

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 13 » февраля 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Численные методы 2  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** 180 (5)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 01.03.02 Прикладная математика и информатика  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Математическое моделирование (СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

<p>Цель учебной дисциплины – Привитие умения и навыков использования численных методов при исследовании математических моделей процессов и объектов. Задачи дисциплины: В результате изучения дисциплины обучающийся должен Знать: основные численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений, подходы к построению и анализу разностных схем для уравнений в частных производных. Уметь: обоснованно выбирать и применять разностные схемы для решения реальных задач, проверять корректность численных решений. Владеть: - навыками разработки и реализации алгоритмов вычислительных методов решения дифференциальных уравнений.</p>
--

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

<ul style="list-style-type: none"><li>• Сеточные, проекционные и вариационные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.</li><li>• Сеточные методы решения уравнений математической физики. Подходы к исследованию устойчивости, аппроксимации и сходимости методов.</li></ul>
---

### 1.3. Входные требования

<p>Для изучения курса студенты должны знать основы дифференциального и интегрального исчисления; тензорного анализа; линейной алгебры; функционального анализа; основные понятия курса дифференциальных уравнений и уравнений математической физики; алгоритмические языки и программирование на языках высокого уровня.</p>
--

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает теоретические основы методов вычислительной математики для решения дифференциальных уравнений; условия и особенности применимости методов	Знает парадигму и основные концепции развития прикладной математики и математического моделирования, современные подходы и методы проведения научных исследований, современные и классические математические модели систем и процессов.	Контрольная работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет разрабатывать алгоритмы известных численных методов для решения научно-исследовательских и прикладных задач.	Умеет анализировать возможности и применимость математических моделей, применять и модифицировать их для решения научных и прикладных задач, разрабатывать новые математические модели при выполнении научных исследований на современном уровне	Индивидуальное задание
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет профессиональными навыками разработки и применения вычислительных алгоритмов для решения научно-исследовательских и прикладных задач.	Владеет навыками выполнения научно-исследовательской работы, применения и модификации известных математических моделей для получения новых научных и прикладных результатов	Курсовая работа

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	70	70
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)	32	32
- лабораторные работы (ЛР)		
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
- контрольная работа		
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	74	74
2. Промежуточная аттестация		
Экзамен	36	36
Дифференцированный зачет		
Зачет		
Курсовой проект (КП)		
Курсовая работа (КР)	18	18
Общая трудоемкость дисциплины	180	180

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<b>5-й семестр</b>				
Введение	1	0	0	0
Введение. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины.				
Методы решения задачи Коши	7	0	6	14
Тема 1. Задача Коши. Теорема Пеано. Условия Липшица. Устойчивость решения задачи Коши. Метод Пикара, Эйлера, Рунге-Кутты, Адамса. Оценка погрешности методов.				
Методы решения граничных задач	8	0	8	16
Тема 2. Граничные задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод пристрелки. Сеточный метод для решения граничных задач. Тема 3. Приближенные методы решения граничных задач. Метод моментов и метод Галеркина. Метод наименьших квадратов. Условия разрешимости системы уравнений и сходимость метода.				
Решение одномерных уравнений в частных производных	10	0	12	20
Тема 4. Введение в теорию разностных схем. Аппроксимация, устойчивость и сходимость разностного решения. Оценка условий устойчивости с помощью принципа максимума и метода Неймана. Тема 5. Исследование свойств разностных схем для уравнений параболического, гиперболического, эллиптического типов				
Экономичные разностные схемы для многомерных уравнений в частных производных	6	0	10	24
Тема 6. Продольно-поперечная схема; схема с расщеплением для решения двумерных уравнений параболического типа. Факторизованная схема для многомерного уравнения гиперболического типа				
<b>ИТОГО по 5-му семестру</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>74</b>
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>74</b>

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Вывод разрешающих соотношений методов Эйлера, Рунге – Кутты, Адамса для конкретных дифференциальных уравнений.

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы практического (семинарского) занятия</b>
2	Получение разрешающих соотношений сеточными методами, методами Галеркина и моментов для конкретной граничной задачи. Проверка условий сходимости методов Галеркина и моментов.
3	Получение разрешающих соотношений методом наименьших квадратов для конкретной граничной задачи. Проверка условий сходимости метода наименьших квадратов.
4	Построение разностных схем по шаблону для параболических уравнений. Проверка свойств разностных схем.
5	Построение разностных схем по шаблону для гиперболических уравнений. Проверка свойств разностных схем.
6	Построение разностных схем по шаблону для эллиптических уравнений. Проверка свойств разностных схем.
7	Получение разрешающих соотношений продольно-поперечной схемы для многомерного параболического уравнения.
8	Получение разрешающих соотношений схемы с расщеплением для многомерного параболического уравнения.
9	Получение разрешающих соотношений факторизованной схемы для многомерного гиперболического уравнения.

#### Тематика примерных курсовых проектов/работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы курсовых проектов/работ</b>
1	Вариационные методы решения СЛАУ.
2	Способ Рунге-Кутты построения одношаговых методов для решения ОДУ.
3	Методы Адамса – Башфорта для решения ОДУ.
4	Метод неопределенных коэффициентов построения сеточного аналога для дифференциального оператора.
5	Свойства разностных схем (монотонность, диффузия, дисперсия, эффект счетной вязкости) . Теория и примеры.
6	Метод прогонки для решения СЛАУ с пятидиагональной матрицей.

## 5. Организационно-педагогические условия

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

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

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

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

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

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Бояршинов М. Г. Методы вычислительной математики : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008. 420 с.	88
2	Вержбицкий В. М. Основы численных методов : учебник для вузов. 3-е изд., стер. Москва : Высш. шк., 2009. 840 с. 51,94 усл. печ. л.	15

3	Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики : учебное пособие. 6-е изд., стер. СПб : Лань, 2007. 664 с.	82
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы : учебное пособие для вузов. 7-е изд. Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2019. 636 с. 52,00 усл. печ. л.	5
2	Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения : учебное пособие. 4-е изд., стер. СПб : Лань, 2008. 400 с.	30
3	Калиткин Н. Н. Численные методы : учебное пособие для вузов. 2-е изд. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011. 586 с. 37,0 усл. печ. л.	1
4	Самарский А.А. Введение в численные методы : учебное пособие для вузов. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2005. 288 с.	40
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Вестник ПНИПУ. Механика : журнал. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2012 - .	
2	Вычислительная механика сплошных сред : журнал. Пермь : ИМСС УрО РАН, 2008 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Введение в математическое моделирование : учебное пособие для вузов / Ашихмин В. Н., Гитман М. Б., Келлер И. Э., Наймарк О. Б., Столбов В. Ю., Трусов П. В., Фрик П. Г. Москва : Логос, 2004.	URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2392">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2392</a> (дата обращения: 19.12.2021)	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Бояршинов М. Г. Методы вычислительной математики : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2817">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2817</a>	локальная сеть; свободный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Mathematica Professional Version (лиц.L3263-7820*)
Среды разработки, тестирования и отладки	Embarcadero Delphi 2007, лиц.№ 33948 , 137 лиц. ПНИПУ 2008 г.
Среды разработки, тестирования и отладки	MS Visual studio 2019 community (Free)

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	10
Лекция	ноутбук, мультимедийный проектор	1
Практическое занятие	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	10

### 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
------------------------------

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

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Численные методы 2»**

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	01.03.02 Прикладная математика и информатика
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Математическое моделирование
<b>Квалификация выпускника:</b>	«Бакалавр»
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Математическое моделирование систем и процессов
<b>Форма обучения:</b>	Очная

**Курс:** 3

**Семестр:** 5

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:	5	ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	180	ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 5 семестр	Курсовая работа: 5 семестр
--------------------	----------------------------

Пермь 2023

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

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

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (5-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВЫ)	Вид контроля				
	Текущий	Рубежный		Промежуточный	
	ТО	ИЗ	РКР	КР	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>					
<b>З.1</b> основные методы решения дифференциальных уравнений; методы оценки корректности полученных численных решений	ТО		РКР	КР	ТВ
<b>З.2</b> теоретические основы методов вычислительной математики для решения дифференциальных уравнений; условия и особенности применимости методов	ТО		РКР	КР	ТВ
<b>Освоенные умения</b>					
<b>У.1</b> применять на практике известные численные методы для решения задач механики		ИЗ	РКР	КР	ПЗ
<b>У.2</b> разрабатывать алгоритмы известных численных методов для решения научно-исследовательских и прикладных задач		ИЗ	РКР	КР	ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>					
<b>В.1</b> профессиональными навыками создания и использования основных алгоритмов вычислительной математики		ИЗ		КР	
<b>В.2</b> профессиональными навыками разработки и применения вычислительных алгоритмов для решения научно-исследовательских и прикладных задач		ИЗ		КР	

*ТО – теоретический опрос; ИЗ – индивидуальное задание (с защитой); РКР – рубежная контрольная работа; КР – курсовая работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое*

задание;

Итоговой оценкой результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена и курсовой работы, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

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

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

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме **рубежных контрольных работ** (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита индивидуальных заданий (расчетных работ)**

Всего запланировано 4 расчетных работы. Типовые темы расчетных работ приведены в РПД.

Защита расчетной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

**Типовые индивидуальные задания для контроля приобретенных владений:**

Задание № 1. Методы решения задачи Коши.

1. Выбрать 2 численных метода для решения ОДУ (задачи Коши).
2. Получить численное решение задачи и оценить его точность.
3. Исследовать сходимость выбранных методов.
4. Проверить условия устойчивости для данной задачи.

Задание № 2. Методы решения граничных задач для ОДУ.

1. Записать уравнение изогнутой оси балки для заданного типа нагружения (граничная задача для ОДУ).
2. Изобразить эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.
3. Получить аналитическое решение задачи.
4. Решить задачу численно указанным методом. Построить график решения.
5. Построить график сходимости численного решения к точному.

Каждый студент получает свой вариант задания (свою постановку задачи).

### 2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений», вторая КР – по модулю 2 «Методы решения дифференциальных уравнений в частных производных».

**Типовые вопросы и задания первой КР:**

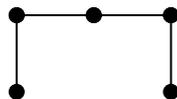
1. Метод Пикара. Условия сходимости метода.
2. Получить СЛАУ метода Галеркина для граничной задачи  $(x \cdot y)' - 2y = x^3$ ,  $y(0) = 0$ ,  $y(1) = 0$  с приближенным решением  $y_n = \alpha_1 x(1-x) + \alpha_2 x^2(1-x)$ .

**Типовые вопросы и задания второй КР:**

1. Классификация уравнений в частных производных. Примеры уравнений параболического, эллиптического, гиперболического типов.
2. Определить порядок аппроксимации уравнения  $\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$  разностной схемой

$$\begin{aligned} & \frac{1}{12} \frac{\widehat{\varphi}_{i+1} - \varphi_{i+1}}{\tau} + \frac{5}{6} \frac{\widehat{\varphi}_i - \varphi_i}{\tau} + \frac{1}{12} \frac{\widehat{\varphi}_{i-1} - \varphi_{i-1}}{\tau} = \\ & = \frac{1}{2h^2} ((\widehat{\varphi}_{i-1} - 2\widehat{\varphi}_i + \widehat{\varphi}_{i+1}) + (\varphi_{i-1} - 2\varphi_i + \varphi_{i+1})) \end{aligned}$$

3. Для уравнения  $\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$  построить разностную схему по шаблону и исследовать ее устойчивость



Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### 2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех расчетных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

#### 2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

##### Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Задача Коши. Устойчивость решения задачи Коши.
2. Метод Пикара. Условия сходимости метода.
3. Метод Эйлера. Погрешность аппроксимации.
4. Метод Эйлера. Сходимость метода.
5. Метод Рунге-Кутты. Геометрический смысл метода.
6. Метод Рунге-Кутты. Погрешность аппроксимации метода.
7. Метод Адамса.

##### Типовые практические задания для контроля освоенных умений:

1. Исследовать устойчивость схемы

$$\frac{\hat{u}_j - \check{u}_j}{2\tau} = \frac{\eta}{h^2} \left( u_{j-1} - 2 \left[ \frac{1}{2} (\hat{u}_j + \check{u}_j) \right] + u_{j+1} \right).$$

2. Для уравнения  $\frac{\partial u}{\partial t} = \eta \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$  определить порядок аппроксимации схемой

$$\frac{\hat{u}_j - \check{u}_j}{2\tau} = \frac{\eta}{h^2} \left( u_{j-1} - 2 \left[ \frac{1}{2} (\hat{u}_j + \check{u}_j) \right] + u_{j+1} \right)$$

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Перечень типовых тем курсовых работ**

Темы курсовых работ рекомендуется выбирать в соответствии с тематикой НИРС, предполагающую применение вычислительных методов для систем дифференциальных уравнений.

Тема может быть выбрана из списка типовых:

1. Обобщенные методы Галеркина. Метод Петрова – Галеркина.
2. Задача обтекания кругового цилиндра ограниченным потоком невязкой жидкости.
3. Задача фильтрации в ограниченной области

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

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

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.