

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева»
АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ Глебов В.В.

« 22 » июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФТД.В.01 Вычислительная математика

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки 01.03.04 Прикладная математика

(код и направление подготовки)

Направленность Математическое и программное обеспечение систем обработки информации

(наименование профиля, программы магистратуры)

и управления

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки 2019

Объем дисциплины 72/2

(часов/з.е)

Промежуточная аттестация зачет

(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Выпускающая кафедра Прикладная математика

(наименование кафедры)

Кафедра-разработчик Прикладная математика

(наименование кафедры)

Разработчик(и): Эварт Т.Е., к.ф.-м.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

г. Арзамас
2021 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика, утвержденного приказом Минобрнауки России от 10 января 2018 № 11 на основании учебного плана, принятого Ученым советом АПИ НГТУ, протокол от 09.06.2021 г. № 4

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика, протокол от 22.06.2022 № 5/1

Заведующий кафедрой _____ Пакшин П.В.
(подпись) (ФИО)

Рабочая программа рекомендована к утверждению УМК АПИ НГТУ,
протокол от 22.06.2021 г. № 15

Зам. директора по УР _____ Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в учебном отделе № 01.03.04 - 59

Начальник УО _____ Мельникова О.Ю.
(подпись)

Заведующая отделом библиотеки _____ Старостина О.Н.
(подпись)

Оглавление

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	4
1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	5
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	6
4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам	6
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам.....	6
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	8
5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания	8
5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины	11
5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости	11
5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине	13
5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине	15
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	17
6.1 Основная литература	17
6.2 Дополнительная литература	17
6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям	17
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	17
7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы	17
7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины.....	18
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	18
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....	18
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	19
10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии.....	19
10.2 Методические указания для занятий лекционного типа	19
10.3 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа	20
10.4 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся	20
10.5 Методические указания по обеспечению образовательного процесса	20

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины «Вычислительная математика» является подготовка студентов к выполнению профессиональных задач в рамках трудовой деятельности по профессиональному стандарту 40.011 «Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок» в рамках обобщенной трудовой функции «Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы» и формирование у студентов твердых теоретических знаний вычислительных методов и практических навыков в работе с интегрированными пакетами прикладных программ автоматизации инженерно-технических расчетов, применяемых для решения инженерно-технических задач.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)

- приобретение навыков построения математических моделей практических задач и навыков выбора адекватного математического аппарата их исследования;
- выработка умения составлять вычислительные схемы решения практических задач на основе процесса моделирования, используя при этом выбранные математические методы исследования и вычислительные средства;
- развитие умения анализа и практической интерпретации полученных математических результатов исследования реальной задачи;
- развитие логического и алгоритмического мышления студентов-бакалавров, необходимых при составлении и оценке математической модели предметной области и выборе метода ее исследования;
- приобретение практических навыков использования математических методов при решении прикладных задач, анализе и моделировании реальных процессов физики, техники, экологии, и др.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Вычислительная математика» относится к факультативным дисциплинам ОП ВО.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Программирование для ЭВМ», «Уравнения математической физики».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин «Специальные численные методы», «Технология программирования», «Стохастические дифференциальные системы», а также производственной и преддипломной практик.

Рабочая программа дисциплины «Вычислительная математика» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины «Вычислительная математика» направлен на формирование элементов профессиональной компетенции ПКС-1 в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика».

Таблица 3.1 – Формирование компетенций дисциплинами

Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины							
	Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ПКС-1								
Ознакомительная практика		✓						
Вариационное исчисление					✓			
Матричные уравнения и неравенства						✓		
Научно-исследовательская работа						✓		
Вычислительная математика						✓		
Основы функционального анализа						✓		
Теоретические основы инерциальной навигации							✓	
Стохастические дифференциальные системы								✓
Теория навигационных систем								✓
Преддипломная практика								✓
Выполнение и защита ВКР								✓

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Вычислительная математика», соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП, представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
ПКС-1 Способен формулировать задачу профессиональной деятельности, формализовав ее на основе знаний математического аппарата и естественнонаучных дисциплин	ИПКС-1.2. Формулирует задачи на основе знаний профильных разделов математических и естественнонаучных дисциплин.	Знать: - основные понятия о погрешности и приближенных вычислениях; - приближенное решение линейных и трансцендентных уравнений, систем нелинейных уравнений; решение систем алгебраических уравнений; - интерполирование функций; - численное дифференцирование; вычисление интегралов; - вычислительные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.	Уметь: – проводить разработку и анализ погрешности численного результата; – составлять алгоритмы с учетом специфики машинных вычислений и программировать на языке системы инженерных и научных расчетов Matlab и в Visual C++.	Владеть: – навыками создания программного обеспечения, обеспечивающего проведения процесса моделирования; – навыками решения формализованных физико-математических задач.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зач. ед. или 72 часа, распределение часов по видам работ по семестрам представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		6 семестр
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	72	72
1. Контактная работа:	36	36
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	32	32
занятия лекционного типа (Л)	16	16
занятия семинарского типа (ПЗ – семинары, практические занятия и др.)	16	16
лабораторные работы (ЛР)		
1.2. Внеаудиторная, в том числе	4	4
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
2. Самостоятельная работа (СРС)	36	36
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	24	24
Подготовка к экзамену (контроль)*		
Подготовка к зачету / зачету с оценкой (контроль)	12	12

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов	
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия		
6 семестр						
ПКС-1 ИПКС-1.2	Раздел 1. ТЕОРИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ					
	Тема 1.1 Типы погрешностей. Погрешности элементарных функций	2			1	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]
	Практическая работа №1. Теория погрешностей			2	2	Подготовка к практическим занятиям [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3], [6.3.1]
	Итого по 1 разделу	2		2	3	

Раздел 2. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ (АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ИЛИ ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ) УРАВНЕНИЙ					
Тема 2.1 Отделение корней Тема 2.2 Методы уточнения корней: метод половинного деления Тема 2.3 Методы уточнения корней: метод Ньютона Тема 2.4 Методы уточнения корней: метод простой итерации	4			2	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]
Практическая работа №2. Вычислительные методы решения нелинейных (алгебраических или трансцендентных) уравнений			4	2	Подготовка к практическим занятиям [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3], [6.3.1]
Итого по 2 разделу	4		4	4	
Раздел 3. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ					
Тема 3.1 Прямые методы решения СЛАУ Тема 3.2 Итерационные методы решения СЛАУ	3			3	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]
Практическая работа №3. Вычислительные методы решения систем линейных алгебраических уравнений			4	3	Подготовка к практическим занятиям [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3], [6.3.1]
Итого по 3 разделу	3		4	6	
Раздел 4. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ					
Тема 4.1 Одношаговые методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений Тема 4.2 Метод Эйлера Тема 4.3 Модифицированный (усовершенствованный) метод Эйлера Тема 4.4 Метод Рунге-Кутты третьего порядка точности Тема 4.5 Метод Рунге-Кутты четвертого порядка точности	5			5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]
Практическая работа №4. Вычислительные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений			4	5	Подготовка к практическим занятиям [6.3.3], [6.3.4]
Итого по 4 разделу	5		4	10	
Раздел 5. ЧИСЛЕННОЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ					
Тема 5.1 Численное дифференцирование функций Тема 5.2 Конечные разности	2			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]
Практическая работа №5. Численное дифференцирование функций			2	0,5	Подготовка к практическим занятиям [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3], [6.3.1]
Итого по 5 разделу	2		2	1	
Итого за 6 семестр	16		16	24	
Итого по дисциплине	16		16	24	

Используемые активные и интерактивные технологии приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Используемые активные и интерактивные образовательные технологии

Вид занятий	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
Лекции	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии
Практические занятия	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии Тестовые технологии Технологии работы в малых группах Технология коллективной работы Информационно-коммуникационные технологии

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Критерии оценивания результатов обучения и процедуры оценивания компетенций, формируемых в рамках данной дисциплины, приводятся в табл. 5.4.

Оценочные процедуры в рамках текущего контроля проводятся преподавателем дисциплины. На лекциях оценивается активность участия в дискуссионных обсуждениях. Практические и лабораторные занятия проводятся в форме выполнения индивидуальных заданий. При выполнении индивидуального практического и лабораторного задания преподавателем оценивается качество выполненного задания, срок его выполнения, качество и срок оформления отчета, ответы на вопросы преподавателя.

Самостоятельная работа включает выполнение самостоятельных заданий в форме индивидуальных заданий.

Тестирование проводится с использованием СДО MOODLE. Контрольное тестирование по разделам дисциплины проводится в рамках самостоятельной работы.

Контрольный тест содержит 20 тестовых вопросов (оценивание 30% показателей, время на проведение тестирования 20 минут).

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.1 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания		Форма контроля
			0 баллов	1 баллов	
ПКС-1 Способен формулировать задачу профессиональной деятельности, формализовав ее на основе знаний математического аппарата и естественнонаучных дисциплин	ИПКС-1.2. Формулирует задачи на основе знаний профильных разделов математических и естественнонаучных дисциплин.	Знать: - основные понятия о погрешности и приближенных вычислениях; - приближенное решение линейных и трансцендентных уравнений, систем нелинейных уравнений; решение систем алгебраических уравнений; - интерполирование функций; - численное дифференцирование; вычисление интегралов; вычислительные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.	Теоретический материал не изучен или изучен частично.	Теоретический материал изучен.	Контроль участия в дискуссиях на лекциях
		Уметь: – проводить разработку и анализ погрешности численного результата; – составлять алгоритмы с учетом специфики машинных вычислений и программировать на языке системы инженерных и научных расчетов Matlab и в Visual C++.	Практические задания не выполнены или выполнены частично.	Практические задания выполнены полностью.	Контроль выполнения практических заданий (см. табл. 4.2)
		Владеть: – навыками создания программного обеспечения, обеспечивающего проведения процесса моделирования; – навыками решения формализованных физико-математических задач.	Практические задания выполнены некачественно и/или не в срок.	Практические задания выполнены качественно и в срок.	Контроль выполнения практических заданий (см. табл. 4.2)

Таблица 5.2 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (зачет)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания			Форма контроля
			0 баллов	1 балл	2 балла	
ПКС-1 Способен формулировать задачу профессиональной деятельности, формализовав ее на основе знаний математического аппарата и естественнонаучных дисциплин	ИПКС-1.2. Формулирует задачи на основе знаний профильных разделов математических и естественнонаучных дисциплин.	Знать: - основные понятия о погрешности и приближенных вычислениях; - приближенное решение линейных и трансцендентных уравнений, систем нелинейных уравнений; решение систем алгебраических уравнений; - интерполирование функций; - численное дифференцирование; вычисление интегралов; вычислительные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.	Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответ на теоретический вопрос билета
			Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответы на дополнительные вопросы
		Уметь: – проводить разработку и анализ погрешности численного результата; – составлять алгоритмы с учетом специфики машинных вычислений и программировать на языке системы инженерных и научных расчетов Matlab и в Visual C++. Владеть: – навыками создания программного обеспечения, обеспечивающего проведения процесса моделирования; – навыками решения формализованных физико-математических задач.	Задание не решено	Задание решено с ошибками	Задание решено верно	Решение задач билета

Таблица 5.3 – Соответствие набранных баллов и оценки за промежуточную аттестацию

Баллы за текущую успеваемость*	Баллы за промежуточную аттестацию		Оценка
	Суммарное количество баллов**	Баллы за решение задач**	
0	0-1	0-1	«не зачтено»
1	1-2	1-2	«зачтено»

*) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.1.

**) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.

5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины

5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

Типовые задания к практическим (семинарским) занятиям:

Практическая работа № 1: ТЕОРИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ.

Вычислить период колебания маятника и найти абсолютную и относительную погрешности при $\pi \approx 3,14, 1 \approx 120,0$ см, $g \approx 981,32$ см/сек². Результат округлить по правилам округления погрешностей и приближенных чисел. Задачу решить в пакете Excel.

Практическая работа № 2: ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ (АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ИЛИ ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ) УРАВНЕНИЙ

Дано нелинейное уравнение $2x^3 + 9x^2 - 4 = 0$. Отделить его корни на отрезке от -2 до 2 с шагом 0,1. Провести уточнение корней уравнения методом половинного деления с точностью $\varepsilon = 10^{-4}$. Отделение корней провести в пакете Excel. Задачу решить в C++.

Для решения задачи написать функции:

- функцию, представляющую собой правую часть уравнения.
- функцию метода половинного деления.

В главной функции обратиться к функции метода половинного деления, вывести на экран значения корня, число итераций, значения погрешностей метода.

Практическая работа № 3: ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

Начертить блок-схемы и написать программу для решения системы линейных уравнений методом Зейделя

$$\begin{cases} 20,9x_1 + 2,1x_3 + 0,9x_4 = 21,70 \\ 1,2x_1 + 21,2x_2 + 1,5x_3 + 2,5x_4 = 27,46 \\ 2,1x_1 + 1,5x_2 + 19,8x_3 + 1,3x_4 = 28,76 \\ 0,9x_1 + 2,5x_2 + 1,3x_3 + 32,1x_4 = 49,72 \end{cases}$$

Для решения задачи написать функции:

- для ввода матрицы и вывода матрицы
- для ввода вектора и вывода вектора
- для приведения системы к нормальному виду, для проверки условия сходимости, для вычисления нормы матрицы, для решения системы методом итераций Зейделя, для вычисления погрешности метода

В главной функции обратиться к этим функциям. Вывести на экран нормальную систему, норму матрицы, значения вектора приближений на каждой итерации, погрешность метода.

Комплект типовых заданий для расчетно-графической работы

Раздел 1. ТЕОРИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Задание 1.

Вариант задания выбирается в соответствии с порядковым номером студента в списке группы.

1. Число $X = 0,068147$, все цифры которого верны в узком смысле, округлить до трех значащих цифр. Для полученного числа $X_1 \approx X$ найти абсолютную и относительную погрешности. В записи числа X_1 указать количество верных цифр (в узком и широком смысле).
2. Вычислить значение величины $Z = \frac{(b-c)^2}{2a+b}$ при заданных значениях параметров $a=1,105$, $b=6,453$, $c=3,54$. Задачу решить в Excel.
3. Округлить результат: $28,016 \pm 0,17$.
4. Вычислить объем шара и его погрешности, если его радиус $R = (15,73 \pm 0,02)$ мм. Задачу решить в Excel.

Раздел 2. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ (АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ИЛИ ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ) УРАВНЕНИЙ

Задание 1.

1. Отделить корни заданного уравнения, пользуясь табличным и графическим методами.
2. По методу половинного деления, методу Ньютона и методу простой итерации вычислить корни заданного уравнения с точностью 10^{-3} . Вычислить погрешности методов и построить графики. Задачу решить в Excel и Matlab.

номер варианта	уравнение	пояснения
1	$2^{-x} = \sin x$	при $x < 10$

Раздел 3. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

Задание 1.

Решить систему линейных уравнений вида $AX=B$ по заданным матрице A и вектору B . Требуется решить систему двумя заданными методами. Задачу решить в C++. Исходные данные должны считываться из файла.

Для метода Гаусса вывести на экран матрицу треугольного вида, корни, вычислить погрешность. Для итерационных методов вывести на экран последовательные приближения вектора X , число итераций, погрешность.

Методы решения:

1. Метод Гаусса с точностью 0,001.
2. Итерационный метод с проверкой условия сходимости:
 - а) для четных вариантов – метод простых итераций с точностью 0,001;
 - б) для нечетных вариантов – метод Зейделя с точностью 0,001.

Коэффициенты матрицы и вектора

номер варианта	матрица системы				правая часть
1	0.4000	0.0003	0.0008	0.0014	0.1220
	-0.0029	-0.5000	-0.0018	-0.0012	-0.2532
	-0.0055	-0.0050	-1.4000	-0.0039	-0.9876
	-0.0082	-0.0076	-0.0070	-2.3000	-2.0812

Типовые тестовые задания

Раздел 1. ТЕОРИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Абсолютная погрешность при округлении числа π до трёх значащих цифр равна

Выберите один ответ:

- ☐ 0,005
- ☐ 0,5
- ☐ 0,2
- ☒ 0,0005

Раздел 2. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ (АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ИЛИ ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ) УРАВНЕНИЙ

В чем заключается задача отделения корней?

Выберите один ответ:

- ☒ в установлении количества корней, а также наиболее тесных промежутков, каждый из которых содержит только один корень
- ☐ в установлении корня решения уравнения
- ☐ в установлении количества корней
- ☐ в назначении количества корней

Раздел 3. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

Выбор начального приближения на сходимость или расходимость метода Зейделя при решении систем линейных уравнений

Выберите один ответ:

- ☒ не влияет
- ☐ влияет, если матрица не симметричная
- ☐ влияет, если матрица не является верхней треугольной
- ☐ влияет всегда

5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ПКС-1Способен формулировать задачу профессиональной деятельности, формализовав ее на основе знаний математического аппарата и естественнонаучных дисциплин, ИПКС-2.1 Изучает современные методы исследования различных систем и процессов):

1. Источники погрешностей.
2. Относительная и абсолютная погрешности приближенного числа.
3. Значащие и верные цифры приближенного числа.
4. Связь абсолютной и относительной погрешности числа с количеством верных цифр этого числа.
5. Округление числа до n значащих цифр.
6. Погрешности арифметических действий (суммы, разности).
7. Погрешности арифметических действий (произведения, частного)
8. Погрешности арифметических действий (произведения, частного, корня).
9. Погрешности элементарных функций (функции одной переменной, функции нескольких переменных).
10. Графический метод отделения корней уравнения.

11. Аналитический метод отделения корней уравнения.
12. Решение нелинейных уравнений методом половинного деления. Формула погрешности метода
13. Графическое представление метода половинного деления.
14. Решение нелинейных уравнений методом простой итерации. Формула погрешности метода
15. Графическое представление метода простой итерации.
16. Решение нелинейных уравнений методом касательных. Формула погрешности метода
17. Графическое представление метода касательных при решении нелинейных уравнений.
18. Сравнение метода касательных и метода половинного деления применительно к решению нелинейных уравнений.
22. Всегда ли позволяет метод половинного деления вычислить отделенный корень уравнения с заданной точностью?
23. Как выбираются концы отрезка следующего интервала в методе половинного деления?
24. Какими свойствами должна обладать функция $f(x)$, чтобы методом половинного деления можно было гарантированно решить уравнение: $f(x)=0$?
25. Что необходимо для нахождения хотя бы одного действительного корня уравнения: $f(x)=0$ методом простой итерации?
26. Можно ли найти корень методом половинного деления, если он находится на границе интервала?
27. Из чего следует исходить, когда выбирается в методе Ньютона первое приближение x_0 ?
28. Что необходимо для того, чтобы уравнение: $f(x) = 0$ решалось методом Ньютона?
29. В каких случаях применение метода Ньютона не рекомендуется?
30. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса. Метод итераций и метод Зейделя.
31. Формулы численного дифференцирования
32. Численные методы решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши для обыкновенного дифференциального уравнения. Приближенные аналитические методы решения ОДУ.
33. Общая характеристика методов Эйлера. Метод Эйлера первого и второго порядка.
34. Общая характеристика методов Рунге-Кутты. Метод Рунге-Кутты четвертого порядка
35. Функции в Matlab для решения обыкновенных дифференциальных уравнений

Примерный тест для итогового тестирования:

Раздел 1. ТЕОРИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ (ПКС-1 Способен формулировать задачу профессиональной деятельности, формализовав ее на основе знаний математического аппарата и естественнонаучных дисциплин, ИПКС-2.1 Изучает современные методы исследования различных систем и процессов):

1. Абсолютная погрешность при округлении числа π до трёх значащих цифр равна

Выберите один ответ:

- ☐ 0,005
- ☐ 0,5
- ☐ 0,2
- ☒ 0,0005

2. В чем выражается обычно относительная погрешность?

Выберите один ответ:

- ☐ В процентах на единицу (%/ед.)
- ☐ В штуках (шт)

- ☒ В процентах (%)
- ☐ В х (х)

Раздел 2. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ (АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ИЛИ ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ) УРАВНЕНИЙ (ПКС-1 Способен формулировать задачу профессиональной деятельности, формализовав ее на основе знаний математического аппарата и естественнонаучных дисциплин, ИПКС-2.1 Изучает современные методы исследования различных систем и процессов):

1. В чем заключается задача отделения корней?

Выберите один ответ:

- ☒ в установлении количества корней, а также наиболее тесных промежутков, каждый из которых содержит только один корень
- ☐ в установлении корня решения уравнения
- ☐ в установлении количества корней
- ☐ в назначении количества корней

2. Для функции $y = x^2 - 1$ выберите правильное значение первого приближения к корню по методу касательных на интервале $[0, 2]$

Выберите один ответ:

- ☐ 1,0
- ☒ 0,25
- ☐ 1,5
- ☐ 0,75

5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине

Процедура оценивания формируемых в рамках дисциплины компетенций (элементов компетенций) состоит из следующих этапов:

1. Текущий контроль (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1, задания в п. 5.2.1).
2. Промежуточная аттестация (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2, задания в п. 5.2.2).

Для всего перечня формируемых компетенций (элементов компетенций) дисциплины приводится процедура оценки результатов обучения (табл. 5.4).

Таблицы 5.4 – Процедура, критерии и методы оценивания результатов обучения

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов				Методы оценивания
	1 критерий – отсутствие усвоения «неудовлетворительно»	2 критерий – не полное усвоение «удовлетворительно»	3 критерий – хорошее усвоение «хорошо»	4 критерий – отличное усвоение «отлично»	
ПКС-1 ИПКС-1.2					
Знать: - основные понятия о погрешности и приближенных вычислениях; - приближенное решение линейных и трансцендентных уравнений, систем нелинейных уравнений; решение систем алгебраических уравнений; - интерполирование функций; - численное дифференцирование; вычисление интегралов; вычислительные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Промежуточная аттестация
Уметь: – проводить разработку и анализ погрешности численного результата; – составлять алгоритмы с учетом специфики машинных вычислений и программировать на языке системы инженерных и научных расчетов Matlab и в Visual C++	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение ПЗ
Владеть навыками: – создания программного обеспечения, обеспечивающего проведения процесса моделирования; – решения формализованных физико-математических задач.	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение ПЗ

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Основная литература

6.1.1. Бахвалов Н.С., Жидков Н. П. Кобельков Г.М. Численные методы. М.: БИНОМ Лаборатория Знаний 2008, 636 с. 15шт. 2002, 632 с.

6.1.2. Вержбицкий В.М. Основы численных методов. М.: Высшая школа 2005,-840 с.

6.1.3. Мокрова, Н. В. Численные методы в инженерных расчетах: учебное пособие / Н. В. Мокрова, Л. Е. Суркова. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 91 с. — ISBN 978-5-4486-0238-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/71739.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/71739>

6.1.4. Воронцова, Н. В. Численные методы в программировании: учебное пособие для СПО / Н. В. Воронцова, Т. Н. Егорушкина, Д. И. Якушин. — Саратов : Профобразование, Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 125 с. — ISBN 978-5-4486-0761-5, 978-5-4488-0278-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/86341.html> — Режим доступа: для авторизир. Пользователей.

6.2 Дополнительная литература

6.2.1 Турчак Л.И. Основы численных методов. М.: Физматлит 2003, - 212 с.

6.2.2 Бахвалов Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях. М.: Высшая школа 2000, 190с.

6.2.3 Фомин Д.М., Т.Е. Жилина Моделирование в MATLAB/Simulink и SCILAB/Scicos (Гриф УМО в области Прикладной математики и управления качеством) Н. Новгород, 2011- 288 с.

6.2.4 Бояршинов, М. Г. Вычислительные методы алгебры и анализа : учебное пособие / М. Г. Бояршинов. — Саратов : Вузовское образование, 2020. — 225 с. — ISBN 978-5-4487-0687-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93065.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/93065>

6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

6.3.1 Фомин Д.М., Жилина Т.Е. Моделирование в MATLAB/Simulink и SCILAB/Scicos 2011- 288 с.

6.3.2 Эварт Т.Е., Троицкий А.В., Поздяев В.В. «Численные методы решения инженерных задач» Допущено УМО вузов по образованию – Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород. 2014 – 110 с.

6.3.3 Эварт Т.Е., Поздяев В.В. «Численные методы решения дифференциальных и матричных уравнений» Допущено УМО вузов по образованию – Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород. 2014 – 101 с.

6.3.4 Эварт Т. Е., Поздяев В.В. Методы вычислительной математики. Решение дифференциальных и матричных уравнений : учебное пособие / Т. Е. Эварт, В. В. Поздяев. — Саратов : Вузовское образование, 2020. — 94 с. — ISBN 978-5-4487-0674-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91119.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/91119>

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы

7.1.1 Электронно-библиотечная система издательства «IPRbooks». Режим доступа: www.iprbookshop.ru.

7.1.2 Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Режим доступа: <https://e.lanbook.com>

7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

7.2.1 Операционная система Windows XP и выше,

7.2.2 Microsoft Visual Studio 2013 и выше

7.2.3 MATLAB R2009b и выше

7.2.4 Microsoft Excel 2010 и выше

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 8.1 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 8.1 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
ЭБС «IPRbooks»	Специальное мобильное приложение IPR BOOKS WV-Reader
ЭБС «Лань»	Синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине (модулю), оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 9.1 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду АПИ НГТУ.

Таблица 9.1 – Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине (модулю)

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы
319 - Учебная лаборатория математического моделирования г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	1 Колонки* Sven SPS-611S 2.0; 1 Компьютер в сборе; 1 Проектор с креплен, потолок, Beng MX505 DPL 3000Lm 13000:1; 1 Экран umien Master Picture 203*203 cv Matte White FiberGlass; 1 Рабочее место преподавателя; 20 Рабочих мест студентов; 1 Доска аудиторная маркерная
320 - Учебная мультимедийная аудитория г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	1. Доска магнитно-маркерная; 2. Мультимедийный проектор BENQ, Экран; 4. Компьютеры PC Intel® Core™ i3-10100/256SSD/8RAM - 14 шт;

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы
	5. Посадочных мест - 34
316 - Кабинет самоподготовки студентов г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	рабочих мест студента – 26 шт; ПК, с выходом на телевизор LG - 1 шт. ПК с подключением к интернету -5шт.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа проводится в аудиторной и внеаудиторной форме, а также в электронной информационно-образовательной среде института (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При преподавании дисциплины используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса, а также материалы для практических занятий находятся в свободном доступе в СДО MOODLE на странице курса по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=57> и могут быть проработаны студентами до чтения лекций в ходе самостоятельной работы. Это дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, дискуссионные технологии, технологии работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч со студентами, так и современных информационных технологий, таких как форум, чат, внутренняя электронная почта СДО MOODLE.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента.

Для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенции в процессе текущего контроля применяется система контроля и оценки успеваемости студентов, представленная в табл. 5.1. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с использованием системы контроля и оценки успеваемости студентов, представленной в табл. 5.2.

10.2 Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложных и важных положениях изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- развитие умений и навыков дискуссионного обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины, выработки собственной позиции по актуальным вопросам (проблемам);
- подведение итогов занятий (результаты тестирования, готовность отчетов по практическим занятиям, готовность домашних заданий, выполненных в ходе самостоятельной работы).

Приводятся конкретные методические указания для обучающихся по подготовке доклада, выполнению реферата или эссе, требования к их оформлению, порядок сдачи.

10.4 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

В процессе самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение основной учебной и справочно-библиографической литературы, представленной в разделе 6.

Для выполнения самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут использовать специализированные аудитории (см. табл. 9.1), оборудование которых обеспечивает доступ через «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде института и электронной библиотечной системе, где располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы.

10.5 Методические указания по обеспечению образовательного процесса

1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_auditorii.PDF.

2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_srs.PDF.

3. Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf.

4. Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf.

Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины
на 20 ____/20 ____ уч. г.

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

Глебов В.В.

« ____ » _____ 20 ____ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1)

2)

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры, протокол от _____ № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (ФИО)

Утверждено УМК АПИ НГТУ, протокол от _____ № _____

Зам. директора по УР _____
(подпись) Шурыгин А.Ю.

Согласовано:

Начальник УО _____
(подпись) Мельникова О.Ю.

(в случае, если изменения касаются литературы):

Заведующая отделом библиотеки _____
(подпись) Старостина О.Н.