МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Численные методы

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **01.03.02 Прикладная математика и информатика**
Направленность (профиль): **Прикладная математика и информатика**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФСУ, Факультет систем управления**
Кафедра: **АСУ, Кафедра автоматизированных систем управления**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	36	36	часов
3	Всего аудиторных занятий	72	72	часов
4	Из них в интерактивной форме	8	8	часов
5	Самостоятельная работа	72	72	часов
6	Всего (без экзамена)	144	144	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	180	180	часов
		5.0	5.0	З.Е

Экзамен: 5 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 3854

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 2 от « 3 » 11 2016 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного 2015-03-12 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

доцент каф. АСУ _____ Романенко В. В.

Заведующий обеспечивающей каф.
АСУ _____ Кориков А. М.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФСУ _____ Сенченко П. В.

Заведующий выпускающей каф.
АСУ _____ Кориков А. М.

Эксперты:

доцент каф. АСУ _____ Исакова А. И.

Согласована на портале № 3854

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью дисциплины является изучение теоретических методов и освоение практических навыков в использовании численных методов при решении задач поиска нулей функций одной переменной, решения систем линейных и нелинейных уравнений, вычисления собственных чисел и собственных векторов матриц, обращения матриц, интерполирования функций, численного дифференцирования и интегрирования функций, решения дифференциальных и интегральных уравнений.

1.2. Задачи дисциплины

– Основной задачей изучения дисциплины является приобретение студентами прочных знаний и практических навыков в области, определяемой основной целью курса.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Численные методы» (Б1.Б.19) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Алгебра и геометрия, Дифференциальные уравнения, Математический анализ (I-III), Основы программирования, Структуры и алгоритмы обработки данных на ЭВМ.

Последующими дисциплинами являются: .

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 способностью использовать базовые знания естественных наук,математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.;

– ОПК-3 способностью к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям;

– ПК-2 способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** особенности математических вычислений, реализуемых на ЭВМ; теоретические основы численных методов, погрешности вычислений, устойчивость и сложность алгоритма (по памяти, по времени счета); численные методы линейной алгебры; решение нелинейных уравнений и систем; численное интегрирование и дифференцирование; методы приближения функции; методы решения дифференциальных уравнений; методы решения интегральных уравнений;

– **уметь** строить алгоритмы реализации численных методов решения прикладных задач; разрабатывать программы, реализующие численные методы

– **владеть** навыками применения базового инструментария численных методов для решения прикладных задач; методикой построения, анализа и применения численных моделей в профессиональной деятельности

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		5 семестр
Аудиторные занятия (всего)	72	72
Лекции	36	36
Практические занятия	36	36

Согласована на портале № 3854

Из них в интерактивной форме	8	8
Самостоятельная работа (всего)	72	72
Проработка лекционного материала	36	36
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	36	36
Всего (без экзамена)	144	144
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость час	180	180
Зачетные Единицы Трудоемкости	5.0	5.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

№	Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1	Тема 1. Погрешности вычислений	1	0	1	2	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
2	Тема 2. Корректность вычислительных задач и алгоритмов	1	0	1	2	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
3	Тема 3. Приближенное решение нелинейных уравнений с одной переменной	5	4	9	18	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
4	Тема 4. Численные методы решения задач линейной алгебры	6	4	10	20	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
5	Тема 5. Вычисление собственных чисел и собственных векторов	4	8	12	24	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
6	Тема 6. Решение систем нелинейных уравнений	2	0	2	4	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
7	Тема 7. Приближение функций	7	12	19	38	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
8	Тема 8. Численное дифференцирование функций	2	0	2	4	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
9	Тема 9. Численное интегрирование функций	4	4	8	16	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
10	Тема 10. Решение дифференциальных уравнений	3	4	7	14	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
11	Тема 11. Интегральные уравнения	1	0	1	2	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
	Итого	36	36	72	144	

Согласована на портале № 3854

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
1 Тема 1. Погрешности вычислений	Источники погрешностей. Понятие приближенного числа. Абсолютная и относительная погрешности. Верные цифры числа. Связь относительной погрешности с количеством верных знаков числа. Погрешность суммы, разности, произведения, частного, степени. Общая формула для погрешности функции. Обратная задача теории погрешности	1	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
	Итого	1	
2 Тема 2. Корректность вычислительных задач и алгоритмов	Постановка вычислительной задачи; обусловленность вычислительной задачи; корректность вычислительных алгоритмов; требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам	1	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
	Итого	1	
3 Тема 3. Приближенное решение нелинейных уравнений с одной переменной	Локализация корней; обусловленность задачи вычисления корня. Методы нахождения корней: перебора, бисекции (метод дихотомии); метод Ньютона; модификации метода Ньютона (упрощенный метод Ньютона, хорд, секущих, метод Стефенсена); комбинированный метод; метод итераций. Обусловленность метода простой итерации и метода Ньютона; чувствительность к погрешностям	5	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
	Итого	5	
4 Тема 4. Численные методы решения задач линейной алгебры	Постановка задачи. Нормы векторов и матриц; абсолютная и относительная погрешность векторов. Обусловленность задачи решения систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы решения СЛАУ: метод Гаусса (схема единственного деления, схема с выбором главного элемента по столбцу); связь метода Гаусса с LU-	6	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2

Согласована на портале № 3854

	разложением матрицы. QR-алгоритм решения СЛАУ (метод вращений). Метод ортогонализации; метод Халецкого. Итерационные методы решения СЛАУ: метод простой итерации, метод Зейделя. Сходимость итерационных процессов. Погрешности итерационных процессов. Решение переопределенной СЛАУ методом наименьших квадратов. Вычисление определителей: метод Гаусса, метод Халецкого. Вычисление обратной матрицы		
	Итого	6	
5 Тема 5. Вычисление собственных чисел и собственных векторов	Постановка задачи. Преобразование подобия. Локализация собственных значений. Обусловленность задачи вычисления собственных значений и собственных векторов. Степенной метод вычисления максимального собственного числа. QR-алгоритм вычисления собственных чисел. Метод обратных итераций вычисления собственных векторов	4	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
	Итого	4	
6 Тема 6. Решение систем нелинейных уравнений	Постановка задачи; локализация корней; корректность и обусловленность задачи. Метод Ньютона; модифицированный метод Ньютона; упрощенный метод Ньютона. Метод итерации. Условия сходимости метода итераций. Градиентный метод	2	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
	Итого	2	
7 Тема 7. Приближение функций	Постановка задачи. Интерполяция обобщенными многочленами. Полиноминальная интерполяция, многочлен Лагранжа. Погрешность интерполяции. Минимизация погрешности. Интерполяционная формула Ньютона для равномерной сетки. Формула Ньютона для неравномерной сетки. Глобальная полиноминальная интерполяция. Чувствительность интерполяционного полинома к погрешностям входных данных. Интерполяция с помощью «скользящего» полинома. Кусочно-полиноминальная интерполяция. Преобразование Фурье, дискретное преобразование. Тригонометрическая интерполяция. Приближение	7	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2

Согласована на портале № 3854

	сплайнами. Линейные, параболические, кубические сплайны. Ортогональные системы функций (показательные и тригонометрические функции)		
	Итого	7	
8 Тема 8. Численное дифференцирование функций	Постановка задачи. Простейшие формулы численного дифференцирования: вычисление первой производной, вычисление второй производной. Общий способ получения формул численного дифференцирования. Погрешности дифференцирования. Обусловленность формул численного дифференцирования	2	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
	Итого	2	
9 Тема 9. Численное интегрирование функций	Понятие о квадратурных формулах. Формулы Ньютона-Котеса. Формулы трапеций, Симпсона, Гаусса, прямоугольников. Погрешность квадратурных формул. Обусловленность квадратурных формул. Правило Рунге оценки погрешности квадратурных формул	4	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
	Итого	4	
10 Тема 10. Решение дифференциальных уравнений	Постановка задачи. Устойчивость решения задачи Коши: устойчивость на конечном отрезке, устойчивость по правой части. Численные методы решения задачи Коши (сетки и сеточные функции), дискретная задача Коши, явные и неявные методы, устойчивость). Метод Эйлера. Метод Рунге-Кутта, схемы 1, 2, 3 и 4 порядков точности. Решение систем дифференциальных уравнений. Решение уравнения n-го порядка	3	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
	Итого	3	
11 Тема 11. Интегральные уравнения	Классификация линейных интегральных уравнений. Дискретизация интегрального уравнения второго рода. Решение интегральных уравнений 1-го рода. Регуляризация	1	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
	Итого	1	
Итого за семестр		36	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и

Согласована на портале № 3854

обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представ-лены в таблице 5.3.
Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

№	Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Предшествующие дисциплины												
1	Алгебра и геометрия		+		+	+						
2	Дифференциальные уравнения								+		+	
3	Математический анализ (I-III)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	Основы программирования			+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	Структуры и алгоритмы обработки данных на ЭВМ				+	+	+	+	+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	
ОПК-1	+	+	+	Экзамен, Конспект самоподготовки, Защита отчета, Опрос на занятиях, Отчет по практике
ОПК-3	+	+	+	Экзамен, Конспект самоподготовки, Защита отчета, Опрос на занятиях, Отчет по практике
ПК-2	+	+	+	Экзамен, Конспект самоподготовки, Защита отчета, Опрос на занятиях, Отчет по практике

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Согласована на портале № 3854

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Всего
Работа в команде	4	4
Поисковый метод	2	2
Решение ситуационных задач	2	2
Итого	8	8

7. Лабораторный практикум

Не предусмотрено РУП

8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

Названия разделов	Содержание практических занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
3 Тема 3. Приближенное решение нелинейных уравнений с одной переменной	Нахождение нулей функций с одной переменной	4	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
	Итого	4	
4 Тема 4. Численные методы решения задач линейной алгебры	Численные методы решения задач линейной алгебры	4	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
	Итого	4	
5 Тема 5. Вычисление собственных чисел и собственных векторов	Численные методы поиска собственных чисел и векторов матриц	8	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
	Итого	8	
7 Тема 7. Приближение функций	Методы приближения функций. Численное дифференцирование функций	12	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
	Итого	12	
9 Тема 9. Численное интегрирование функций	Численное интегрирование	4	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
	Итого	4	
10 Тема 10. Решение дифференциальных уравнений	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	4	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		36	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Согласована на портале № 3854

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
5 семестр				
1 Тема 1. Погрешности вычислений	Проработка лекционного материала	1	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2	Опрос на занятиях, Экзамен
	Итого	1		
2 Тема 2. Корректность вычислительных задач и алгоритмов	Проработка лекционного материала	1	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2	Опрос на занятиях, Экзамен
	Итого	1		
3 Тема 3. Приближенное решение нелинейных уравнений с одной переменной	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2	Отчет по практике, Защита отчета, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Экзамен
	Проработка лекционного материала	5		
	Итого	9		
4 Тема 4. Численные методы решения задач линейной алгебры	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2	Отчет по практике, Защита отчета, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Экзамен
	Проработка лекционного материала	6		
	Итого	10		
5 Тема 5. Вычисление собственных чисел и собственных векторов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2	Отчет по практике, Защита отчета, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	12		
6 Тема 6. Решение систем нелинейных уравнений	Проработка лекционного материала	2	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Экзамен
	Итого	2		
7 Тема 7. Приближение функций	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	12	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2	Отчет по практике, Защита отчета, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Экзамен
	Проработка лекционного материала	7		
	Итого	19		
8 Тема 8. Численное дифференцирование функций	Проработка лекционного материала	2	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Экзамен
	Итого	2		
9 Тема 9. Численное интегрирование	Подготовка к практическим занятиям,	4	ОПК-1, ОПК-3,	Отчет по практике, Защита отчета, Конспект

Согласована на портале № 3854

функций	семинарам		ПК-2	самоподготовки, Опрос на занятиях, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	8		
10 Тема 10. Решение дифференциальных уравнений	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2	Отчет по практике, Защита отчета, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Экзамен
	Проработка лекционного материала	3		
	Итого	7		
11 Тема 11. Интегральные уравнения	Проработка лекционного материала	1	ОПК-1, ОПК-3, ПК-2	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Экзамен
	Итого	1		
Итого за семестр		72		
	Подготовка к экзамену	36		Экзамен
Итого		108		

9.1. Вопросы на проработку лекционного материала

1. Устойчивость решения задачи Коши
2. Численные методы решения задачи Коши
3. Метод Эйлера
4. Метод Рунге-Кутта
5. Решение систем дифференциальных уравнений
6. Решение уравнения n-го порядка
7. Интерполяция обобщенными многочленами
8. Полиноминальная интерполяция
9. Погрешность интерполяции
10. Минимизация погрешности
11. Глобальная полиноминальная интерполяция
12. Чувствительность интерполяционного полинома к погрешностям входных данных
13. Интерполяция с помощью «скользящего» полинома
14. Кусочно-полиноминальная интерполяция
15. Преобразование Фурье, дискретное преобразование
16. Тригонометрическая интерполяция
17. Приближение сплайнами
18. Ортогональные системы функций
19. Постановка задачи
20. Локализация корней
21. Корректность и обусловленность задачи
22. Метод Ньютона и его модификации
23. Метод итерации
24. Условия сходимости метода итераций
25. Градиентный метод
26. Преобразование подобия
27. Локализация собственных значений
28. Обусловленность задачи вычисления собственных значений и собственных векторов
29. Степенной метод вычисления максимального собственного числа
30. QR-алгоритм вычисления собственных чисел
31. Метод обратных итераций вычисления собственных векторов
32. Локализация корней
33. Обусловленность задачи вычисления корня

Согласована на портале № 3854

34. Методы нахождения корней
35. Обусловленность метода простой итерации и метода Ньютона
36. Чувствительность к погрешностям
37. Постановка вычислительной задачи
38. Обусловленность вычислительной задачи
39. Корректность вычислительных алгоритмов
40. Требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам
41. Источники погрешностей
42. Понятие приближенного числа
43. Абсолютная и относительная погрешности
44. Верные цифры числа
45. Связь относительной погрешности с количеством верных знаков числа
46. Погрешность суммы, разности, произведения, частного, степени
47. Общая формула для погрешности функции
48. Обратная задача теории погрешности
49. Классификация линейных интегральных уравнений
50. Дискретизация интегрального уравнения второго рода
51. Решение интегральных уравнений 1-го рода
52. Регуляризация
53. Понятие о квадратурных формулах
54. Формулы Ньютона-Котеса
55. Формулы трапеций, Симпсона, Гаусса, прямоугольников
56. Погрешность квадратурных формул
57. Обусловленность квадратурных формул
58. Правило Рунге оценки погрешности квадратурных формул
59. Простейшие формулы численного дифференцирования
60. Общий способ получения формул численного дифференцирования
61. Погрешности дифференцирования
62. Обусловленность формул численного дифференцирования
63. Нормы векторов и матриц
64. Абсолютная и относительная погрешность векторов
65. Обусловленность задачи решения систем линейных алгебраических уравнений
66. Прямые методы решения СЛАУ
67. Итерационные методы решения СЛАУ
68. Сходимость итерационных процессов
69. Погрешности итерационных процессов
70. Решение переопределенной СЛАУ методом наименьших квадратов
71. Вычисление определителей
72. Вычисление обратной матрицы

10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
5 семестр				
Защита отчета	3	3	4	10
Конспект	2	2	2	6

Согласована на портале № 3854

самоподготовки				
Опрос на занятиях	8	8	8	24
Отчет по практике	10	10	10	30
Итого максимум за период	23	23	24	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	23	46	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Мицель А.А. Вычислительные методы. Учебное пособие. – Томск: В-Спектр, 2010. – 264 с. (50 экз.). (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)

2. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 636 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 130 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Мицель А.А. Практикум по численным методам. – Томск: ТУСУР, 2004. – 196 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Романенко В.В. Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Вычислительная математика». – Томск: ТУСУР, 2010. – 106 с. [Электронный ресурс]. - http://asu.tusur.ru/learning/bak230100/d18/b230100_d18_pract.doc

2. Мицель А.А. Численные методы. Методические указания по самостоятельной работе

Согласована на портале № 3854

студентов по специальности 010400.62 «Прикладная математика и информатика». – Томск: ТУСУР, 2016. – 10 с. [Электронный ресурс]. - http://asu.tusur.ru/learning/bak010400/d31/b010400_d31_work.doc

12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. http://poiskknig.ru – электронная библиотека учебников Мех-Мата МГУ, Москва.
2. http://www.mathnet.ru.ru – общероссийский математический портал.
3. http://www.lib.mexmat.ru – электронная библиотека механико-математического факультета Московского государственного университета.
4. http://onlinelibrary.wiley.com – научные журналы издательства Wiley&Sons.
5. http://www.sciencedirect.com – научные журналы издательства Elsevier.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекций по дисциплине используются персональный ПК с проектором. Практические занятия осуществляются в компьютерном классе с использованием программного обеспечения:

- Операционная система MS Windows.
- Среда разработки Microsoft Studio Express Edition 2008-2015.
- Среда разработки Borland Developer Studio 2006.
- Офисный пакет Microsoft Office.
- Пакет Mathsoft MathCAD.
- Пакет MathWorks MATLAB.

14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Без рекомендаций.

Согласована на портале № 3854

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Численные методы

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **01.03.02 Прикладная математика и информатика**
Направленность (профиль): **Прикладная математика и информатика**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФСУ, Факультет систем управления**
Кафедра: **АСУ, Кафедра автоматизированных систем управления**
Курс: **3**
Семестр: **5**

Учебный план набора 2013 года

Разработчики:

- доцент каф. АСУ Романенко В. В.

Экзамен: 5 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 3854

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ПК-2	способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	Должен знать особенности математических вычислений, реализуемых на ЭВМ; теоретические основы численных методов, погрешности вычислений, устойчивость и сложность алгоритма (по памяти, по времени счета); численные методы линейной алгебры; решение нелинейных уравнений и систем; численное интегрирование и дифференцирование; методы приближения функции; методы решения дифференциальных уравнений; методы решения интегральных уравнений;; Должен уметь строить алгоритмы реализации численных методов решения прикладных задач; разрабатывать программы, реализующие численные методы ; Должен владеть навыками применения базового инструментария численных методов для решения прикладных задач; методикой построения, анализа и применения численных моделей в профессиональной деятельности ;
ОПК-3	способностью к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям	
ОПК-1	способностью использовать базовые знания естественных наук,математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в

Согласована на портале № 3854

			решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ПК-2

ПК-2: способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Теоретические основы численных методов, погрешности вычислений, устойчивости и сложности алгоритма	Использовать современный математический аппарат при реализации численных методов	Методикой построения, анализа и применения численных моделей в профессиональной деятельности
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Опрос на занятиях; • Экзамен; • Конспект самоподготовки; • Отчет по практике; • Экзамен;	• Опрос на занятиях; • Экзамен; • Конспект самоподготовки; • Отчет по практике; • Экзамен;	• Экзамен; • Отчет по практике; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Знает все теоретические положения численных методов, погрешности вычислений, устойчивости и сложности алгоритма;	• Умеет использовать современный математический аппарат при реализации численных методов при разработке ПО любого уровня сложности;	• Владеет методикой построения, анализа и применения численных моделей любого уровня сложности в профессиональной деятельности;
Хорошо (базовый уровень)	• Знает основные теоретические положения численных	• Частично умеет использовать современный	• Владеет методикой построения и применения численных

Согласована на портале № 3854

	методов, погрешности вычислений;	математический аппарат при реализации численных методов при разработке ПО среднего уровня сложности;	моделей среднего уровня сложности в профессиональной деятельности;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Знает лишь базовые теоретические положения численных методов;	• Умеет использовать некоторые математические приемы реализации численных методов при разработке ПО простого уровня;	• Владеет методикой применения численных моделей простого уровня в профессиональной деятельности;

2.2 Компетенция ОПК-3

ОПК-3: способностью к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	• численные методы линейной алгебры; • решение нелинейных уравнений и систем; • численное интегрирование и дифференцирование; • методы приближения функции; • методы решения дифференциальных уравнений; • методы решения интегральных уравнений.	Разрабатывать программы, реализующие численные методы	Основными приемами численного решения математических задач на современных языках программирования
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Опрос на занятиях; • Экзамен; • Конспект самоподготовки; • Отчет по практике; • Экзамен;	• Опрос на занятиях; • Экзамен; • Конспект самоподготовки; • Отчет по практике; • Экзамен;	• Экзамен; • Отчет по практике; • Экзамен;

Согласована на портале № 3854

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Знает все изученные в рамках курса численные методы решения прикладных математических задач: • численные методы линейной алгебры; • решение нелинейных уравнений и систем; • численное интегрирование и дифференцирование; • методы приближения функции; • методы решения дифференциальных уравнений; • методы решения интегральных уравнений.;	• Умеет эффективно разрабатывать программы любого уровня сложности, реализующие численные методы;	• Свободно владеет приемами численного решения математических задач на современных языках программирования;
Хорошо (базовый уровень)	• Знает основные изученные в рамках курса численные методы решения прикладных математических задач: • численные методы линейной алгебры; • решение нелинейных уравнений и систем; • численное интегрирование и дифференцирование; • методы приближения функции.;	• Умеет разрабатывать программы среднего уровня сложности, реализующие численные методы;	• В достаточной степени владеет основными приемами численного решения математических задач на современных языках программирования;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Знает лишь базовые численные методы решения прикладных математических задач: • численные методы линейной алгебры; • численное интегрирование; • методы приближения функции.;	• Умеет разрабатывать простые программы, реализующие численные методы;	• На низком уровне владеет небольшим числом приемов численного решения математических задач на современных языках программирования;

2.3 Компетенция ОПК-1

ОПК-1: способностью использовать базовые знания естественных наук,математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой..

Согласована на портале № 3854

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Особенности математических вычислений, реализуемых на ЭВМ	Строить алгоритмы реализации численных методов решения прикладных задач	Навыками применения базового инструментария численных методов для решения прикладных задач
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Опрос на занятиях; • Экзамен; • Конспект самоподготовки; • Отчет по практике; • Экзамен;	• Опрос на занятиях; • Экзамен; • Конспект самоподготовки; • Отчет по практике; • Экзамен;	• Экзамен; • Отчет по практике; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Знает все особенности математических вычислений, реализуемых на ЭВМ;	• Умеет эффективно строить алгоритмы реализации численных методов решения прикладных задач любого уровня сложности;	• Свободно владеет навыками применения базового инструментария численных методов для решения любых прикладных задач;
Хорошо (базовый уровень)	• Знает основные особенности математических вычислений, реализуемых на ЭВМ;	• Умеет строить алгоритмы реализации численных методов решения прикладных задач сред-него уровня сложности;	• В достаточной степени владеет навыками применения базового инструментария численных методов для решения многих прикладных задач;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Знает лишь базовые особенности математических вычислений, реализуемых на ЭВМ;	• Умеет использовать готовые алгоритмы реализации численных методов решения простых прикладных	• На низком уровне владеет навыками применения базового инструментария численных методов для

Согласована на портале № 3854

		задач;	решения лишь небольшого числа прикладных задач;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Вопросы на самоподготовку

- Устойчивость решения задачи Коши
- Численные методы решения задачи Коши
- Метод Эйлера
- Метод Рунге-Кутта
- Решение систем дифференциальных уравнений
- Решение уравнения n-го порядка
- Интерполяция обобщенными многочленами
- Полиноминальная интерполяция
- Погрешность интерполяции
- Минимизация погрешности
- Глобальная полиноминальная интерполяция
- Чувствительность интерполяционного полинома к погрешностям входных данных
- Интерполяция с помощью «скользящего» полинома
- Кусочно-полиноминальная интерполяция
- Преобразование Фурье, дискретное преобразование
- Тригонометрическая интерполяция
- Приближение сплайнами
- Ортогональные системы функций
- Постановка задачи
- Локализация корней
- Корректность и обусловленность задачи
- Метод Ньютона и его модификации
- Метод итерации
- Условия сходимости метода итераций
- Градиентный метод
- Преобразование подобия
- Локализация собственных значений
- Обусловленность задачи вычисления собственных значений и собственных векторов
- Степенной метод вычисления максимального собственного числа
- QR-алгоритм вычисления собственных чисел
- Метод обратных итераций вычисления собственных векторов
- Локализация корней
- Обусловленность задачи вычисления корня
- Методы нахождения корней
- Обусловленность метода простой итерации и метода Ньютона
- Чувствительность к погрешностям
- Классификация линейных интегральных уравнений
- Дискретизация интегрального уравнения второго рода
- Решение интегральных уравнений 1-го рода
- Регуляризация
- Понятие о квадратурных формулах

Согласована на портале № 3854

– Формулы Ньютона-Котеса
– Формулы трапеций, Симпсона, Гаусса, прямоугольников
– Погрешность квадратурных формул
– Обусловленность квадратурных формул
– Правило Рунге оценки погрешности квадратурных формул
– Простейшие формулы численного дифференцирования
– Общий способ получения формул численного дифференцирования
– Погрешности дифференцирования
– Обусловленность формул численного дифференцирования
– Нормы векторов и матриц
– Абсолютная и относительная погрешность векторов
– Обусловленность задачи решения систем линейных алгебраических уравнений
– Прямые методы решения СЛАУ
– Итерационные методы решения СЛАУ
– Сходимость итерационных процессов
– Погрешности итерационных процессов
– Решение переопределенной СЛАУ методом наименьших квадратов
– Вычисление определителей
– Вычисление обратной матрицы

3.2 Темы опросов на занятиях

– Устойчивость решения задачи Коши
– Численные методы решения задачи Коши
– Метод Эйлера
– Метод Рунге-Кутта
– Решение систем дифференциальных уравнений
– Решение уравнения n-го порядка
– Интерполяция обобщенными многочленами
– Полиноминальная интерполяция
– Погрешность интерполяции
– Минимизация погрешности
– Глобальная полиноминальная интерполяция
– Чувствительность интерполяционного полинома к погрешностям входных данных
– Интерполяция с помощью «скользящего» полинома
– Кусочно-полиноминальная интерполяция
– Преобразование Фурье, дискретное преобразование
– Тригонометрическая интерполяция
– Приближение сплайнами
– Ортогональные системы функций
– Постановка задачи
– Локализация корней
– Корректность и обусловленность задачи
– Метод Ньютона и его модификации
– Метод итерации
– Условия сходимости метода итераций
– Градиентный метод
– Преобразование подобия
– Локализация собственных значений
– Обусловленность задачи вычисления собственных значений и собственных векторов
– Степенной метод вычисления максимального собственного числа
– QR-алгоритм вычисления собственных чисел

Согласована на портале № 3854

- Метод обратных итераций вычисления собственных векторов
- Локализация корней
- Обусловленность задачи вычисления корня
- Методы нахождения корней
- Обусловленность метода простой итерации и метода Ньютона
- Чувствительность к погрешностям
- Постановка вычислительной задачи
- Обусловленность вычислительной задачи
- Корректность вычислительных алгоритмов
- Требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам
- Источники погрешностей
- Понятие приближенного числа
- Абсолютная и относительная погрешности
- Верные цифры числа
- Связь относительной погрешности с количеством верных знаков числа
- Погрешность суммы, разности, произведения, частного, степени
- Общая формула для погрешности функции
- Обратная задача теории погрешности
- Классификация линейных интегральных уравнений
- Дискретизация интегрального уравнения второго рода
- Решение интегральных уравнений 1-го рода
- Регуляризация
- Понятие о квадратурных формулах
- Формулы Ньютона-Котеса
- Формулы трапеций, Симпсона, Гаусса, прямоугольников
- Погрешность квадратурных формул
- Обусловленность квадратурных формул
- Правило Рунге оценки погрешности квадратурных формул
- Простейшие формулы численного дифференцирования
- Общий способ получения формул численного дифференцирования
- Погрешности дифференцирования
- Обусловленность формул численного дифференцирования
- Нормы векторов и матриц
- Абсолютная и относительная погрешность векторов
- Обусловленность задачи решения систем линейных алгебраических уравнений
- Прямые методы решения СЛАУ
- Итерационные методы решения СЛАУ
- Сходимость итерационных процессов
- Погрешности итерационных процессов
- Решение переопределенной СЛАУ методом наименьших квадратов
- Вычисление определителей
- Вычисление обратной матрицы

3.3 Экзаменационные вопросы

- Устойчивость решения задачи Коши
- Численные методы решения задачи Коши
- Метод Эйлера
- Метод Рунге-Кутта
- Решение систем дифференциальных уравнений
- Решение уравнения n-го порядка
- Интерполяция обобщенными многочленами

Согласована на портале № 3854

- Полиноминальная интерполяция
- Погрешность интерполяции
- Минимизация погрешности
- Глобальная полиноминальная интерполяция
- Чувствительность интерполяционного полинома к погрешностям входных данных
- Интерполяция с помощью «скользящего» полинома
- Кусочно-полиноминальная интерполяция
- Преобразование Фурье, дискретное преобразование
- Тригонометрическая интерполяция
- Приближение сплайнами
- Ортогональные системы функций
- Постановка задачи
- Локализация корней
- Корректность и обусловленность задачи
- Метод Ньютона и его модификации
- Метод итерации
- Условия сходимости метода итераций
- Градиентный метод
- Преобразование подобия
- Локализация собственных значений
- Обусловленность задачи вычисления собственных значений и собственных векторов
- Степенной метод вычисления максимального собственного числа
- QR-алгоритм вычисления собственных чисел
- Метод обратных итераций вычисления собственных векторов
- Локализация корней
- Обусловленность задачи вычисления корня
- Методы нахождения корней
- Обусловленность метода простой итерации и метода Ньютона
- Чувствительность к погрешностям
- Постановка вычислительной задачи
- Обусловленность вычислительной задачи
- Корректность вычислительных алгоритмов
- Требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам
- Источники погрешностей
- Понятие приближенного числа
- Абсолютная и относительная погрешности
- Верные цифры числа
- Связь относительной погрешности с количеством верных знаков числа
- Погрешность суммы, разности, произведения, частного, степени
- Общая формула для погрешности функции
- Обратная задача теории погрешности
- Классификация линейных интегральных уравнений
- Дискретизация интегрального уравнения второго рода
- Решение интегральных уравнений 1-го рода
- Регуляризация
- Понятие о квадратурных формулах
- Формулы Ньютона-Котеса
- Формулы трапеций, Симпсона, Гаусса, прямоугольников
- Погрешность квадратурных формул
- Обусловленность квадратурных формул

Согласована на портале № 3854

– Правило Рунге оценки погрешности квадратурных формул
– Простейшие формулы численного дифференцирования
– Общий способ получения формул численного дифференцирования
– Погрешности дифференцирования
– Обусловленность формул численного дифференцирования
– Нормы векторов и матриц
– Абсолютная и относительная погрешность векторов
– Обусловленность задачи решения систем линейных алгебраических уравнений
– Прямые методы решения СЛАУ
– Итерационные методы решения СЛАУ
– Сходимость итерационных процессов
– Погрешности итерационных процессов
– Решение переопределенной СЛАУ методом наименьших квадратов
– Вычисление определителей
– Вычисление обратной матрицы

3.4 Тематика практики

– Нахождение нулей функций с одной переменной
– Численные методы решения задач линейной алгебры
– Численные методы поиска собственных чисел и векторов матриц
– Методы приближения функций. Численное дифференцирование функций
– Численное интегрирование
– Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Мицель А.А. Вычислительные методы. Учебное пособие. – Томск: В-Спектр, 2010. – 264 с. (50 экз.). (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)
2. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 636 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 130 экз.)

4.2. Дополнительная литература

1. Мицель А.А. Практикум по численным методам. – Томск: ТУСУР, 2004. – 196 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Романенко В.В. Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Вычислительная математика». – Томск: ТУСУР, 2010. – 106 с. [Электронный ресурс]. - http://asu.tusur.ru/learning/bak230100/d18/b230100_d18_pract.doc
2. Мицель А.А. Численные методы. Методические указания по самостоятельной работе студентов по специальности 010400.62 «Прикладная математика и информатика». – Томск: ТУСУР, 2016. – 10 с. [Электронный ресурс]. - http://asu.tusur.ru/learning/bak010400/d31/b010400_d31_work.doc

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. http://poiskknig.ru – электронная библиотека учебников Мех-Мата МГУ, Москва.
2. http://www.mathnet.ru.ru – общероссийский математический портал.
3. http://www.lib.mexmat.ru – электронная библиотека механико-математического факультета Московского государственного университета.
4. http://onlinelibrary.wiley.com – научные журналы издательства Wiley&Sons.

Согласована на портале № 3854

5. http://www.sciencedirect.com – научные журналы издательства Elsevier.