

470

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет
Факультет прикладной математики и механики
Кафедра Математическое моделирование систем и процессов



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
для техн. наук, проф.

Н. В. Лобов

20 15 г.



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Численные методы 2»
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основная образовательная программа подготовки бакалавров
Направление 010400.61 «Прикладная математика и информатика»

Профиль подготовки бакалавра

Математическое моделирование

Квалификация (степень) подготовки:

Бакалавр

Выпускающая кафедра:

Математическое моделирование систем и
процессов

Форма обучения:

очная

Курс: 3.

Семестр(ы): 5

Трудоёмкость:

- кредитов по рабочему учебному плану: 5 ЗЕ
- часов по рабочему учебному плану: 180 ч

Виды контроля:

Экзамен: 5

Зачёт: -

Курсовая работа: 5

Пермь
2014

Д.С. Репецкий

1. Общие положения

1.1. Цель учебной дисциплины –

Привитие умения и навыков использования численных методов при исследовании математических моделей процессов и объектов.

В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующую компетенцию:

Способность решать задачи производственной и технологической деятельности на профессиональном уровне, включая: разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования – ПК–9.

1.2. 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.

1.3. Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- Сеточные, проекционные и вариационные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
- Сеточные методы решения уравнений математической физики. Подходы к исследованию устойчивости, аппроксимации и сходимости методов.

1.4. Место дисциплины в структуре профессиональной подготовки выпускников.

Дисциплина Численные методы 2 относится к вариативной части профессионального цикла и является обязательной дисциплиной при освоении ООП ВПО по направлению 010400.62 «Прикладная математика и информатика», профилю подготовки «Математическое моделирование».

После изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

1) **Знать:** основные концепции, понятия и определения методов решения дифференциальных уравнений, принципы их построения, анализа корректности и использования для научных и прикладных задач. (ПК–9).

2) **Уметь:** обосновывать выбор, проверять свойства и применять разностные схемы для решения научных и прикладных задач. (ПК–9).

3) **Владеть:** профессиональными навыками использования сеточных методов для решения обыкновенных дифференциальных уравнений и дифференциальных уравнений в частных производных при решении реальных научных и прикладных задач (ПК–9).

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Индекс	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
<i>Профессиональные компетенции</i>			
ПК – 9	Способность решать задачи производственной и технологической деятельности на профессиональном уровне, включая: разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования.	Языки и методы программирования. Системное и прикладное программное обеспечение Численные методы 1.	Исследование операций. Базы данных и экспертные системы

2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенции ПК–9.

2.1. Дисциплинарная карта компетенции ПК - 9

Индекс ПК - 9	Формулировка компетенции: Способность решать задачи производственной и технологической деятельности на профессиональном уровне, включая: разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования
Индекс ПК – 9.БЗ.В.7	Формулировка дисциплинарной части компетенции: Владение методологией выбора и использования, разработки алгоритмов численных методов для реализации математических моделей физико-механических процессов

2.2. Требования к компонентному составу компетенции ПК - 9

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает: – основные алгоритмы реализации вычислительных методов решения дифференциальных уравнений; – методы оценки корректности полученных численных решений.	Лекция Мультимедиа-технологии Практические занятия	Контрольные вопросы текущего и промежуточного контроля. Вопросы к экзамену.

	Самостоятельная работа	
Умеет: – применять на практике известные численные методы для решения задач механики; – применять информационные и компьютерные технологии для решения различных задач.	Курсовая работа Практические занятия Самостоятельная работа	Контрольные задания к текущему контролю и экзамену. Типовые задания к курсовой работе.
Владеет: – профессиональными навыками создания и использования основных алгоритмов вычислительной математики.	Курсовая работа Самостоятельная работа	Типовые задания к курсовой работе.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 3.1. – Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость	
		по семестрам	всего
1	2	3	4
1	Аудиторная работа	63	63
	-в том числе в интерактивной форме		
	- лекции (Л)	16	16
	-в том числе в интерактивной форме	12	12
	- практические занятия (ПЗ)	45	45
	-в том числе в интерактивной форме		
	- лабораторные работы (ЛР)		
	-в том числе в интерактивной форме		
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	81	81
	- подготовка к аудиторным занятиям	31	31
	- самостоятельное изучение теоретического материала	32	32
	- курсовая работа	18	18
4	Итоговая аттестация по дисциплине: экзамен	36	36
5	Трудоёмкость дисциплины, всего:		
	в часах (ч)	180	180
	в зачётных единицах (ЗЕ)	5	5

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учеб- ного мо- дуля	Номер раз- дела дисци- плин ы	Номер темы дисципл ины	Количество часов (очная форма обучения)							Трудоёмко сть, ч / ЗЕ
			аудиторная работа					КСР	самост оатель ная работа	
			всего	Л	ПЗ	ЛР	Итог. аттест ация			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	Введение	1	1						1
		1	8	2	6				12	20
		2	8	2	6				4	12
	2	3	8	2	6				13	21
		4	8	2	6			1	5	14
	Всего по модулю:		33	9	24			1	34	68/1,9
2	3	5	9	2	7				12	21
		6	10	2	8				12	22
	4	7	8	2	6				5	13
		Заключе ние	1	1				1		2
	Всего по модулю:		28	7	21			1	29	58/1,6
Итоговая аттестация: Экзамен:							36			36/1
Курсовая работа:									18	18/0,5
Итого:			61	16	45		36	2	81	180/5

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Введение. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Л – 1 ч.

Модуль 1. Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. ЛК – 9 час., ПЗ – 24 час., КСП – 1 час., СРС – 34 час. (Всего 68 часов)

Раздел 1. Методы решения задачи Коши. ЛК – 4 час., ПЗ – 12., СРС – 16 час.

Тема 1. Задача Коши. Теорема Пеано. Условия Липшица. Устойчивость решения задачи Коши. Метод Пикара, Эйлера, Рунге-Кутты, Адамса. Оценка погрешности методов.

Тема 2. Неявные схемы интегрирования. Оценка точности.

Раздел 2. Методы решения граничных задач. ЛК – 4 час., ПЗ – 12., КСП – 1 час., СРС – 18 час.

Тема 3. Граничные задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод пристрелки. Сеточный метод для решения граничных задач.

Тема 4. Приближенные методы решения граничных задач. Метод моментов и метод Галеркина. Метод наименьших квадратов. Условия разрешимости системы уравнений и сходимость метода.

Модуль 2. Сеточные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных. ЛК – 7 час., ПЗ – 21., КСР – 1 час., СРС – 29 час. (Всего 58 часа)

Раздел 3. Решение одномерных уравнений в частных производных. ЛК – 4 час, ПЗ – 15., СРС – 24 час.

Тема 5. Введение в теорию разностных схем. Аппроксимация, устойчивость и сходимость разностного решения. Оценка условий устойчивости с помощью принципа максимума и метода Неймана.

Тема 6. Исследование свойств разностных схем для уравнений параболического, гиперболического, эллиптического типов

Раздел 4. Экономичные разностные схемы для многомерных уравнений в частных производных. ЛК – 2 час., ПЗ – 6., КСР – 1 час., СРС – 5 час.

Тема 7. Продольно- поперечная схема; схема с расщеплением для решения двумерных уравнений параболического типа. Факторизованная схема для многомерного уравнения гиперболического типа.

Заключение ЛК – 1 час.

4.3. Перечень тем практических занятий

Таблица 4.3 – Темы практических занятий

№ п/п	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1.	1,2	Проверка условий сходимости (устойчивости и погрешности) решения задачи Коши. Вывод разрешающих соотношений методов Эйлера, Рунге – Кутты, Адамса для конкретных дифференциальных уравнений. Неявные схемы интегрирования.
2.	3,4	Получение и численная реализация разрешающих соотношений сеточными методами, методами Галеркина и моментов для конкретной граничной задачи. Проверка условий сходимости методов Галеркина и моментов.
3.	4	Получение и численная реализация разрешающих соотношений методом наименьших квадратов для конкретной граничной задачи. Проверка условий сходимости метода наименьших квадратов.
4.	5,6	Построение и численная реализация разностных схем по шаблону для параболических уравнений. Проверка свойств разностных схем.
5.	5,6	Построение и численная реализация разностных схем по шаблону для гиперболических уравнений. Проверка свойств разностных схем.
6.	5,6	Построение и численная реализация разностных схем по шаблону для эллиптических уравнений. Проверка свойств разностных схем.
7.	7	Получение и численная реализация разрешающих соотношений продольно-поперечной схемы для многомерного параболического уравнения.
8.	7	Получение и численная реализация разрешающих соотношений схемы с расщеплением для многомерного параболического уравнения.
9.	7	Получение и численная реализация разрешающих соотношений факторизованной схемы для многомерного гиперболического уравнения.

4.4. Перечень тем лабораторных работ

Не предусмотрены.

4.5. Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.5 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы (раздела) дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1	Подготовка к аудиторным занятиям (ПАЗ) Самостоятельное изучение теоретического материала (СИТМ)	4 8
2	Подготовка к аудиторным занятиям	4
3	Подготовка к аудиторным занятиям Самостоятельное изучение теоретического материала	5 8
4	Подготовка к аудиторным занятиям	5
5	Подготовка к аудиторным занятиям Самостоятельное изучение теоретического материала	4 8
6	Подготовка к аудиторным занятиям Самостоятельное изучение теоретического материала	4 8
7	Подготовка к аудиторным занятиям	5
8	Курсовая работа	18
	Итого: в час: в 3Е	81 2,25

4.5.1. Подготовка к аудиторным занятиям– 31 часов (ПАЗ)

1. При подготовке к лекциям и практическим занятиям студенты изучают материал по предшествующей теме занятий; усвоение материала проверяется периодически на лекциях и практических занятиях проведением опроса – текущих контрольных работ (продолжительность 5-10 мин., периодичность – не реже одного раза в две недели).

2. Доказательство части утверждений, сформулированных на предшествующих лекциях, доказательство которых рекомендовано провести самостоятельно

3. Решение задач в рамках подготовки к практическим занятиям.

4. Подготовка к рубежным контрольным работам по модулям.

4.5.2 Самостоятельное изучение теоретического материала (СИТМ) – 32 час.

Перечень тем (вопросов) для самостоятельного изучения

Тема 1. Общий подход к построению семейства методов Рунге – Кутты различной точности.

Тема 3. Главный член погрешности и простейшие способы его практической оценки. Правило Рунге;

Тема 5. Свойства разностных схем (монотонность, диффузия, дисперсия, эффект счетной вязкости);

Темы 6. Дифференциальные уравнения с переменными коэффициентами. Нелинейность.

4.5.3. Курсовая работа

Перечень тем курсовых работ

1. Напряжения в кристаллизующемся твердом теле, вызванные температурными и концентрационными градиентами.
2. Численное моделирование процессов затвердевания в задачах диффузии/конвекции.
3. Обобщенные методы Галеркина. Метод Петрова – Галеркина.
4. Задача обтекания кругового цилиндра ограниченным потоком невязкой жидкости.
5. Задача фильтрации в ограниченной области.

Цель курсовой работы:

Отработка умений применять на практике известные численные методы для решения задач механики. Формирование навыков создания и использования основных алгоритмов вычислительной математики для решения реальных задач, возникающих в научных исследованиях.

5. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих традиционных видов образовательных технологий и форм организации учебного процесса:

- лекция,
- практическое занятие
- самостоятельная работа,
- консультация,

также внедрены новые современные технологии и формы организаций учебного процесса:

- использование мультимедийных технологий при проведении лекционных занятий (все лекции);
- стимулирование использования полученных знаний в *НИРС* (лекции).

6. Управление и контроль освоения компетенций

6.1. Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущая аттестация студентов производится лектором и преподавателем (ями), ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- текущая контрольная работа для анализа усвоения материала предыдущей лекции («летучка», продолжительность 10-15 мин.), опрос;
- оценка работы студента на лекционных и практических занятиях в рамках рейтинговой системы.

6.2. Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Промежуточная аттестация студентов производится по окончании модуля дисциплины в форме контрольной работы.

6.3. Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Зачёт*

Не предусмотрен.

2) Экзамен**

Экзамен по дисциплине проводится устно по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание. экзаменационные вопросы и задания входят в состав фонда оценочных средств дисциплины.

Экзаменационная оценка выставляется по рейтингу за работу студента в течение семестра, выполнение контрольных мероприятий и собственно экзамен. При этом на работу в семестре отводится 60% баллов, на итоговые контрольные – 20% баллов, на экзамен – 20% баллов.

6.4 .Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.4. - Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля				
	*ТК	ПК	КР	ПЗ	Экзамен
Знает: основные концепции, понятия и определения методов решения дифференциальных уравнений, принципы их построения, анализа корректности и использования для научных и прикладных задач.	+	+			+
Умеет: обосновывать выбор, проверять свойства и применять разностные схемы для решения научных и прикладных задач.		+	+	+	+
Владеет: профессиональными навыками использования сеточных методов для решения обыкновенных дифференциальных уравнений и дифференциальных уравнений в частных производных при решении реальных научных и прикладных задач.			+	+	+

*ТК – текущий контроль по теме в форме контрольной работы («летучки») (оценка знаний);

ПК – промежуточный контроль по модулю в форме контрольной работы (оценка знаний и умений);

КР – индивидуальные курсовые работы (оценка умений и навыков);

ПЗ – выполнение практических заданий (оценка умений и навыков).

[illegible]

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б3.В.7 Численные методы 2 (индекс и полное название дисциплины)	Профессиональный цикл (цикл дисциплины) <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"> ☐ базовая часть цикла </td> <td style="width: 50%; border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"> ☒ основная </td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"> ☒ вариативная часть цикла </td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"> ☐ по выбору студента </td> </tr> </table>	☐ базовая часть цикла	☒ основная	☒ вариативная часть цикла	☐ по выбору студента
☐ базовая часть цикла	☒ основная				
☒ вариативная часть цикла	☐ по выбору студента				
010400.62 (код направления подготовки / специальности)	Направление Прикладная математика и информатика, профиль Математическое моделирование (полное название направления подготовки / специальности)				
ПМИ / ММ (аббревиатура направления / специальности)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> Уровень подготовки: <table style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px; text-align: center;"> </td> специалист</tr></table></td> </tr> <tr><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px; text-align: center;">x</td> бакалавр</tr></table>	Уровень подготовки: <table style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px; text-align: center;"> </td> специалист</tr></table>		x	
Уровень подготовки: <table style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px; text-align: center;"> </td> специалист</tr></table>					
x					

 Форма обучения: | | |---| | x | |---| || | заочная

| | очно-заочная

| **2011** (год утверждения учебного плана ООП) | Семестр: 5 Количество групп: 2 Количество студентов: 30 |
| | | | |---|--| | <u>Няшина Наталья Дмитриевна</u>
<small>(фамилия, имя, отчество преподавателя)</small> | <u>доцент</u>
<small>(должность)</small> | | <u>Факультет прикладной математики и механики</u>
<small>(факультет)</small> | | | <u>Математическое моделирование систем и процессов</u>
<small>(кафедра)</small> | <u>(342) 2391297</u>
<small>(контактная информация)</small> | | |

СПИСОК ИЗДАНИЙ*

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1 Основная литература		
1	Вержбицкий В.М. Основы численных методов : учебник для вузов / В. М. Вержбицкий .— 3-е изд., стер .— Москва : Высш. шк., 2009 .— 840 с.	15
2	Демидович Б.П. Основы вычислительной математики : учебное пособие / Б.П. Демидович, И.А. Марон .— 6-е изд., стер .— СПб : Лань, 2007 .— 664 с.	87
3	Бояршинов М.Г. Численные методы: учебное пособие для студентов направления «Прикладная математика и информатика». Ч. 4. – Пермь: ПермГТУ, 2006. – 161с.	200
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Самарский А.А. Введение в численные методы : учебное пособие для вузов / А. А. Самарский ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова .— 3-е изд., стер .— Санкт-Петербург : Лань, 2005 .— 288 с.	50
2	Калиткин Н.Н. Численные методы : учебное пособие для вузов / Н. Н. Калиткин ; Под ред. А. А. Самарского .— 2-е изд .— Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011 .— 586 с	1
3	Бахвалов Н.С. Численные методы : учебное пособие / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков ; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова .— 6-е изд .— Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008 .— 636 с.	1
2.2 Периодические издания		
2.3 Нормативно-технические издания		
2.4 Официальные издания		

Основные данные об обеспеченности на 12 апреля 2013 г.

(дата составления рабочей программы)

Основная литература



обеспечена



не обеспечена

Дополнительная литература



обеспечена



не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

Данные об обеспеченности на



Н.В. Тюрикова

(дата составления рабочей программы)

Карта книго-
обеспеченности
библиотеки

Основная литература

☒ обеспечена

☐ не обеспечена

Дополнительная литература

☒ обеспечена

☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

8.3. Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.3 – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-, видео-пособия				Наименование учебного пособия
теле- фильм	кино- фильм	слайды	аудио- пособи е	
1	2	3	4	5
		+		«Численные методы 2» Power Point – Презентации

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

9.1. Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Аудитории, оборудованные ноутбуком, видеопроектором	ММСИ	316, 318 к.В	51×2	40×2

9.2. Основное учебное оборудование

Учебное оборудование не используется.

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

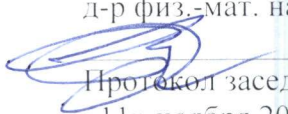


**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

**Факультет прикладной математики и механики
Кафедра Математическое моделирование систем и процессов**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой Математическое
моделирование систем и процессов
д-р физ.-мат. наук, проф.

 П.В. Трусов

Протокол заседания кафедры № 5
«11» ноября 2016 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Численные методы 2»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
(новая редакция)**

Программа академического бакалавриата

Направление 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Профиль программы бакалавриата Математическое моделирование

Квалификация выпускника: Бакалавр

Выпускающая кафедра: Математическое моделирование систем и процессов

Форма обучения: очная

Курс: 3. **Семестр(ы):** 5

Трудоёмкость:

- кредитов по рабочему учебному плану:	5 ЗЕ
- часов по рабочему учебному плану:	180 ч

Виды контроля:

Экзамен: 5

Курсовая работа: 5

Пермь 2016

Рабочая программа дисциплины «Численные методы 2» разработана на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «12» марта 2015 г. № 228 по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», утверждённых « 24 » июня 2013 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», программа бакалавриата «Математическое моделирование», утверждённой «28» апреля 2016 года.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин Численные методы 1, Исследование операций, Языки и методы программирования 1, Языки и методы программирования 2, Языки и методы программирования 3, Базы данных и экспертные системы, Системное и прикладное программное обеспечение, Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика, Уравнения математической физики, Основы математического моделирования физико-механических процессов, Теория определяющих соотношений, Прикладные пакеты программ в МЖГ, Численные методы газовой динамики, Теория турбулентности, Теория динамических систем, Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков в научно-исследовательской деятельности), Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности), Преддипломная практика, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик

канд. физ.-мат. наук.



Н.Д. Няшина

Рецензент

канд. физ.-мат. наук.



П.С. Волегов

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1	В связи с переходом на ФГОС ВО заменены листы с 1 по <u>17</u> (новая редакция)	Протокол № 5 заседания кафедры ММСП от 11 ноября 2016 г. Зав.каф. ММСП, д-р. ф.-м.н., проф.  П.В.Трусов
2		
3		
4		

1. Общие положения

1.1. Цель учебной дисциплины –

Привитие умения и навыков использования численных методов при исследовании математических моделей процессов и объектов.

В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

Способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения – ПК–7.

Владение методологией математического моделирования и вычислительной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач – ПСК – 2

1.2. 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.

1.3. Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- Сеточные, проекционные и вариационные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
- Сеточные методы решения уравнений математической физики. Подходы к исследованию устойчивости, аппроксимации и сходимости методов.

1.4. Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Численные методы 2 относится к *вариативной* части блока 1 «Дисциплины (модули)» и является *обязательной* дисциплиной при освоении ОПОП по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», профиль программы бакалавриата «Математическое моделирование», утвержденной.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Индекс	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
<i>Профессиональные компетенции</i>			
ПК – 7	Способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения.	Б.1.Б.17 Языки и методы программирования 1, Б.1.В.05 Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика, Б.1.В.08 Системное и прикладное программное обеспечение, Б.1.ДВ.09.1 Языки и методы программирования 2, Б.1.ДВ.09.2 Языки и методы программирования 3, Б.1.Б.19 Численные методы 1	Б.1.Б.18 Базы данных и экспертные системы, Б.1.ДВ.03.1 Исследование операций
<i>Профильно-специализированная компетенция</i>			
ПСК-2	Владение методологией математического моделирования и вычислительной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач	Б.1.Б.24 Уравнения математической физики Б2.В.02 Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков в научно-исследовательской деятельности)	Б.1.В.10 Теория определяющих соотношений Б.1.В.12 Основы математического моделирования физико-механических процессов Б.1.ДВ.07.1 Прикладные пакеты программ в МЖГ Б1.ДВ.07.2 Численные методы газовой динамики Б1.ДВ.10.1 Теория турбулентности Б1.ДВ.10.2 Теория динамических систем Б2.В.03 Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности), Б2.В.04 Преддипломная практика

2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ПК–7. ПСК – 2.

2.1. Дисциплинарная карта компетенции ПК - 7

Индекс ПК - 7	Формулировка компетенции: Способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения.
--------------------------	--

Индекс ПК – 7.Б.1.В.11	Формулировка дисциплинарной части компетенции: Владение методологией выбора, использования и разработки алгоритмов численных методов для реализации математических моделей физико-механических процессов
-----------------------------------	--

2.2. Требования к компонентному составу компетенции ПК - 7

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает: – основные методы решения дифференциальных уравнений; – методы оценки корректности полученных численных решений.	Лекция Мультимедиа-технологии Практические занятия Самостоятельная работа	Теоретические вопросы контрольной работы Теоретические вопросы экзамена
Умеет: – применять на практике известные численные методы для решения задач механики; .	Курсовая работа Практические занятия Самостоятельная работа	Теоретические вопросы и практические задания экзамена. Теоретические вопросы и практические задания контрольной работы
Владет: – профессиональными навыками создания и использования основных алгоритмов вычислительной математики.	Курсовая работа Самостоятельная работа	Защита курсовой работы Защита индивидуальных практических заданий

2.2. Дисциплинарная карта компетенции ПСК - 2

Индекс ПСК - 2	Формулировка компетенции: Владение методологией математического моделирования и вычислительной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач.
---------------------------	--

Индекс ПСК – 2.Б.1.В.11	Формулировка дисциплинарной части компетенции: Владение методами вычислительной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач
------------------------------------	--

2.2. Требования к компонентному составу компетенции ПК - 7

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает: – теоретические основы методов вычислительной математики для решения дифференциальных уравнений; – условия и особенности применимости методов.	Лекция Мультимедиа-технологии Практические занятия Самостоятельная работа	Теоретические вопросы контрольной работы Теоретические вопросы экзамена
Умеет: – разрабатывать алгоритмы известных численных методов для решения научно-исследовательских и прикладных задач.	Курсовая работа Практические занятия Самостоятельная работа	Теоретические вопросы и практические задания экзамена. Теоретические вопросы и практические задания контрольной работы
Владеет: – профессиональными навыками разработки и применения вычислительных алгоритмов для решения научно-исследовательских и прикладных задач.	Курсовая работа Самостоятельная работа	Защита индивидуальных практических заданий. Защита курсовой работы

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 5 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1. – Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость	
		по семестрам	всего
1	2	3	4
1	Аудиторная (контактная работа)	63	63
	-в том числе в интерактивной форме	57	57
	- лекции (Л)	16	16
	-в том числе в интерактивной форме	12	12
	- практические занятия (ПЗ)	45	45
	-в том числе в интерактивной форме	45	45
	- лабораторные работы (ЛР)		
	-в том числе в интерактивной форме		
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	81	81
	- подготовка к аудиторным занятиям	23	23
	- самостоятельное изучение теоретического материала	16	16
	- индивидуальные задания	24	24
	- курсовая работа	18	18
4	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся): экзамен	36	36
5	Трудоёмкость дисциплины, всего:		
	в часах (ч)	180	180
	в зачётных единицах (ЗЕ)	5	5

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учеб- ного мо- дуля	Номер раз- дела дисци- плин ы	Номер темы дисципли ины	Количество часов (очная форма обучения)						КСР	самост оатель ная работа	Трудоёмко сть, ч / ЗЕ
			аудиторная работа								
			всего	Л	ПЗ	ЛР	аттест ация				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1	Введение	1	1							
		1	8	2	6				ПАЗ- 4 СИТВ-2 ИЗ-6		
		2	8	2	6				ПАЗ- 4		
	2	3	8	2	6				ПАЗ- 5 СИТВ-5 ИЗ-3		
		4	8	2	6			1	ПАЗ- 2 ИЗ- 3		
	Всего по модулю:		33	9	24		КР1	1	34	68/1,9	
	2	3	5	9	2	7				ПАЗ- 4 СИТВ-7	
6			10	2	8				ПАЗ- 4 СИТВ-2 ИЗ-6		
4		7	8	2	6				ИЗ - 6		
		Заключе ние	1	1				1			
Всего по модулю:		28	7	21		КР2	1	29	58/1,6		
Экзамен:										36/1	
Курсовая работа:									18	18/0,5	
Итого:			61	16	45			2	81	180/5	

*ПАЗ – подготовка к аудиторным занятиям;

СИТВ – самостоятельное изучение теоретического материала;

ИЗ – индивидуальное задание.

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Введение. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Л – 1 ч.

Модуль 1. Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. ЛК – 9 час., ПЗ – 24 час., КСР – 1 час., СРС – 34 час. (Всего 68 часов)

Раздел 1. Методы решения задачи Коши. ЛК – 4 час., ПЗ – 12., СРС – 16 час.

Тема 1. Задача Коши. Теорема Пеано. Условия Липшица. Устойчивость решения задачи Коши. Метод Пикара, Эйлера, Рунге-Кутты, Адамса. Оценка погрешности методов.

Тема 2. Неявные схемы интегрирования. Оценка точности.

Раздел 2. Методы решения граничных задач. ЛК – 4 час., ПЗ – 12., КСР – 1 час., СРС – 18 час.

Тема 3. Граничные задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод пристрелки. Сеточный метод для решения граничных задач.

Тема 4. Приближенные методы решения граничных задач. Метод моментов и метод Галеркина. Метод наименьших квадратов. Условия разрешимости системы уравнений и сходимость метода.

Модуль 2. Сеточные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных. ЛК – 7 час., ПЗ – 21., КСР – 1 час., СРС – 29 час. (Всего 58 часа)

Раздел 3. Решение одномерных уравнений в частных производных. ЛК – 4 час, ПЗ – 15., СРС – 23 час.

Тема 5. Введение в теорию разностных схем. Аппроксимация, устойчивость и сходимость разностного решения. Оценка условий устойчивости с помощью принципа максимума и метода Неймана.

Тема 6. Исследование свойств разностных схем для уравнений параболического, гиперболического, эллиптического типов

Раздел 4. Экономичные разностные схемы для многомерных уравнений в частных производных. ЛК – 2 час., ПЗ – 6., КСР – 1 час., СРС – 6 час.

Тема 7. Продольно- поперечная схема: схема с расщеплением для решения двумерных уравнений параболического типа. Факторизованная схема для многомерного уравнения гиперболического типа.

Заключение ЛК – 1 час.

4.3. Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п/п	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1.	1.2	Проверка условий сходимости (устойчивости и погрешности) решения задачи Коши. Вывод разрешающих соотношений методов Эйлера, Рунге – Кутты, Адамса для конкретных дифференциальных уравнений. Неявные схемы интегрирования.
2.	3.4	Получение разрешающих соотношений сеточными методами, методами Галеркина и моментов для конкретной граничной задачи. Проверка условий сходимости методов Галеркина и моментов.
3.		
4.	4	Получение разрешающих соотношений методом наименьших квадратов для конкретной граничной задачи. Проверка условий сходимости метода наименьших квадратов.
5.	5.6	Построение разностных схем по шаблону для параболических уравнений. Проверка свойств разностных схем.
6.	5.6	Построение разностных схем по шаблону для гиперболических уравнений. Проверка свойств разностных схем.
7.	5.6	Построение разностных схем по шаблону для эллиптических уравнений. Проверка свойств разностных схем.
8.	7	Получение разрешающих соотношений продольно-поперечной схемы для многомерного параболического уравнения.
9.		
	7	Получение разрешающих соотношений схемы с расщеплением для многомерного параболического уравнения.
	7	Получение разрешающих соотношений факторизованной схемы для многомерного гиперболического уравнения.

4.4. Перечень тем лабораторных работ

Не предусмотрены.

4.5. Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.3 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы (раздела) дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1	Подготовка к аудиторным занятиям (ПАЗ)	4
	Самостоятельное изучение теоретических вопросов (СИТВ)	2
	Индивидуальные задания (ИЗ)	6
2	Подготовка к аудиторным занятиям	4
3	Подготовка к аудиторным занятиям	5
	Самостоятельное изучение теоретических вопросов	5
	Индивидуальные задания	3
4	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Индивидуальные задания	3
5	Подготовка к аудиторным занятиям	4
	Самостоятельное изучение теоретических вопросов	7
6	Подготовка к аудиторным занятиям	4
	Самостоятельное изучение теоретических вопросов	2
	Индивидуальные задания	6
7	Индивидуальные задания	6
	Итого: в час:	63
	в 3Е	1,75

4.5.1. Подготовка к аудиторным занятиям

1. При подготовке к лекциям и практическим занятиям студенты изучают материал по предшествующей теме занятий: усвоение материала проверяется периодически на лекциях и практических занятиях проведением опроса – текущих контрольных работ (продолжительность 5-10 мин., периодичность – не реже одного раза в две недели).

2. Доказательство части утверждений, сформулированных на предшествующих лекциях, доказательство которых рекомендовано провести самостоятельно

3. Решение задач в рамках подготовки к практическим занятиям.

4. Подготовка к рубежным контрольным работам по модулям.

4.5.2. Перечень тем (вопросов) для самостоятельного изучения студентами

Тема 1. Общий подход к построению семейства методов Рунге – Кутты различной точности.

Тема 3. Главный член погрешности и простейшие способы его практической оценки. Правило Рунге;

Тема 5. Свойства разностных схем (монотонность, диффузия, дисперсия, эффект счетной вязкости);

Темы 6. Дифференциальные уравнения с переменными коэффициентами. Нелинейность.

4.5.3. Индивидуальные задания

Требования к индивидуальным заданиям

Индивидуальные задания выполняются в форме расчетной работы по соответствующей теме, с постановками задач, выданными преподавателем. При выполнении индивидуального задания необходимо реализовать указанный численный метод для данной задачи, построить графики решений, сходимости; выяснить условия корректной применимости метода. Список тем индивидуальных заданий:

1. Методы решения задачи Коши.
2. Методы решения граничных задач для ОДУ.
3. Сеточные методы решения ДУЧП.
4. Экономичные разностные схемы для многомерных ДУЧП.

4.5.4. 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. Напряжения в кристаллизующемся твердом теле, вызванные температурными и концентрационными градиентами.
2. Численное моделирование процессов затвердевания в задачах диффузии/конвекции.
3. Обобщенные методы Галеркина. Метод Петрова – Галеркина.
4. Задача обтекания кругового цилиндра ограниченным потоком невязкой жидкости.
5. Задача фильтрации в ограниченной области

5. 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. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.
5. 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.

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя, которые нацелены на активизацию процессов усвоения материала, стимулирования ассоциативного мышления студентов и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области; формируются группы (команды); каждое практическое занятие проводится по своему алгоритму. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: отработка командных навыков взаимодействия; закрепление основ теоретических знаний с позиций системного представления.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих традиционных видов образовательных технологий и форм организации учебного процесса:

- лекция,
- практическое занятие
- самостоятельная работа,
- консультация,

также внедрены новые современные технологии и формы организаций учебного процесса:

- использование мультимедийных технологий при проведении лекционных занятий (все лекции);
- стимулирование использования полученных знаний в *НИРС* (лекции).

6. Фонд оценочных средств дисциплины

6.1. Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущая аттестация студентов производится лектором и преподавателем (ями), ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- опрос, текущая контрольная работа для анализа усвоения материала предыдущей лекции («летучка», продолжительность 10-15 мин.).
- оценка работы студента на лекционных и практических занятиях в рамках рейтинговой системы.

6.2. Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежная аттестация студентов производится по окончании модуля дисциплины в форме контрольной работы.

6.3. Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Зачёт*

Не предусмотрен.

2) Экзамен**

Экзамен по дисциплине проводится устно по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание. экзаменационные вопросы и задания входят в состав фонда оценочных средств дисциплины.

Экзаменационная оценка выставляется по рейтингу за работу студента в течение семестра, выполнение контрольных мероприятий и собственно экзамен. При этом на работу в семестре отводится 60% баллов, на итоговые контрольные – 20% баллов, на экзамен – 20% баллов.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4 .Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.4. - Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	*ТТ	РТ	РКР	КР	ИЗ	Экзаме н
3.1: – основные методы решения дифференциальных уравнений; – методы оценки корректности полученных численных решений 3.2. : – теоретические основы методов вычислительной математики для решения дифференциальных уравнений; – условия и особенности применимости методов	+		+	+		+
У.1: применять на практике известные численные методы для решения задач механики; У.2: – разрабатывать алгоритмы известных численных методов для решения научно-исследовательских и прикладных задач.			+	+	+	+
В.1: профессиональными навыками создания и использования основных алгоритмов вычислительной математики. В.2.: – профессиональными навыками разработки и применения вычислительных алгоритмов для решения научно-исследовательских и прикладных задач				+	+	+

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

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

РКР – рубежная контрольная работа по модулю (оценка умений);

КР – курсовые работы (оценка умений и владений);

ИЗ – выполнение индивидуального задания с защитой работы (оценка владения).

[illegible]

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.В.11
Численные методы - 2

(индекс и полное название дисциплины)

БЛОК 1. Дисциплины (модули)

(цикл дисциплины/блок)

x

базовая часть цикла

вариативная часть цикла

x

обязательная

по выбору студента

01.03.02

(код направления подготовки /
специальности)

Прикладная математика и информатика/ Математическое моделирование

(полное название направления подготовки / специальности)

ПМИ/ММ

(аббревиатура направления /
специальности)

Уровень
подготовки:

	специалист
x	бакалавр
	магистр

Форма
обучения:

x	очная
	заочная
	очно-заочная

2016

(год утверждения
учебного плана ОПОП)

Семестр: 5

Количество групп: 1

Количество студентов: 25

Няшина Наталья Дмитриевна
(фамилия, имя, отчество преподавателя)

доцент
(должность)

Факультет прикладной математики и механики
(факультет)

Математическое моделирование систем и процессов
(кафедра)

(342) 2391297
(контактная информация)

СПИСОК ИЗДАНИЙ*

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1 Основная литература		
1	Вержбицкий В.М. Основы численных методов : учебник для вузов / В. М. Вержбицкий .— 3-е изд., стер .— Москва : Высш. шк., 2009 .— 840 с.	15
2	Демидович Б.П. Основы вычислительной математики : учебное пособие / Б.П. Демидович, И.А. Марон .— 6-е изд., стер .— СПб : Лань, 2007 .— 664 с.	85
3	Бояршинов М.Г. Численные методы: учебное пособие для студентов направления «Прикладная математика и информатика». Ч. 4. – Пермь: ПермГТУ, 2006. – 161с.	198+ЭБ
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Самарский А.А. Введение в численные методы : учебное пособие для вузов / А. А. Самарский ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова .— 3-е изд., стер .— Санкт-Петербург : Лань, 2005 .— 288 с.	50
2	Калиткин Н.Н. Численные методы : учебное пособие для вузов / Н. Н. Калиткин ; Под ред. А. А. Самарского .— 2-е изд .— Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011 .— 586 с	1
3	Бахвалов Н.С. Численные методы : учебное пособие / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков ; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова .— 6-е изд .— Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008 .— 636 с.	1
2.2 Периодические издания		
1	Вестник ПНИПУ. Механика : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет : Под ред. А. А. Ташинов. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, с 2012 г http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/	
2	Вычислительная механика сплошных сред : журнал / Российская академия наук, Уральское отделение: Институт механики сплошных сред. - Пермь: ИМСС УрО РАН, с 2008 http://elib.pstu.ru/vufind/	
2.3 Нормативно-технические издания		
	Не требуются	
2.4 Официальные издания		
	Не требуются	
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014- . – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с	

	экрана.	
2	Лань [Электронный ресурс : электрон.-библ. система : полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманитар., естеств. и техн. наукам] / Изд-во «Лань». – Санкт-Петербург : Лань, 2010- . – Режим доступа: http://e.lanbook.com/ . – Загл. с экрана.	

Основные данные об обеспеченности на 09 ноября 2016 г.

(дата составления рабочей программы)

Основная литература

☒ обеспечена

☐ не обеспечена

Дополнительная литература

☒ обеспечена

☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки



Н.В. Тюрикова

Данные об обеспеченности на

(дата составления рабочей программы)

Основная литература

☐ обеспечена

☐ не обеспечена

Дополнительная литература

☐ обеспечена

☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер*	Назначение
1	Практическое	Office Professional 2013	62445253	Пакет прикладных программы для работы с различными документами
2	Практическое	Delphi 2007 for Win32 Enterprise	PO-398ESD	Среда разработки на языке Delphi
3	Практическое	C++ Builder 2007 Enterprise	PO-398ESD	Среда разработки на языке C++
4	Практическое	Mathematica Professional Version Class A Educational	сет *L3263-7820*	Программное средство для выполнения математических и технических расчетов
5	Практическое	Windows 10	66232645	Операционная система
6	Практическое	Windows Server 2012 R2	61229141	Операционная система

Таблица 8.4 – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-, видео-пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособи е	
1	2	3	4	5
		+		Курс лекций «Численные методы I» Power Point – Презентации

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

9.1. Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Аудитории, оборудованные ноутбуком, видеопроектором	ММСП	316, 318 к.В	51×2	40×2

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	18	Оперативное управление	317

Лист регистрации изменений

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