технологическая механика полимерных
жидкостей
Кафедра
Конструирование и технологии в
электротехнике

Дисциплина
«Численные методы в механике жидкости»

БИЛЕТ № 1

1. Суть метода конечных элементов. Виды конечных элементов. Дискретизация области
2. Составить систему дифференциальных уравнений для двумерной задачи теплопроводности.
3. Решить систему линейных алгебраических уравнений методом Гаусса-Зейделя.

Составитель _____
(подпись)

Фамилия И.О.

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

Фамилия И.О.

« ____ » _____ 201 ____ г.

Лист регистрации изменений

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