

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.
«_« 29 »_ 01 _____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.10 Функциональный анализ

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки магистров

Направление подготовки 01.04.04 Прикладная математика

(код и направление подготовки)

Направленность Системы управления и обработки информации в инженерии

(наименование профиля, программы магистратуры)

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки 2025

Объем дисциплины 144/4

(часов/з.е)

Промежуточная аттестация экзамен

(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Выпускающая кафедра Прикладная математика

(наименование кафедры)

Кафедра-разработчик Прикладная математика

(наименование кафедры)

Разработчик(и): Маслов И.Н., к. ф. – м. н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

г. Арзамас
2025 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.04.04 Прикладная математика, утвержденного приказом Минобрнауки России от 10 января 2018 № 15, на основании учебного плана, принятого Ученым советом АПИ НГТУ, протокол от 29.01.2025 г. № 1

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры, протокол от 25.12.2024 № 9

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

Рабочая программа рекомендована к утверждению УМК АПИ НГТУ,
протокол от 29.01.2025 г. № 1

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

Рабочая программа зарегистрирована в учебном отделе № 01.04.04-10

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).....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	5
4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам.....	5
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.....	12
5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине.....	13
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15
6.1 Основная литература.....	15
6.2 Дополнительная литература.....	15
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15
7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы.....	15
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ.....	15
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....	15
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	16
10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии.....	16
10.2 Методические указания для занятий лекционного типа.....	17
10.3 Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах.....	17
10.4 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа.....	17
10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся.....	17
10.6 Методические указания по обеспечению образовательного процесса.....	18

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является подготовка студентов к выполнению профессиональных задач в рамках трудовой деятельности по профессиональным стандартам 40.011 «Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок» и 06.001 «Программист» в рамках обобщенных трудовых функций «Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем», «Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний», «Разработка требований и проектирование программного обеспечения» и изучение теоретических и практических методов функционального анализа.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)

Применение методов и средств функционального анализа при решении инженерных задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Функциональный анализ» относится к обязательной части ОП ВО.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия» программы бакалавриата в объеме курса по специальности 01.03.04 «Прикладная математика».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин «Анализ временных рядов», «Научно-исследовательская работа» и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Функциональный анализ» 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 «Функциональный анализ» направлен на формирование элементов общепрофессиональной компетенции ОПК-2 и профессиональной компетенции ПКС-1 в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки 01.04.04 «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 магистра			
	1	2	3	4
ОПК-2				
Теория управления	✓			
Логика и архитектура вычислительных сред	✓			
Функциональный анализ		✓		
Преддипломная практика				✓
Выполнение и защита ВКР				✓
ПКС-1				
Асимптотический анализ	✓			
Моделирование в среде LabView		✓		
Функциональный анализ		✓		
Оптимальное управление динамическими системами		✓		
Нечеткие модели			✓	
Анализ временных рядов			✓	

Научно-производственная практика				✓
Выполнение и защита ВКР				✓

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Функциональный анализ» 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		
ОПК-2 Способен разрабатывать и развивать математические методы моделирования объектов, процессов и систем в области профессиональной деятельности	ИОПК-2.1. Изучает виды моделей процессов и систем, современные математические приемы, методы и способы формализации объектов, процессов, явлений и способы их реализации.	Знать: основные виды моделей процессов и систем, современные математические приемы, методы и способы формализации объектов, процессов, явлений и способы их реализации	Уметь: применять современные математические приемы, методы и способы формализации объектов, процессов, явлений	Владеть: методами рассмотрения моделей процессов и систем, современными математическими приемами, методами и способами формализации объектов, процессов, явлений и способами их реализации
ПКС-1 Способен проводить системный анализ процессов в условиях неопределенности и риска	ИПКС-1.1. Изучает основные принципы, методы и средства управления процессами и системами в условиях неопределенности и риска.	Знать: основные принципы, методы и средства управления процессами и системами в условиях неопределенности и риска.	Уметь: проводить системный анализ процессов в условиях неопределенности и риска	Владеть: способностью проводить системный анализ процессов в условиях неопределенности и риска

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. ед. или 144 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 2 семестр
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	144	144
1. Контактная работа:	58	58
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	52	52
занятия лекционного типа (Л)	8	8
занятия семинарского типа (ПЗ – семинары, практические занятия и др.)	20	20
лабораторные работы (ЛР)	24	24
1.2. Внеаудиторная, в том числе	6	6
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2	2

Вид учебной работы	Трудоемкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		2 семестр
2. Самостоятельная работа (СРС)	86	86
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.)	50	50
Подготовка к экзамену (контроль)*	36	36
Подготовка к зачету / зачету с оценкой (контроль)		

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		
1	2	3	4	5	6	7
2 семестр						
2ОПК-2 ИОПК-2.1 ПКС-1 ИПКС-1.12	Раздел 1. Интегральные уравнения Вольтерра и Фредгольма					
	Тема 1.1. Интегральные уравнения Вольтерра.	1			1	Подготовка к лекциям [6.1.1]
	Тема 1.2. Резольвента интегрального уравнения Вольтерра.	1			2	
	Тема 1.3. Решение уравнений Вольтерра 2-го рода с вырожденным ядром. Интегральные уравнения Вольтерра типа свёртки.	1			2	
	Тема 1.4. Построение функции Грина для обыкновенных дифференциальных уравнений	1			2	
	Тема 1.5. Интегральные уравнения Фредгольма.	1			1	
	Тема 1.6. Построение резольвенты уравнения Фредгольма 2-го рода при помощи повторных ядер.	1			1	
	Тема 1.7. Характеристические числа и собственные функции интегрального уравнения Фредгольма для интегральных уравнений с ядрами: вырожденными, симметричными, зависящими от разности аргументов.	1			2	
	Тема 1.8. Альтернатива Фредгольма.	1			1	
	Практическая работа № 1. Связь между линейными дифференциальными уравнениями и интегральными уравнениями Вольтерра.		2		2	Подготовка к практическим занятиям [6.2.1], [6.2.2]
	Практическая работа № 2. Резольвента интегрального уравнения Вольтерра.		2		3	
	Практическая работа № 3. Построение функции Грина для обыкновенных дифференциальных уравнений.		4		3	
	Практическая работа № 4. Решение уравнений Вольтерра 2-го рода с вырожденным ядром. Построение решения уравнения Вольтерра второго рода методом последовательных приближений. Интегральные уравнения Вольтерра типа свёртки.		2		3	
	Практическая работа № 5. Построение резольвенты уравнения Фредгольма 2-го рода при помощи повторных ядер. Метод определителей Фредгольма.		2		3	

1	2	3	4	5	6	7
	Практическая работа № 6. Интегральные уравнения Фредгольма с вырожденным ядром.		2		2	
	Практическая работа № 7. Характеристические числа и собственные функции интегрального уравнения Фредгольма для однородных интегральных уравнений Фредгольма с симметричными ядрами. Неоднородные уравнения Фредгольма с симметричными ядрами.		4		3	
	Практическая работа № 8. Характеристические числа и собственные функции интегрального уравнения Фредгольма для интегральных уравнений Фредгольма с ядрами: симметричными, зависящими от разности аргументов.		2		3	
	Лабораторная работа № 1. Решение интегрального уравнения Вольтерра с помощью резольвенты.			2	2	Подготовка к лабораторным занятиям [6.2.2]
	Лабораторная работа № 2. Применение функции Грина для решения краевых задач.			4	2	
	Лабораторная работа № 3. Эйлеровы интегралы. Интегральное уравнение Абеля и его обобщения.			2	2	
	Лабораторная работа № 4. Решение уравнений Вольтерра 2-го рода с вырожденным ядром. Построение решения уравнения Вольтерра второго рода методом последовательных приближений. Интегральные уравнения Вольтерра типа свёртки.			2	2	
	Лабораторная работа № 5. Построение резольвенты уравнения Фредгольма 2-го рода при помощи повторных ядер. Метод определителей Фредгольма.			4	2	
	Лабораторная работа № 6. Интегральные уравнения Фредгольма с вырожденным ядром.			2	2	
	Лабораторная работа № 7. Характеристические числа и собственные функции однородных интегральных уравнений Фредгольма с симметричными ядрами. Неоднородные уравнения Фредгольма с симметричными ядрами.			4	2	
	Лабораторная работа № 8. Характеристические числа и собственные функции интегрального уравнения Фредгольма для интегральных уравнений Фредгольма с ядрами: симметричными, зависящими от разности аргументов.			4	2	
Итого по дисциплине		8	20	24	50	

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, лабораторные работы	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.

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

Контрольный тест содержит 81 тестовых вопросов (оценивание 50% показателей, время на проведение тестирования 25 минут).

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

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

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	
ОПК-2 Способен разрабатывать и развивать математические методы моделирования объектов, процессов и систем в области профессиональной деятельности	ИОПК-2.1. Изучает виды моделей процессов и систем, современные математические приемы, методы и способы формализации объектов, процессов, явлений и способы их реализации.	Знать: основные виды моделей процессов и систем, современные математические приемы, методы и способы формализации объектов, процессов, явлений и способы их реализации	Теоретический материал не изучен или изучен частично.	Теоретический материал изучен.	Контроль участия в дискуссиях на лекциях
		Уметь: применять современные математические приемы, методы и способы формализации объектов, процессов, явлений	Лабораторные и практические задания не выполнены или выполнены частично.	Лабораторные и практические задания выполнены полностью.	Контроль выполнения лабораторных и практических заданий (см. табл. 4.2)
		Владеть: методами рассмотрения моделей процессов и систем, современными математическими приемами, методами и способами формализации объектов, процессов, явлений и способами их реализации	Лабораторные и практические задания выполнены некачественно и/или не в срок.	Лабораторные и практические задания выполнены качественно и в срок.	Контроль выполнения лабораторных и практических заданий (см. табл. 4.2)
ПКС-1 Способен проводить системный анализ процессов в условиях неопределенности и риска	ИПКС-1.1. Изучает основные принципы, методы и средства управления процессами и системами в условиях неопределенности и риска.	Знать: основные принципы, методы и средства управления процессами и системами в условиях неопределенности и риска	Теоретический материал не изучен или изучен частично.	Теоретический материал изучен.	Контроль участия в дискуссиях на лекциях
		Уметь: проводить системный анализ процессов в условиях неопределенности и риска	Лабораторные и практические задания не выполнены или выполнены частично.	Лабораторные и практические задания выполнены полностью.	Контроль выполнения лабораторных и практических заданий (см. табл. 4.2)
		Владеть: способностью проводить системный анализ процессов в условиях неопределенности и риска	Лабораторные и практические задания выполнены некачественно и/или не в срок.	Лабораторные и практические задания выполнены качественно и в срок.	Контроль выполнения лабораторных и практических заданий (см. табл. 4.2)

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания			Форма контроля
			0 баллов	1 балл	2 балла	
ОПК-2 Способен разрабатывать и развивать математические методы моделирования объектов, процессов и систем в области профессиональной деятельности	ИОПК-2.1. Изучает виды моделей процессов и систем, современные математические приемы, методы и способы формализации объектов, процессов, явлений и способы их реализации.	Знать: основные виды моделей процессов и систем, современные математические приемы, методы и способы формализации объектов, процессов, явлений и способы их реализации	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: применять современные математические приемы, методы и способы формализации объектов, процессов, явлений Владеть: методами рассмотрения моделей процессов и систем, современными математическими приемами, методами и способами формализации объектов, процессов, явлений и способами их реализации	Задание не решено	Задание решено с ошибками	Задание решено верно	Решение задач билета
ПКС-1 Способен проводить системный анализ процессов в условиях неопределенности и риска	ИПКС-1.1. Изучает основные принципы, методы и средства управления процессами и системами в условиях неопределенности и риска.	Знать: основные принципы, методы и средства управления процессами и системами в условиях неопределенности и риска	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 системный анализ процессов в условиях неопределенности и риска Владеть: способностью проводить системный анализ процессов в условиях неопределенности и риска	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	«неудовлетворительно»
1	1	1	«удовлетворительно»
1	1-2	1-2	«хорошо»
1	2	2	«отлично»

*) 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

1. Составить интегральное уравнение, соответствующее дифференциальному уравнению $y'' + xy' + y = 0$ и начальным условиям $y(0) = 1, y'(0) = 0$.
2. Найти резольвенту для интегрального уравнения Вольтерра с ядром $K(x, t) = x - t$.
3. Построить функцию Грина краевой задачи $y'' + w^2 y = 0, y(0) = 1, y(1) = 0$.
4. Решить интегральное уравнение Фредгольма 2-го рода с вырожденным ядром:

$$y(x) = x - 1 + \int_0^x (x - t)y(t)dt.$$

5. Построить резольвенту для интегрального уравнения Фредгольма 2-го рода:

$$y(x) - 1 \int_0^1 xty(t)dt = x.$$

6. Решить уравнение Фредгольма 2-го рода с вырожденным ядром:

$$y(x) - 4 \int_0^{\frac{p}{2}} (\sin^2 x) y(t)dt = 2x - p.$$

7. Найти характеристические числа и собственные функции однородного интегрального уравнения Фредгольма с симметричным ядром: $K(x, t) = 1 + xt + x^2t^2, -1 \leq x, t \leq 1$.
8. Найти характеристические числа и собственные функции уравнения

$$y(x) = 1 \int_{-p}^p \cos^2(x - t)y(t)dt.$$

Типовые задания для лабораторных работ

1. С помощью резольвенты найти решение интегрального уравнения:

$$y(x) = \sin x + 2 \int_0^x e^{x-t} y(t)dt.$$

2. При помощи функции Грина решить краевую задачу: $y'' + y = x, y(0) = 0, y(1) = 0$.
3. Решить интегральное уравнение Абеля: $\int_0^x \frac{y(t)dt}{\sqrt{x-t}} = e^x.$

4. Решить интегральное уравнение: $y(x) = \sin x + 2 \int_0^x \cos(x-t)y(t)dt$.
5. С помощью определителей Фредгольма найти резольвенту ядра $K(x,t) = xe^t$, $a=0, b=1$.
6. Решить однородное интегральное уравнение с вырожденным ядром:

$$y(x) - \frac{1}{4} \int_{-2}^2 x |y(t)| dt = 0.$$
7. Решить неоднородное уравнение Фредгольма с симметричным ядром:

$$y(x) - \int_0^{\pi} x - t |y(t)| dt = 1.$$
8. Найти характеристические числа и собственные функции однородного интегрального уравнения Фредгольма с симметричным ядром: $K(x,t) = e^{-|x-t|}$, $0 \leq x \leq 1, 0 \leq t \leq 1$.

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 (ОПК-2, ПКС-1, ИОПК-2.1, ИПКС-1.1):

1. Интегральные уравнения Вольтерра. Основные понятия.
2. Связь между линейными дифференциальными уравнениями и интегральными уравнениями Вольтерра.
3. Резольвента интегрального уравнения Вольтерра. Решение интегрального уравнения с помощью резольвенты.
4. Построение функции Грина для обыкновенных дифференциальных уравнений.
5. Применение функции Грина для решения краевых задач.
6. Эйлеровы интегралы.
7. Интегральное уравнение Абеля и его обобщения.
8. Решение уравнений Вольтерра 2-го рода с вырожденным ядром.
9. Построение решения уравнения Вольтерра второго рода методом последовательных приближений.
10. Интегральные уравнения Вольтерра типа свёртки.
11. Системы интегральных уравнения Вольтерра типа свёртки.
12. Уравнения Фредгольма. Основные понятия.
13. Построение резольвенты уравнения Фредгольма 2-го рода при помощи повторных ядер.
14. Метод определителей Фредгольма.
15. Интегральные уравнения Фредгольма с вырожденным ядром.
16. Характеристические числа и собственные функции интегрального уравнения Фредгольма для интегральных уравнений с вырожденным ядром.
17. Характеристические числа и собственные функции интегрального уравнения Фредгольма для однородных интегральных уравнений с симметричными ядрами.
18. Характеристические числа и собственные функции интегрального уравнения Фредгольма для интегральных уравнений Фредгольма с ядрами, зависящими от разности аргументов.
19. Неоднородные уравнения Фредгольма с симметричным ядром.
20. Альтернатива Фредгольма.

Примерный тест для итогового тестирования:

Раздел 1. Интегральные уравнения Вольтерра и Фредгольма (ОПК-2, ПКС-1, ИОПК-2.1, ИПКС-1.1):

<https://sdo.api.nttu.ru/mod/quiz/view.php?id=6733>

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»	
ОПК-2 ИОПК-2.1					
Знать: основные виды моделей процессов и систем, современные математические приемы, методы и способы формализации объектов, процессов, явлений и способы их реализации	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	Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях Тестирование Промежуточная аттестация
Уметь: применять современные математические приемы, методы и способы формализации объектов, процессов, явлений	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение ПЗ и ЛБ
Владеть навыками: методами рассмотрения моделей процессов и систем, современными математическими приемами, методами и способами формализации объектов, процессов, явлений и способами их реализации	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение ПЗ и ЛБ
ПКС-1 ИПКС-1.1					
Знать: основные принципы, методы и средства управления процессами и системами в условиях неопределенности и риска	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	Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях Тестирование Промежуточная аттестация
Уметь: проводить системный анализ процессов в условиях неопределенности и риска	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение ПЗ и ЛБ
Владеть навыками: способностью проводить системный анализ процессов в условиях неопределенности и риска	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение ПЗ и ЛБ

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Основная литература

6.1.1 Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. - М.: Физматлит, 2009 - 572 с.

6.2 Дополнительная литература

6.2.1 Треногин В.А. Функциональный анализ. - М. : Физматлит, 2002. – 488с.

6.2.2 Треногин В.А. , Писаревский Б.М.; Соболева Т.С. Задачи и упражнения по функциональному анализу. - М. : Физматлит, 2002. – 240с.

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>

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
029 - Кабинет самоподготовки студентов г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	рабочих мест студента – 48 шт; доска меловая - 1шт. стол преподавателя – 1 шт.
210 - Кабинет самоподготовки студентов г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	рабочих мест студента – 48 шт; доска меловая - 1шт. стол преподавателя – 1 шт.
037 - Кабинет самоподготовки студентов г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	рабочих мест студента – 48 шт; доска меловая - 1шт. стол преподавателя – 1 шт.
324 - Учебная мультимедийная аудитория г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Доска магнитно-маркерная; Мультимедийный проектор BENQ; Экран; Аудио-система 2.0; Компьютеры PC Intel® Core™ i3-2100/250HDD/4RAM - 13 шт; Посадочных мест – 23 стол преподавателя – 1 шт.
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> 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 лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

10.4 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.

10.5 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.

10.6 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.