

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 28 » апреля 20\_\_ г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ **Численные методы**  
(наименование)

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

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

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

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ **Электроэнергетика и электротехника (общий профиль, СУОС)**  
\_\_\_\_\_  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины «Численные методы» – изучение студентом роли численного эксперимента в современной инженерной и научной практике, изучение основных методов решения задач, возникающих при моделировании различных процессов; вспомогательных методов и особенностей реализации вычислительных алгоритмов на ЭВМ.

Задачи учебной дисциплины

- формирование знаний
  - изучение теоретических основ численных методов решения дифференциальных уравнений; методов дискретизации задачи, методов решения систем алгебраических уравнений.
- формирование умений
  - 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.
- формирование навыков
  - решение краевых задач с использованием численных методов, формулирование дискретного аналога краевой задачи, решение систем алгебраических уравнений, реализация численных методов на ЭВМ.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

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

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 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
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	Студент знает теоретические основы численного метода-метода конечных разностей и конечных элементов, методы дискретизации задач, методы аппроксимации производных, преимущество и недостатки явных и неявных разностных схем, теоретические основы методов конечных элементов, принципы построения дискретных аналогов исходной задачи, вариационный метод построения конечно-элементных соотношений	Знает физико-математические основы теории электромагнитного поля, переработки полимеров, основы теории автоматического управления, теплопередачи, математические основы статистики и численных методов	Зачет
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Студент умеет разрабатывать математические модели процессов теплообмена, использовать численные методы для реализации математических моделей, исследовать качественные характеристики сеточной задачи (обусловленность, устойчивость, сходимость, точность аппроксимации), использовать эффективные методы решения систем уравнений, анализировать обобщать и интерпретировать полученные результаты.	Умеет применять соответствующий физико-математический аппарат при решении профессиональных задач	Дифференцированный зачет
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Студент владеет методами построения разностных схем, методами решения систем алгебраических уравнений, практической реализации численных методов на ЭВМ, опытом использования	Владеет навыками анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов и режимов работы объектов профессиональной деятельности	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		современных программных средств и пакетов программ, подходами в решении краевых задач теплопроводности и механики вязкой жидкости, основами алгоритмизации задач.		

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	6
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	77	45	32
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	18	14
- лабораторные работы (ЛР)	30	16	14
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	9	9	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	6	2	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	103	63	40
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет	9		9
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	108	72

### 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
5-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Введение	2	0	0	0
Цели, предмет и задачи курса «Численные методы»; содержание дисциплины. Краткие сведения из истории развития численных методов, их связь с развитием вычислительной техники. Вычислительный эксперимент, построение физических и математических моделей. Современный уровень развития численных методов решения задач механики сплошных сред. Содержание и задачи курса, его связь со специальными курсами.				
Численное дифференцирование	5	6	3	21
Основные понятия. Сетки и сеточные функции. Сетки на отрезке, на плоскости, пространственно-временные сетки. Аппроксимация дифференциальных операторов. Порядок аппроксимации. Геометрическая интерпретация аппроксимаций.				
Разностные схемы	6	5	3	21
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. Решение краевых задач разностными методами.				
Методы решения систем сеточных уравнений. Системы линейных алгебраических уравнений	5	5	3	21
Разрешимость систем уравнений. Прямые методы. Метод Гаусса. Метод прогонки. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод простой итерации. Метод Гаусса-Зейделя. Сравнение методов.				
ИТОГО по 5-му семестру	18	16	9	63
6-й семестр				
Построение метода конечных элементов методом взвешенных невязок	4	4	0	12
Конечно-элементная аппроксимация. Понятие конечного элемента. Локально определенные базисные функции. Конечно-элементная аппроксимация решений систем дифференциальных уравнений (на примере плоской задачи теории упругости). Линейный тетраэдр. Полуаналитический МКЭ. Анализ составных конструкций методами суперэлементов и декомпозиции.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Вариационные методы построения конечно-элементных соотношений	5	5	0	14
Вариационные принципы, вариационная формулировка задачи теплопроводности. Вариационный метод построения конечно-элементных соотношений для задач теории упругости. Конструирование естественных вариационных принципов, задача стационарной теплопроводности. Метод Ритца. Множители Лагранжа. Штрафные функции. Метод наименьших квадратов.				
Решение задач теплопереноса	5	5	0	14
Сходимость МКЭ. Решение МКЭ краевых задач теплопроводности и механики вязкой жидкости. МКЭ в динамических задачах. Матричное уравнение движения. Матрица масс. Собственные колебания, расчет собственных частот и форм колебаний конструкций. Разложение движения по формам собственных колебаний. Конечно-разностное интегрирование уравнений движения. Сравнительный анализ достоинств и недостатков методов конечных разностей, конечных элементов. Комбинированные методы.				
ИТОГО по 6-му семестру	14	14	0	40
ИТОГО по дисциплине	32	30	9	103

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Численное дифференцирование. Построение сетки на отрезке, плоскости, круге. Пространственно-временные сетки. Аппроксимация первых и вторых смешанных производных.
2	Разностные схемы. Явные и неявные разностные схемы. Порядок аппроксимации. Разряженные матрицы коэффициентов. Устойчивость разностных схем.
3	Методы решения систем сеточных уравнений. Системы линейных алгебраических уравнений. Прямые и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Специальные методы решения. Сравнение методов.

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Нестационарная задача теплопроводности в стержне единичной длины (Явная и неявная разностные схемы).
2	Стационарная задача теплопроводности в пластине с граничными условиями второго рода.

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
3	Задача упругого деформирования пластины с различными краевыми условиями.
4	Применение консервативной разностной схемы для задачи нестационарной теплопроводности в стержне.
5	Ручное и автоматическое построение сетки конечных элементов для прямоугольной области. Алгоритмизация, программирование и реализация на ЭВМ.
6	Программирование и реализация на ЭВМ метода Гаусса решения СЛАУ для ленточной матрицы. Построение матриц жесткости и вектора сил упругой конструкции в случае ПНС. Программирование и реализация на ЭВМ.
7	Исследование ПНС упругой конструкции МКЭ на ЭВМ. Разработка программы и исследование ПНС упругой конструкции МКЭ с квадратичной аппроксимацией на ЭВМ.

## 5. Организационно-педагогические условия

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

<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
--

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

<p>При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.</li> <li>2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.</li> <li>3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.</li> <li>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.</li> </ol>
---

## 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	Барботько А.И. Основы теории математического моделирования : учебное пособие для вузов / А. И. Барботько, А. О. Гладышкин. - Старый Оскол: ТНТ, 2015.	10
2	Бахвалов Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях : учебное пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков. - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2013.	2
3	Ращиков В.И. Численные методы решения физических задач : учебное пособие / В.И. Ращиков, А.С. Рошаль. - СПб М. Краснодар, 2005.	17
4	Самарский А.А. Введение в численные методы : учебное пособие для вузов / А. А. Самарский. - Санкт-Петербург: Лань, 2005.	40
5	Соловейчик Ю.Г. Метод конечных элементов для решения скалярных и векторных задач : учебное пособие / Ю.Г. Соловейчик, М.Э. Рояк, М.Г. Персова. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007.	5
6	Труфанова Н. М. Основы математического моделирования и численные методы : учебное пособие для вузов / Н. М. Труфанова, А. Г. Щербинин, А. В. Казаков. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2018.	10
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Бордовский Г. А. Физические основы математического моделирования : учебное пособие для вузов / Г. А. Бордовский, А. С. Кондратьев, А. Д. Чоудери. - М.: Академия, 2005.	12
2	Зарубин В. С. Математическое моделирование в технике : учебник для вузов / В. С. Зарубин. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010.	2
3	Копченова Н. В. Вычислительная математика в примерах и задачах : учебное пособие для вузов / Н. В. Копченова, И. А. Марон. - Санкт-Петербург: Лань, 2009.	24
4	Основы современных компьютерных технологий : учебник / Г. А. Брякалов [и др.]. - Санкт-Петербург: Корона принт, 2005.	26
5	Самогин Ю. Н. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов : учебное пособие для вузов / Ю. Н. Самогин, В. Е. Хроматов, В. П. Чирков. - Москва: Физматлит, 2012.	3
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<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)
Основная литература	Математическое моделирование: дискретные подходы и численные методы	<a href="http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=2499">http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=2499</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 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
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
Лабораторная работа	ПК	15
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	ПК	15

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе

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

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

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

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	<u>13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»</u>
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	<u>Конструирование и технологии в электротехнике</u>
<b>Квалификация выпускника:</b>	<u>«Бакалавр»</u>
<b>Выпускающая кафедра:</b>	<u>Конструирование и технологии в электротехнике</u>
<b>Форма обучения:</b>	<u>Очная</u>

**Курс:** 3

**Семестр:** 5,6

**Трудоёмкость:**

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

**Форма промежуточной аттестации:**

Зачёт – 6 семестр, дифференцированный зачёт - 5 семестр

Пермь 2020

**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 двух семестров (5-го и 6-го семестров учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия (в 5- семестре еще 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 по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении индивидуальных заданий, сдаче дифференцированного зачета и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты освоения по дисциплине (ЗУВы)	Виды контроля				
	Текущий и промежуточный		Рубежный	Итоговый	
	*ТТ	РТ	ЛР	КР	Зачёт/ Диф.зач
<b>Усвоенные знания</b>					
<b>З.1.</b> знает принципы решения сложных задач с использованием ЭВМ;	ТТ 1	РТ 1			ТВ
<b>З.2.</b> знает теоретические основы численного метода – метода конечных разностей;	ТТ 2	РТ 2			
<b>З.3.</b> знает методы дискретизации задач;	ТТ 3	РТ 3			
<b>З.4.</b> знает методы решения систем алгебраических уравнений	ТТ 4	РТ 4			
<b>Освоенные умения</b>					
<b>У.1.</b> умеет формулировать проблемы исследования;			ОЛР 1-7	РКР 1	ПЗ
<b>У.2.</b> умеет осуществлять постановку физической и математической задачи;			ОЛР 1-7	РКР 1	
<b>У.3.</b> умеет обосновывать и вводить в рассмотрение допускающие предположения и гипотезы;			ОЛР 1-7	РКР 1	
<b>У.4.</b> умеет анализировать обобщать и интерпретировать полученные результаты			ОЛР 1-7	РКР 1	
<b>Приобретенные владения</b>					
<b>В.1.</b> владеет навыками решения краевых задач с использованием численных методов;			ОЛР 1-7	РКР 2	КЗ
<b>В.2.</b> владеет умением формулировать дискретный аналог краевой задачи;			ОЛР 1-7	РКР 2	
<b>В.3.</b> владеет методами и приемами решения систем алгебраических уравнений;			ОЛР 1-7	РКР 2	
<b>В.4.</b> владеет практической реализацией численных методов на ЭВМ;			ОЛР 1-7	РКР 2	
<b>В.5.</b> владеет опытом использования современных программных средств и пакетов программ			ОЛР 1-7	РКР 2	

\*ТТ – текущее тестирование (контроль знаний по теме);

РТ – рубежное тестирование по модулю (автоматизированная система контроля знаний);

КР – контрольные работы;

ЛР – выполнение тренажей и лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка владения).

*ТТ – текущее тестирование на лекционных занятиях; ОЛР – отчет о лабораторной работе; ИЗ – индивидуальное задание; ПКР – промежуточная контрольная работа; КП – курсовое проектирование; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета с оценкой, проводимая с учетом результатов текущего и промежуточного 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 обучающегося 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 бланчного 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 тестирования студентов проводится по мере изучения тем.

#### **2.1.1. Перечень вопросов тестов для текущего контроля**

1. Вариационные принципы, вариационная формулировка задачи теплопроводности
2. Методы решения систем сеточных уравнений. Системы линейных алгебраических уравнений.
3. Прямые и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса-Зейделя.
4. Специальные методы решения. Метод прогонки. Сравнение методов.

#### **2.1.2. Критерии оценки ответов на вопросы текущего контроля**

Таблица 2.1. Критерии и шкала оценивания уровня освоения компетенций текущего контроля

Аттестация	Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения компетенций после изучения учебного материала
------------	------	------------------	---

Аттестация по данному виду контроля пройдена	5	Максимальный уровень	<i>Студент полностью выполнил задание теста, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала</i>
	4	Средний уровень	<i>Студент полностью выполнил задание теста, показал хорошие знания и умения, но не смог полностью применить теоретические знания к реальным фактам</i>
	3	Минимальный уровень	<i>Студент полностью выполнил задание теста, но допустил существенные неточности</i>
Аттестация по данному виду контроля не пройдена	2	Минимальный уровень не достигнут	<i>Студент не полностью выполнил задание теста, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений</i>

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, освоенных умений и приобретенных владений проводится согласно графика учебного процесса, приведенного в РПД, в форме защиты отчетов к лабораторным работам, индивидуальных заданий и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### 2.2.1. Защита отчетов к лабораторным работам

Всего запланировано 7 лабораторных работ. Типовые темы работ приведены в РПД.

Защита отчета к лабораторной работе проводится индивидуально каждым студентом. Шкала и критерии оценки приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Критерии и шкала оценивания уровня освоения компетенций на лабораторной работе

Балл за		Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения компетенций после изучения учебного материала
знания	умения		
5	5	Максимальный уровень	<i>Задание по работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</i>
4	4	Средний уровень	<i>Задание по работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям</i>
3	3	Минимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить</i>

			<i>полученные результаты.</i>
2	2	Минимальный уровень не достигнут	<i>Студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты.</i>

Результаты защиты отчетов к лабораторным работам по 4-балльной шкале оценивания знаний и умений заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### 2.2.2. Рубежное тестирование

Всего запланировано 4 рубежных теста.

Типовые темы рубежного тестирования совпадают с темами контрольных работ. Шкала и критерии оценки приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3. Критерии и шкала оценивания результатов защиты тестирования

Балл за		Уровень приобретения	Критерии оценивания уровня приобретенных владений
умения	владения		
5	5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил тест.</i>
4	4	Средний уровень	<i>Студент выполнил тест с небольшими неточностями.</i>
3	3	Минимальный уровень	<i>Студент выполнил тест с существенными неточностями..</i>
2	2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При выполнении теста студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.</i>

Результаты выполнения индивидуальных заданий по 4-балльной шкале оценивания знаний, умений и владений заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### 2.2.3. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая РКР1 по модулю 1 «Физико-механические основы переработки полимеров», вторая РКР2 – по модулю 2 «Экструзионный метод наложения изоляции».

#### Типовые задания РКР1:

1. Суть метода конечных разностей. Сетки на плоскости.
2. Аппроксимация второй производной, порядок аппроксимации.
3. Геометрическая интерпретация производных. Аппроксимация первых производных.
4. Явные и неявные разностные схемы.

#### Типовые задания РКР2:

1. Устойчивость и сходимость разностных схем..
2. Консервативные разностные схемы
3. Конечно-элементная аппроксимация. Понятие конечного элемента.
4. Вариационные методы построения конечно-элементных соотношений.

Шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4. Критерии и шкала оценивания уровня освоения компетенций на контрольной работе

Балл за		Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения компетенций после изучения учебного модуля
знания	умения		
5	5	Максимальный уровень	<i>Студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала. Отчет по контрольной работе оформлен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</i>
4	4	Средний уровень	<i>Студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал хорошие знания и умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, есть недостатки в оформлении отчета по контрольной работе.</i>
3	3	Минимальный уровень	<i>Студент полностью выполнил задание контрольной работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, отчет по контрольной работе имеет недостаточный уровень качества оформления.</i>
2	2	Минимальный уровень не достигнут	<i>Студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также не способен пояснить полученный результат.</i>

### 2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Промежуточная аттестация обучающихся ориентирована на оценку освоения заданных частей компетенций по достигнутым результатам обучения по дисциплине: приобретенным знаниям, умениям, навыкам и (или) опыту работы (владениям).

#### 2.3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Дифференцированный зачет по дисциплине основывается на результатах текущего и рубежного контроля выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

**Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета:**

- интегральная оценка за знание по 4-х балльной шкале выставляется студенту по результатам текущего и рубежного контроля;
- интегральная оценка за умение по 4-х балльной шкале выставляется студенту по результатам текущего и рубежного контроля;
- интегральная оценка за владение по 4-х балльной шкале выставляется студенту по результатам текущего и рубежного контроля.

Полученные интегральные оценки за образовательные результаты заносятся в оценочный лист, форма которого приведена в виде табл. 2.5.

Таблица 2.5. Форма и примеры заполнения оценочного листа

Интегральный результат текущего и рубежного контроля (по результатам текущей успеваемости)			Средняя оценка уровня сформированности компетенций	Итоговая оценка уровня сформированности компетенций (итоговая оценка по дисциплине)
знания	умения	владения		
5	4	5	4.75	<i>Отлично</i>
3	3	3	3.25	<i>Удовлетворительно</i>
5	4	3	3.75	<i>Хорошо</i>
3	3	2	2.75	<i>неудовлетворительно</i>
3	4	2	3.0	<i>неудовлетворительно</i>

**Критерии выведения итоговой оценки промежуточной аттестации:**

«Отлично» – средняя оценка  $> 4,5$ .

«Хорошо» – средняя оценка  $> 3,7$  и  $\leq 4,5$ .

«Удовлетворительно» – средняя оценка  $\geq 3,0$  и  $\leq 3,7$  при отсутствии хотя бы одной неудовлетворительной оценки за компоненты компетенций.

«Неудовлетворительно» – средняя оценка  $< 3,0$  или присутствует хотя бы одна неудовлетворительная оценка за компоненты компетенций.

**2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания 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. Пример билета для дифференцированного зачета представлен в приложении 1.

**Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Суть метода конечных разностей. Сетки и сеточные функции.
2. Конечно-элементная аппроксимация решений систем дифференциальных уравнений (на примере плоской задачи теории упругости).

**Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Построить дискретный аналог задачи нестационарной теплопроводности в единичном стержне.
2. Построение матриц жесткости и вектора сил упругой конструкции в случае ПНС.

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

1. Воспроизвести алгоритм решения СЛАУ методом прогонки.

**2.3.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения при дифференцированном зачете**

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 дифференцированного зачета.

Шкала и критерии оценки результатов обучения при дифференцированном зачете для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в таблицах 2.6 - 2.8

Таблица 2.6. Шкала оценивания уровня знаний

Балл	Уровень усвоения	Критерии оценивания уровня усвоенных знаний
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</i>

Таблица 2.7. Шкала оценивания уровня умений

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоенных умений
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения в рамках освоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При выполнении практического задания билета студент продемонстрировал недостаточный уровень умений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</i>

Таблица 2.8. Шкала оценивания уровня приобретенных владений

Балл	Уровень приобретения	Критерии оценивания уровня приобретенных владений
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил комплексное задание билета. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент выполнил комплексное задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</i>

Балл	Уровень приобретения	Критерии оценивания уровня приобретенных владений
3	Минимальный уровень	Студент выполнил комплексное задание билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.
2	Минимальный уровень не достигнут	При выполнении комплексного задания билета студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

### 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 дифференцированном зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

#### 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 с примерами получения итоговой оценки уровня сформированности компетенций приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Форма и примеры заполнения оценочного листа

Интегральный результат текущего и рубежного контроля (по результатам текущей успеваемости)	Оценка за дифференцированный зачет для каждого результата обучения			Средняя оценка уровня сформированности компетенций	Итоговая оценка за промежуточную аттестацию
	знания	умения	владения		
5	5	4	5	4.75	Отлично
4	3	3	3	3.25	Удовлетворительно
3	5	4	3	3.75	Хорошо
3	3	3	2	2.75	неудовлетворительно
3	3	4	2	3.0	неудовлетворительно

#### Критерии выведения итоговой оценки промежуточной аттестации:

«Отлично» – средняя оценка  $> 4,5$ .

«Хорошо» – средняя оценка  $> 3,7$  и  $\leq 4,5$ .

«Удовлетворительно» – средняя оценка  $\geq 3,0$  и  $\leq 3,7$  при отсутствии хотя бы одной неудовлетворительной оценки за компоненты компетенций.

«Неудовлетворительно» – средняя оценка  $< 3,0$  или присутствует хотя бы одна неудовлетворительная оценка за компоненты компетенций.

# Приложение 1. Пример билета для диф.зачета



13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
Конструирование и технологии в электротехнике  
Кафедра «*Конструирование и технологии в электротехнике*»

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

Дисциплина «Численные методы»

## БИЛЕТ № 1

1. Суть метода конечных разностей. Сетки и сеточные функции
2. Построить дискретный аналог задачи нестационарной теплопроводности в единичном стержне.
3. Воспроизвести алгоритм решения СЛАУ методом прогонки.

Составитель

\_\_\_\_\_

(подпись)

Н.М. Труфанова

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

(подпись)

Н.М.Труфанова

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.