

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета ФВТ
 Фионова Л.Р.
« 29 » Июня 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

М1.2.9.1 ИНТЕГРАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Направление подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Магистерская программа «Математическое моделирование в экономике и

Квалификация (степень) выпускника – *магистр*

Форма обучения очная

Пенза, 2016

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Интегральные уравнения» являются

- изучение основных свойств линейных и нелинейных интегральных уравнений Фредгольма и Вольтерра и некоторых, связанных с ними вопросов, таких как задача Штурма-Лиувилля, основы методов регуляризации на примере интегральных уравнений I рода.
- развитие навыков численного решения основных типов интегральных уравнений, а также применение этих навыков для исследования различных социальных, экономических, физических процессов и явлений и интерпретации полученных результатов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Интегральные уравнения» в учебном плане находится в вариативной части профессионального блока дисциплин и является одной из дисциплин, формирующих профессиональные знания и навыки, характерные для магистра по направлению подготовки «Прикладная математика и информатика».

Изучение дисциплины базируется на знаниях студентами следующих курсов учебного плана бакалавриата по направлению 01.03.04 «Прикладная математика»: «Математический анализ», «Асимптотический анализ», «Прикладной функциональный анализ», «Граничные интегральные уравнения», «Нелинейные уравнения математической физики», «Математическое моделирование».

Дисциплина служит основой для выполнения «Учебной практики».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Интегральные уравнения»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ПСК-2	способность интерпретировать математическую модель, построенную для одной предметной области, как математическую модель для других предметных областей	Знать: основные понятия теории интегральных уравнений, определения, утверждения и доказательства основных утверждений Уметь: решать интегральные уравнения, применять знания свойств интегральных уравнений в других областях математики, таких как, например, дифференциальные уравнения, методы математической физики.

		Владеть: основными методами исследования интегральных уравнений и некорректно поставленных задач.
ПСК-1	способность строить математические модели анализа и прогноза экономических, технологических и экологических процессов, в том числе природных и техногенных катаклизмов, разрабатывать для них численные методы и комплексы программ, проводить имитационное моделирование и выработать рекомендации	Знать: основные понятия теории интегральных уравнений, определения, утверждения и доказательства основных утверждений.
		Уметь: применять интегральные уравнения для решения практических задач исследования различных социальных, экономических, физических процессов и явлений и интерпретации полученных результатов.
		Владеть: основными методами исследования интегральных уравнений
ОПК-4	Способность использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики	Знать: основные понятия теории интегральных уравнений, определения, утверждения и доказательства основных утверждений.
		Уметь: применять интегральные уравнения для решения практических задач исследования различных социальных, экономических, физических процессов и явлений и интерпретации полученных результатов.
		Владеть: основными методами исследования интегральных уравнений и описываемых ими практических задач.

4. Структура и содержание дисциплины «Интегральные уравнения»

4.1. Структура дисциплины «Интегральные уравнения»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)									Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)							
				Аудиторная работа				Самостоятельная работа					Собеседование по лабораторным работам	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрол. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных творческих работ	курсовая работа (проект)	др.
				Всего	Лекция	Практические занятия	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к аудиторным занятиям	Реферат, эссе и др.	Курсовая работа (проект)	Подготовка к зачету								
1.	Раздел 1. Введение и основные положения теории интегральных уравнений	4	1-3	12	6	3	3	24	16			8								
1.1.	Тема 1.1. Классификация интегральных уравнений; физические задачи, связанные с решением интегральных уравнений.	4	1	4	2	1	1	8	4			4	3							
1.2	Тема 1.2. Основы теории линейных операторов в нормированных пространствах. Понятие ограниченного, вполне непрерывного, самосопряженного операторов, норма оператора.	4	2	4	2	1	1	8	8				3							
1.3	Тема 1.3. Оператор Фредгольма как пример линейного ограниченного компактного самосопряженного опе-	4	3	4	2	1	1	8	4			4	3							

	ратора в бесконечномерном евклидовом пространстве.																							
2.	Раздел 2. Линейные и нелинейные интегральные уравнения.	4	4-5	8	4	2	2	16	8			8	5											
2.1.	Тема 2.1. ИУФ II рода	4	4	4	2	1	1	8	4			4	5											
2.2.	Тема 2.2. ИУВ II рода	4	5	4	2	1	1	8	4			4	5											
3.	Раздел 3. Интегральные уравнения I рода	4	6-9	16	8	4	4	32	16			16												
3.1.	Тема 3.1. Понятие о корректно и некорректно поставленных задачах, физические примеры.	4	6	2	1	1		6	3			3	7											
3.2.	Тема 3.2. Уравнение Фредгольма 2-го рода как пример корректно поставленной задачи. Уравнение Фредгольма 1-го рода как пример некорректно поставленной задачи.	4	6	2	1	1		6	3			3	7											
3.3	Тема 3.3. Понятие регуляризирующего алгоритма	4	7	2	1		1	4	2			2	9											
3.4	Тема 3.4. Метод регуляризации А.Н.Тихонова, регуляризирующий функционал.	4	7-8	4	2	1	1	6	3			3	9											
3.5	Тема 3.5. Теорема А.Н.Тихонова. Ее применение	4	7-8	2	1		1	4	2			2												
3.6	Тема 3.6. Численные методы для уравнений I рода.	4	9	4	2	1	1	6	3			3	9											
	<i>Подготовка курсовой работы</i>																							
	<i>Подготовка к экзамену</i>																							
	Общая трудоемкость, в часах			36	18	9	9	72	40			32	Промежуточная аттестация											
														Форма		Семестр 4								
														Зачет										

4.2. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дис- циплины	Содержание раздела
1.	Введение и основные положения теории интегральных уравнений.	Классификация интегральных уравнений; физические задачи, связанные с решением интегральных уравнений. Линейные, нормированные и евклидовы пространства. Пространства функций как примеры бесконечномерных нормированных пространств. Сходимость в нормированных пространствах. Понятие ограниченной и компактной последовательностей. Фундаментальные последовательности и понятие полного пространства. Основы теории линейных операторов в нормированных пространствах. Понятие ограниченного, вполне непрерывного, самосопряженного операторов, норма оператора. Оператор Фредгольма как пример линейного ограниченного вполне непрерывного самосопряженного оператора в бесконечномерном евклидовом пространстве. Теорема о существовании собственного значения вполне непрерывного самосопряженного оператора. Построение последовательности собственных векторов.
2.	Линейные и нелинейные интегральные уравнения.	Однородное уравнение Фредгольма 2-го рода с симметрическим ядром. Характеристические числа и собственные функции, их свойства. Теорема Гильберта-Шмидта. Неоднородное уравнение Фредгольма 2-го рода с симметрическим ядром. Теорема о разрешимости уравнения, структура решения. Различные представления решения, резольвента. Уравнения Фредгольма 2-го рода с вырожденными ядрами. Эквивалентность интегрального уравнения и линейной алгебраической системы. Теоремы о разрешимости, методы построения решений. Принцип сжимающих отображений, теоремы о неподвижной точке. Уравнения Фредгольма с малым λ . Теоремы о разрешимости, метод последовательных приближений, резольвента. Уравнения Фредгольма 2-го рода с произвольным непрерывным ядром, сведение к уравнению с вырожденным ядром. Теоремы Фредгольма. Линейное уравнение Вольтерра. Теоремы о разрешимости, метод последовательных приближений, резольвента. Задача Штурма-Лиувилля. Сведение задачи Штурма-Лиувилля к интегральному уравнению с симметрическим ядром. Существование собственных значений и собственных функций, их свойства. Теорема Стеклова.
3.	Интегральные уравнения I рода	Понятие о корректно и некорректно поставленных задачах, физические примеры. Уравнение Фредгольма 2-го рода как пример корректно поставленной задачи. Уравнение Фредгольма 1-го рода как пример некорректно поставленной задачи. Понятие регуляризирующего алгоритма. Метод регуляризации А.Н.Тихонова, регуляризирующий функционал. Теорема А.Н.Тихонова.

5. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины «Интегральные уравнения» предполагается использовать структурно-логические и интеграционные образовательные технологии, реали-

зуемые посредством:

- лекций в виде вводных, текущих, обзорных и заключительно-обобщающих занятий;
- практических занятий с использованием методов «многократного повторения»; по логике мышления – индуктивные, дедуктивные и репродуктивные.
- лабораторных работ и их защиты в виде собеседования;
- организации самостоятельной работы на основе личностно-дифференцированного подхода планирования задания в виде воспроизводящей и частично-поисковой работ.
- организации текущего контроля знаний студентов методами: выполнения домашних заданий, оценки активности на практических занятиях и рейтинговой системы общей оценки знаний студентов.

Занятия, проводимые в интерактивных формах, с использованием интерактивных технологий составляют 30% занятий.

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы со студентами в том числе в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций и т.д.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1-2	Введение и основные положения теории интегральных уравнений.	Подготовка к аудиторным занятиям, изучение дополнительной литературы	Подробное изучение темы 1.1, 1.2., решение задач	П.7. а) 1, стр 117; а) 2 стр 25, а) 3 стр. 130-170	16
3-4	Линейные и нелинейные интегральные уравнения.	Подготовка к аудиторным за-	Подробное изу-	П.7. а) 1 стр. 117; а) 2 стр.	8

		нениям, изучение дополнительной литературы	чение тем 2.1., 2.2., 2.3	61, а) 3 стр.114-160	
4-9	Интегральные уравнения I рода	Подготовка к аудиторным занятиям, изучение дополнительной литературы	Подробное изучение тем 3.1.-3.7	П.7. а) 1, стр.212 а) 3, стр.102, а) 3 стр. 200-270	16
1-9	Все темы	Подготовка к зачету	Изучение теоретического материала и решение задач	П.7	32

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

- **Подготовка к аудиторным занятиям** проводится посредством изучения курса лекций, дополнительной литературы, подготовки к лабораторным работам, а также решения предложенных задач.
- **Подготовка к экзамену** – изучение курса лекций, упражнения в решении типовых задач, изучение дополнительной литературы.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

Контроль освоения компетенций

№ п/п	Формы контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Коллоквиум	Разделы 1,2,3.	ОПК-4, ПСК-1,2
2	Собеседование/защита лабораторной работы	Разделы 1,2,3	ОПК-4, ПСК-1,2

Темы лабораторных работ:

1. Метод последовательных приближений для ИУФ и ИУВ II рода;
2. Метод Ньютона-Канторовича для нелинейных ИУВ;
3. Метод Галеркина для ИУФ в гильбертовом пространстве;
4. Регуляризационные методы для интегральных уравнений I рода.

Образец заданий контрольной работы:

1. Найти характеристические числа и собственные функции $y(x) = \lambda \int_{-\pi}^{\pi} (\sin x \sin s + s) y(s) ds$.
2. Исследовать разрешимость при различных значениях λ и решить интегральное уравнение Фредгольма 2-го рода $y(x) = \lambda \int_{-1}^1 (2xs^3 + 5x^2s^2) y(s) ds + x^2$.
3. Решить уравнение Фредгольма $y(x) = \pi^2 \int_0^1 K(x, s) y(s) ds + \sin 2\pi x$ с симметрическим непрерывным ядром $K(x, s) = \begin{cases} x(1-s), & 0 \leq x \leq s \\ s(1-x), & s \leq x \leq 1 \end{cases}, \quad x, s \in [0; 1]$.
4. Построить резольвенту уравнения Фредгольма $y(x) = \lambda \int_0^{\pi} \cos(x-s) y(s) ds + f(x)$.
5. Проверить, что $\lambda = 0$ не является собственным значением оператора $L[y] \equiv y''$ с указанными граничными условиями, и свести задачу Штурма-Лиувилля к интегральному уравнению Фредгольма с симметрическим ядром:
 $y'' + \lambda e^{2x} \cdot y = 0, \quad 0 < x < 1; \quad y(0) = 0, \quad y(1) + 2y'(1) = 0.$
6. Найти собственные значения и собственные функции задачи Штурма-Лиувилля:
 - а) $y'' + \lambda y = 0, \quad y'(0) = 0, \quad y(2) = 0;$
 - б) $y'' + \lambda y = 0, \quad y'(0) = y(0), \quad y'(\pi) = 0;$
 - в) $y'' + \lambda y = 0, \quad y(0) = y(l), \quad y'(0) = y'(l).$

Вопросы к зачету:

1. Классификация интегральных уравнений; физические задачи, связанные с решением интегральных уравнений. Линейные, нормированные и евклидовы пространства. Пространства функций как примеры бесконечномерных нормированных пространств.
2. Сходимость в нормированных пространствах. Понятие ограниченной и компактной последовательностей. Фундаментальные последовательности и понятие полного пространства. Основы теории линейных операторов в нормированных пространствах.
3. Понятие ограниченного, вполне непрерывного, самосопряженного операторов, норма оператора. Оператор Фредгольма как пример линейного ограниченного вполне непрерывного самосопряженного оператора в бесконечномерном евклидовом пространстве.
4. Теорема о существовании собственного значения вполне непрерывного самосопряженного оператора. Построение последовательности собственных векторов.
5. Однородное уравнение Фредгольма 2-го рода с симметрическим ядром. Характеристические числа и собственные функции, их свойства. Теорема Гильберта-Шмидта.
6. Неоднородное уравнение Фредгольма 2-го рода с симметрическим ядром. Теорема о разрешимости уравнения, структура решения. Различные представления решения, резольвента. Уравнения Фредгольма 2-го рода с вырожденными ядрами.
7. Эквивалентность интегрального уравнения и линейной алгебраической системы. Теоремы о разрешимости, методы построения решений. Принцип сжимающих отображений, теоремы о неподвижной точке.
8. Уравнения Фредгольма с малым λ . Теоремы о разрешимости, метод последовательных

приближений, резольвента. Уравнения Фредгольма 2-го рода с произвольным непрерывным ядром, сведение к уравнению с вырожденным ядром. Теоремы Фредгольма. Линейное уравнение Вольтерра.

9. Теоремы о разрешимости, метод последовательных приближений, резольвента. Задача Штурма-Лиувилля. Сведение задачи Штурма-Лиувилля к интегральному уравнению с симметрическим ядром. Существование собственных значений и собственных функций, их свойства. Теорема Стеклова.

10. Понятие о корректно и некорректно поставленных задачах, физические примеры. Уравнение Фредгольма 2-го рода как пример корректно поставленной задачи.

11. Уравнение Фредгольма 1-го рода как пример некорректно поставленной задачи. Понятие регуляризирующего алгоритма. Метод регуляризации А.Н.Тихонова, регуляризирующий функционал. Теорема А.Н.Тихонова.

Задания для проверки уровня обученности УМЕТЬ и ВЛАДЕТЬ:

1. Записать интегральное уравнение Фредгольма 2-го рода.
2. Найти норму функции $y = \sin x - \cos x$ в пространстве $C[0, 2\pi]$.
3. Найти характеристические числа и собственные функции $y(x) = \lambda \int_0^{\pi} \cos(x-s)y(s)ds$.
4. Сформулировать определение сжимающего оператора.
5. Описать процесс построения собственных значений и собственных функций вполне непрерывного самосопряженного оператора A , действующего в бесконечномерном евклидовом пространстве.
6. Доказать, что любое интегральное уравнение Фредгольма 2 рода $y = \lambda Ay + f$ с невырожденным ядром при фиксированном λ можно заменить эквивалентным интегральным уравнением с вырожденным ядром.

Зачет по курсу "Интегральные уравнения" состоит из 2-х частей: 1-я часть зачета – письменная работа на знание определений, формулировок теорем и умение решать простые задачи. 2-я часть экзамена - теоретическая. К ней допускаются только студенты, успешно выполнившие первую. Для получения зачета необходимо уметь доказывать утверждения и теоремы, включенные в изучаемый курс.

Образец билета первой части зачета

1. Записать интегральное уравнение Фредгольма 2-го рода.
2. Найти норму функции $y = \sin x - \cos x$ в пространстве $C[0, 2\pi]$.
3. Найти характеристические числа и собственные функции $y(x) = \lambda \int_0^{\pi} \cos(x-s)y(s)ds$.
4. Сформулировать определение сжимающего оператора.

Образец билета второй части зачета

1. Описать процесс построения собственных значений и собственных функций вполне непрерывного самосопряженного оператора A , действующего в бесконечномерном евклидовом пространстве.
2. Доказать, что любое интегральное уравнение Фредгольма 2 рода $y = \lambda Ay + f$ с невырожденным ядром при фиксированном λ можно заменить эквивалентным интегральным уравнением с вырожденным ядром.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение

дисциплины «Интегральные уравнения»

1. Основная литература

- 1.1. Васильева, А.Б. Интегральные уравнения [Электронный ресурс] : учеб. / А.Б. Васильева, Н.А. Тихонов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 160 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/42>. — Загл. с экрана.
- 1.2. Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Б. Васильева [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2005. — 432 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59405>. — Загл. с экрана.
- 1.3. Полянин, А.Д. Справочник по интегральным уравнениям [Электронный ресурс] : справ. / А.Д. Полянин, А.В. Манжиров. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2003. — 608 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2278>. — Загл. с экрана.
- 1.4. Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Б. Васильева [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2003. — 432 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2358>. — Загл. с экрана.
- 1.5. Хеннер, В.К. Обыкновенные дифференциальные уравнения, вариационное исчисление, основы специальных функций и интегральных уравнений [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.К. Хеннер, Т.С. Белозерова, М.В. Хеннер. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 320 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/96873>. — Загл. с экрана.

2. Дополнительная литература:

- 2.1. Колмогоров, А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2009. — 572 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2206>. — Загл. с экрана.
- 2.2. Треногин, В.А. Функциональный анализ [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2002. — 488 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2340>. — Загл. с экрана.
- 2.3. Треногин, В.А. Задачи и упражнения по функциональному анализу [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Треногин, Б.М. Писаревский, Т.С. Соболева. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2005. — 240 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2342>. — Загл. с экрана.
- 2.4. Владимиров, В.С. Уравнения математической физики [Электронный ресурс] : учеб. / В.С. Владимиров, В.В. Жаринов. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2000. — 400 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2363>. — Загл. с экрана.
- 2.5. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения [Текст] : учебное пособие / Б. П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова; под ред. Б.П. Демидовича. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2008. - 400 с. : ил. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0799-6 :
- 2.6. Владимиров, В.С. Сборник задач по уравнениям математической физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.С. Владимиров, А.А. Вашарин. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2001. — 288 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2364>. — Загл. с экрана.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные и практические занятия по дисциплине «Интегральные уравнения» проводятся в лекционных аудиториях университета. Лабораторные работы проводятся в классах, оснащенных персональными компьютерами.

Waterloo Maple Inc. Maple. Maple 2017: Universities or Equivalent Degree Granting Institutions ,
Бессрочный договор № 047-17-44 от 25 декабря 2017 г.

ПО «Microsoft Windows» (подписка DreamSpark/Microsoft Imagine Standard); регистрационный номер 00037FFEВАСCF8FD7,

включает в себя:

Microsoft Windows XP, Microsoft Windows 7, Microsoft Windows 8, Microsoft Windows 8.1, Microsoft Windows 10, Microsoft Windows Server 2008, Microsoft Windows Server 2010, Microsoft Windows Server 2012

Microsoft Office Visio 2003, Microsoft Office Visio 2007, Microsoft Office Visio 2010, Microsoft Office Access 2013, Microsoft Office Access 2016

Microsoft Office Access 2003, Microsoft Office Access 2007, Microsoft Office Access 2010, Microsoft Office Access 2012, Microsoft Office Access 2013, Microsoft Office Access 2016

Microsoft Visual Studio 2005, Microsoft Visual Studio 2008, Microsoft Visual Studio 2010, Microsoft Visual Studio 2012, Microsoft Visual Studio 2013, Microsoft Visual Studio 2016

Договор № СД-130712001 от 12.07.2013 (подписка с 1 сентября 2013 г. до 31 августа 2017 г.)

Продление Microsoft Imagine Standard KDF-00031 (подписка с 1 сентября 2017 г. до 31 августа 2020 г.)

Рабочая программа дисциплины «Интегральные уравнения» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Программу составил:

1. Тында А.Н. _____ к.ф.-м.н., доцент

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

Программа одобрена на заседании кафедры «Высшая и прикладная математика»

Протокол № 11.1 от «28» Июня 2016 года

/ Зав. кафедрой
д.ф.-м.н., профессор



Бойков И.В.

Программа согласована с заведующим выпускающей кафедрой «Высшая и прикладная математика»

Протокол № 11.1 от «28» Июня 2016 года

/ Зав. кафедрой
д.ф.-м.н., профессор



Бойков И.В.

Программа одобрена методической комиссией ФВТ

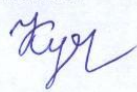
Протокол № 6^а от «28» 06 2016 года

Председатель методической комиссии ФВТ
к.т.н., профессор



Коннов Н.Н.

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой)	Внесенные изменения	Номера листов (страниц)		
			заменен- ных	новых	аннулированных
2017- 2018	№1, 04.09.2017 	Обновлен список литературы			