

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**



УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

Фионова Л.Р.

« 15 » июня 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.2.18.1 КВАДРАТУРНЫЕ И КУБАТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ

Направление подготовки 01.03.04— «Прикладная математика»

Профиль подготовки «Математическое моделирование в экономике и технике»

Квалификация (степень) выпускника – *бакалавр*

Форма обучения очная

Пенза, 2015

Рабочая программа дисциплины «Квадратурные и кубатурные формулы» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.04 — «Прикладная математика».

Программу составили:

Добрынина Н. Ф., доцент кафедры «ВиПМ»



(Ф.И.О., должность, подпись)

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 № 7.1

от « 29 » 05 2015 года

Зав. кафедрой «ВиПМ»



И. В. Бойков

(подпись, Ф.И.О.)

Программа согласована с заведующим выпускающей кафедрой

«Высшая и прикладная математика»



И. В. Бойков

(название кафедры)

(подпись, Ф.И.О., дата)

Программа одобрена методической комиссией факультета вычислительной техники

Протокол № 6

от « 15 » июня 2015 года

Председатель методической комиссии
факультета вычислительной техники



Н. Н. Коннов

(подпись)

(Ф.И.О.)

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Кубатурные формулы» является участие в формировании следующих компетенций:

ОПК-1: готовность к самостоятельной работе;

ПК-10: готовность применять математический аппарат для решения поставленных задач, способность применять соответствующую процессу математическую модель и проверять ее адекватность, проводить анализ результатов моделирования, принимать на основе полученных результатов:

ПК-12: способность самостоятельно изучать новые разделы фундаментальных наук

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Квадратурные и кубатурные формулы» является дисциплиной вариативной части модуля Б1 и является одной из дисциплин, формирующих знания и навыки, характерные для бакалавра по направлению подготовки 01.03.04. «Прикладная математика». Изучение дисциплины базируется на знаниях студентами курсов «Линейная алгебра и аналитическая геометрия» Б1.1.08, «Математический анализ» Б1.1.07, «Дифференциальные уравнения» Б1.1.11, «Теория функций комплексного переменного» Б1.1.09.

Дисциплина «Квадратурные и кубатурные формулы» используется при изучении таких дисциплин как «Математическое моделирование» Б1.1.27, «Численные методы» Б1.1.19, «Теория управления» Б1.1.20, «Операционные системы и сети ЭВМ» Б1.1.21.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа. Продолжительность изучения дисциплины - один семестр (пятый). В конце семестра – зачет.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Квадратурные и кубатурные формулы»

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
ОПК-1	Готовность к самостоятельной работе.	Знать: методы вычислительной математики.
		Уметь: применять квадратурные и кубатурные формулы при построении

		численных методов.
		Владеть: современными методами построения квадратурных и кубатурных формул и оценивания их погрешностей.
ПК-10.	Готовность применять математический аппарат для решения поставленных задач, способность применять соответствующую процессу математическую модель и проверять ее адекватность, проводить анализ результатов моделирования, принимать решение на основе полученных результатов.	Знать: основные разделы вычислительной математики.
		Уметь: применять методы вычислительной математики и, в частности, квадратурные и кубатурные формулы при численной реализации математических моделей.
		Владеть: методами математического моделирования при решении прикладных задач..
ПК-12	способность самостоятельно изучать новые разделы фундаментальных наук	Знать: особенности математических вычислений, реализуемых на ЭВМ; основные модели и методы вычислительной математики; методы исследования основных инженерных и научных задач проектирования и разработки объектов профессиональной деятельности, численные методы решения типовых математических задач.
		Уметь: выполнять необходимые численные расчеты; оценивать точность полученных результатов; представлять полученные результаты в виде блок-схем, таблиц и графиков.
		Владеть: методами математического анализа, функционального анализа, общей и линейной алгебры..

Структура и содержание дисциплины «Квадратурные и кубатурные формулы»

4.1. Структура дисциплины «Квадратурные и кубатурные формулы»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ 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	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контролльн. Работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных творческих работ	курсовая работа (проект)	Проверка практических заданий
				Всего	Лекция	Практические занятия	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к аудиторным занятиям	Реферат, эссе и др.	Курсовая работа (проект)	Подготовка экзамену								
1.	Раздел 1. Квадратурные суммы. Интерполяционные суммы	5	1-2	4	2	2		4	4											
1.1.	Тема 1.1. Простейшие квадратурные формулы. Формула прямоугольников. Формула трапеций. Формула Симпсона. Оценки погрешности квадратурной формулы.	5	1	2	1	1		2	2											
1.2	Тема 1.2 Производящая функция, необходимая для вычисления чисел Бернулли. Производящая функция , необходимая для построения многочленов Бернулли. Числа и многочлены Бернулли. Разложение	5	2	2	1	1		2	2											

	произвольной функции по многочленам Бернулли.																		
2.	Раздел 2. Квадратуры наивысшей алгебраической степени точности.	5	3-4	4	2	2		3	3										
2.1.	Тема 2.1. Понятие степени точности квадратурной формулы. Алгебраическая степень точности квадратурной формулы. Наилучшая квадратурная формула.	5	3	2	1	1		1	1										
2.2.	Тема 2.2. Квадратурная формула с наименьшей оценкой остатка. Особенности приближенного вычисления интегралов от периодических функций. Понятие тригонометрической степени точности.	5	4	2	1	1		2	2										
3.	Раздел 3. Интерполяционные квадратурные формулы.	5	5-6	4	2	2		4	4										
3.1.	Тема 3.1. Необходимое и достаточное условия для того, чтобы квадратурная формула была интерполяционной. Представление остатка интерполяционной квадратуры.	5	5	2	1	1		2	2				5н						
3.2.	Тема 3.2. Формулы Ньютона-Котеса. Форма остатка формулы Ньютона-Котеса. Сравнение точности формул Симпсона и «правила трех восьмых».	5	6	2	1	1		2	2										
4.	Раздел 4. Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности	5	7-8	4	2	2		4	4										
4.1	Тема 4.1. Необходимые и достаточные	5	7	2	1	1		2	2										

	условия для того, чтобы чтобы квадратурная формула была точной для многочленов степени $\leq 2n-1$. Квадратурная формула, имеющая наивысшую степень точности.																			
4.2	Тема 4.2. Остаток квадратуры наивысшей степени точности. Понятие сходимости квадратурного процесса. Узлы, коэффициенты и остаток формулы Гаусса.	5	8	2	1	1		2	2											
5.	Раздел 5. Квадратурные формулы с наименьшей оценкой остатка.	5	9	2	-	2		2	2											9н
5.1.	Тема 5.1. Точность квадратурной формулы для функций данного класса. Задача минимизации остатка квадратуры. Минимизация остатка в классах $L_q^{(r)}$ «Наилучшая» квадратурная формула во всем классе функций. Задача минимизации оценки остатка квадратуры.	5	9	2	-	2		2	2											
6.	Раздел 6. Увеличение точности квадратур.	5	10- 11	4	2	2		5	5											
6.1.	Тема 6.1. Нахождение узлов квадратурной формулы с равными коэффициентами. Нахождение узлов квадратурной формулы с равными коэффициентами и с постоянной весовой функцией.	5	10	2	1	1		2	2											
6.2	Тема 6.2 Влияние четности числа узлов на точность квадратурной формулы. Ограничение С.Н .Бернштейна на число узлов квадратурной формулы Л.П.	5	11	2	1	1		3	3											

	Чебышева.																			
7..	Раздел 7 Сходимость квадратурного процесса.	5	12-13	4	2	2		4	4											
7.1.	Тема 7.1. Две основные проблемы сходимости. Два условия сходимости квадратурного процесса для непрерывной на конечном отрезке функции.	5	12	2	1	1		2	2											
7.2.	Тема 7.2. Условия сходимости квадратурного процесса при неотрицательных коэффициентах $A_k^{(n)}$ непрерывной функции. Необходимые условия сходимости квадратурного процесса для функций класса $C_r[a, b]$.	5	13	2	1	1		2	2				13 н							
8..	Раздел 8. Кратное интегрирование	5	14-15	4	2	2		4	4											
8.1.	Тема 8.1. Кубатурная формула метода ячеек. Погрешность кубатурной формулы	5	14	2	1	1		2	2											
8.2.	Тема 8.2. Особенности вычисления кратного интеграла по области с криволинейной границей. Последовательное интегрирование кратного интеграла.	5	15	2	1	1		2	2											
9.	Раздел 9. Общая экстремальная задача	5	16	2	2	-		2	2											
9.1	Тема 9.1. Экстремальные задачи. Наилучшая квадратурная формула для класса $W_L^{(n+1)}(M; 0, m)$. Квадратурные формулы, содержащие значения	5	16	2	2	-		2	2											16 н

	производных.																			
10.	Раздел 10. Метод статистических испытаний.	5	17-18	4	2	2		4	4											
10.1	Тема 10.1. Равномерное распределение случайной величины. Разыгрывание случайной величины. Вычисление интегралов методом Монте-Карло.	5	17	2	1	1		2	2											
10.2	Тема 10.2. Вычисление кратных интегралов сеточным методом. Вычисление кратных интегралов статистическим методом.	5	18	2	1	1		2	2											
	<i>Курсовая работа (проект)</i>																			
	<i>Подготовка к экзамену</i>																			
	Общая трудоемкость, в часах			36	18	18		36	36				Промежуточная аттестация							
													Форма	Семестр						
													Зачет	5						
													Экзамен							

4.2. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Квадратурные суммы. Интерполяционные суммы.	Простейшие квадратурные формулы. Оценки погрешности квадратурной формулы. Числа и многочлены Бернулли. Разложение произвольной функции по многочленам Бернулли.
2.	Квадратуры наивысшей алгебраической степени точности.	Понятие степени точности квадратурной формулы. Алгебраическая степень точности квадратурной формулы. Наилучшая квадратурная формула. Квадратурная формула с наименьшей оценкой остатка. Понятие тригонометрической степени точности.
3.	Интерполяционные квадратурные формулы.	Необходимые и достаточные условия того, чтобы квадратурная формула была интерполяционной. Представление остатка интерполяционной квадратуры. Формулы Ньютона-Котеса. Сравнение точности формул Симпсона и «правила трех восьмых».
4.	Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности.	Необходимые и достаточные условия того, чтобы квадратурная формула была точной для многочленов степени $\leq 2n - 1$. Квадратурная формула, имеющая наивысшую степень точности. Узлы, коэффициенты и остаток формулы Гаусса.
5.	Квадратурные формулы с наименьшей оценкой остатка.	Задача минимизации остатка квадратуры. Минимизация остатка в классах $L_q^{(r)}$. «Наилучшая» квадратурная формула во всем классе функций. Задача минимизации оценки остатка квадратуры.
6.	Увеличение точности квадратур.	Нахождение узлов квадратурной формулы с равными коэффициентами. Влияние четности числа узлов на точность квадратурной формулы. Ограничение С.Н. Бернштейна на число узлов квадратурной формулы Л.П. Чебышева.
7.	Сходимость квадратурного процесса.	Две основные проблемы сходимости. Два условия сходимости квадратурного процесса для непрерывной на конечном интервале функции. Условия сходимости квадратурного процесса при неотрицательных коэффициентах непрерывной функции. Необходимые условия сходимости квадратурного процесса для функций класса $C_r[a, b]$.
8.	Кратное интегрирование.	Кубатурная формула метода ячеек. Погрешность кубатурной формулы. Особенности вычисления кратного интеграла по области с криволинейной границей. Последовательное интегрирование кратного

		интеграла.
9.	Общая экстремальная задача.	Экстремальные задачи. Наилучшая квадратурная формула для класса $W_{L_1}^{(n+1)}(M; 0, m)$. Квадратурные формулы, содержащие значения производных.
10.	Метод статистических испытаний.	Равномерное распределение случайной величины. Разыгрывание случайной величины. Вычисление интегралов методом Монте-Карло. Вычисление кратных интегралов сеточным методом. Вычисление кратных интегралов статистическим методом.

5. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины «Квадратурные и кубатурные формулы» предполагается использовать структурно-логические и интеграционные образовательные технологии, реализуемые посредством:

- лекций в виде вводных, текущих, обзорных и заключительно-обобщающих занятий;
- практических занятий с использованием методов «многократного повторения» (темы 1.1, 2.1, 3.1); по логике мышления – индуктивные, дедуктивные и репродуктивные.
- лабораторных работ по вычислительной математике с помощью персональных компьютеров:
 - организации самостоятельной работы на основе лично-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 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	Рекомендуемая литература	Количество часов
1-2	Раздел 1. Квадратурные суммы. Интерполяционные суммы	Решение задач по теме	[1-7]	4
3-4	Раздел 2. Квадратуры			3

	наивысшей алгебраической степени точности.			
5-6	Раздел 3. Интерполяционные квадратурные формулы.	Решение задач по теме	[1-7]	4
7-8	Раздел 4. Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности	Решение задач по теме	[1-7]	4
9	Раздел 5. Квадратурные формулы с наименьшей оценкой остатка.	Решение задач по теме	[1-7]	2
10-11	Раздел 6. Увеличение точности квадратур.	Решение задач по теме	[1-7]	5
12-13	Раздел 7 Сходимость квадратурного процесса.	Решение задач по теме	[1-7]	4
14-15	Раздел 8. Кратное интегрирование	Решение задач по теме	[1-7]	4
16	Раздел 9. Общая экстремальная задача	Решение задач по теме	[1-7]	2
17-18	Раздел 10. Метод статистических испытаний.	Решение задач по теме	[1-7]	4

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

- Подготовка к аудиторным занятиям, собеседованиям, контрольным работам проводится посредством изучения курса лекций, дополнительной литературы, а также решения предложенных задач.

- Подготовка к зачету – 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	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Контрольная работа	Разделы 1-9.	ОПК-1, ПК-10, ПК-12
2	Собеседование	Разделы 1-7.	ОПК-1, ПК-10, ПК-12
3	Зачет	Разделы 1-10.	ОПК-1, ПК-10, ПК-12

Темы практических занятий

Тема 1. Квадратурные суммы. Интерполяционные суммы. Простейшие квадратурные формулы. Оценки погрешности квадратурной формулы [4]:1202-1212
Формула прямоугольников. (1-2 недели), Формула трапеций(3-4 недели), Формула Симпсона(5-6 недели).

Тема 2. Интерполяционные формулы Лагранжа, Ньютона. (7-10 недели).
[4]:1192-1201.

Тема 3. Кратное интегрирование.
Аналог формулы прямоугольников, аналог формулы трапеций, аналог формулы Симпсона (11-15 недели), [4]:1213-1218.

Тема 4. Применение метода Монте-Карло к вычислению определенных интегралов (16-18 недели) [4]:1219-1226.

Вопросы к собеседованию.

1. Простейшие квадратурные формулы.
2. Классы функций.
3. Формула Тейлора с остаточным членом в интегральной форме.
4. Разложение произвольной функции по многочленам Бернулли.
5. Точная оценка приближения квадратурной формулы.
6. Алгебраическая степень точности квадратурной формулы.
7. Наилучшая квадратурная формула.
8. Квадратурная формула с наименьшей оценкой остатка.
9. Понятие тригонометрической степени точности.
10. Веса и узлы для частных квадратурных формул.
11. Представление остатка интерполяционной квадратуры.
12. Усложненные квадратурные формулы. Оценка приближений сверху для классов функций.
13. Задача минимизации остатка квадратуры.
14. Минимизация остатка в классах $L_q^{(r)}$.
15. «Наилучшая» квадратурная формула во всем классе функций.
16. Оценки для индивидуальных функций. Выбор квадратурной формулы.
17. Постоянная χ . Уточнение квадратурной формулы.
18. Квадратурные формулы, в которые входят значения производных.
19. Узлы, коэффициенты и остаток формулы Гаусса.

Примерные варианты контрольных работ

Контрольная работа №1

Вариант 1. Построить квадратурную формулу Гаусса по 5 узлам

$$\int_0^1 e^{-x^2} dx; \quad \int_0^{0.5} \cos \frac{x^2}{4} dx.$$

Вариант 2. Построить квадратурную формулу Гаусса по 5 узлам

$$\int_0^1 e^{x^2} dx; \int_0^1 \frac{\ln(1+x^2)}{1+x^2} dx.$$

Вариант 3. Построить квадратурную формулу Гаусса по 5 узлам

$$\int_0^1 (3x^2 - 4x) dx; \int_0^{0.5} \frac{(\operatorname{arctg} x)^2}{x} dx.$$

Вариант 4. Построить квадратурную формулу Симпсона и оценить ее погрешность по 10 узлам

$$\int_0^1 \frac{x dx}{1+x^3}, \int_0^{\frac{\pi}{3}} \frac{dx}{\sqrt{1-0,25 \sin^2 x}}.$$

Вариант 5. Построить квадратурную формулу Симпсона и оценить ее погрешность по 10 узлам

$$\int_1^5 \frac{\ln x dx}{x}, \int_0^{0.5} \sqrt{\frac{1-0,25x^2}{1-x^2}} dx.$$

Контрольная работа №2

Вычислить кратные интегралы с помощью кубатурных формул. Оценить погрешность при $n \cdot m$ узлах при $n=5, m=6$

Вариант №1.

$$\iint_D e^{x+y} dx dy, \quad D: x=0, y=0, x+y=2.$$

Вариант №2.

$$\iint_D e^{x+y} dx dy, \quad D: x=0, y=0, x+y=2.$$

Вариант №3.

$$\iint_D \frac{x^2}{1+y^2} dx dy, \quad D: x^2 + y^2 \leq 1, x \geq 0, y \geq 0.$$

Вариант №4.

$$\iint_D xy dx dy; \quad D: x+y \leq 1, x-y \leq 1, x \geq 0.$$

Вариант №5.

$$\iint_D e^{x+y} dx dy; \quad D: y \geq x^2, y \leq 4-x^2.$$

Вопросы к зачету

1. Квадратурные формулы и задачи с ними связанные.
2. Приближенное интегрирование периодических функций.
3. Остаток квадратурной формулы и его представления.
4. Интерполяционные квадратуры и их остаточные члены.
5. Формулы Ньютона-Котеса.
6. Простейшие формулы Ньютона-Котеса.
7. Квадратуры наивысшей алгебраической степени точности. Общие теоремы.
8. Квадратуры наивысшей алгебраической степени точности. Постоянная

- весовая функция.
9. Квадратуры наивысшей алгебраической степени точности. Интегралы вида

$$\int_a^b (b-x)^\alpha (x-a)^\beta f(x) dx.$$
 10. Квадратуры наивысшей алгебраической степени точности. Интегралы вида

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} f(x) dx.$$
 11. Квадратуры наивысшей алгебраической степени точности. Интегралы вида

$$\int_0^{\infty} x^\alpha e^{-x} f(x) dx.$$
 12. Задача минимизации остатка квадратуры.
 13. Минимизация остатка на классах $L_q^{(r)}$.
 14. Минимизация остатка на классах C_r .
 15. Задача минимизации оценки остатка квадратуры с закрепленными концами.
 16. Квадратурные формулы, содержащие наперед заданные узлы. Общие теоремы.
 17. Квадратурные формулы, содержащие наперед заданные узлы. Формулы частного вида.
 18. Квадратурные формулы, содержащие наперед заданные узлы. Вычисление интеграла со знакопеременной весовой функцией.
 19. Квадратурные формулы с равными коэффициентами.
 20. Единственность квадратурной формулы наивысшей алгебраической точности с равными коэффициентами.
 21. Интегралы с постоянной весовой функцией.
 22. О двух направлениях в задаче увеличения точности.
 23. Ослабление особенности интегрируемой функции.
 24. Эйлеровы методы разложения остатка квадратуры.
 25. Увеличение точности квадратуры.
 26. Проблемы сходимости квадратурного процесса.
 27. Сходимость интерполяционных квадратур для аналитических функций..
 28. Построение формул кратного интегрирования. Метод ячеек.
 29. Построение формул кратного интегрирования. Повторное применение квадратурных формул.
 30. Построение кубатурных формул на основе интерполяционных многочленов.
 31. Об общей задаче выбора параметров в правиле вычисления кратных интегралов.
 32. Симметрические кубатурные формулы.
 33. Преобразование одной области интегрирования в другую.
 34. Метод декартовых произведений.
 35. Случайные величины. Равномерно распределенная величина.
 36. Оценка погрешности численного интегрирования на равномерной сетке.
 37. Оценка снизу погрешности численного интегрирования..
 38. Метод Монте-Карло.
 39. Ускорение сходимости метода Монте-Карло.

Задания к зачету

[4] №№ 1202-1226

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Квадратурные и кубатурные формулы»

а) Основная литература

1. Бахвалов Н. С. Численные методы : учебник / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. - 6-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 636 с. - (Классический университетский учебник). (5 экз) http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=9551
2. Бахвалов, Н. С. Численные методы / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2003. – 632 с. (5 экз) http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=78
3. Бахвалов, Н. С. Численные методы / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2004. – 638 с. (10 экз) http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=4652
4. Данко П.Е., Высшая математика в упражнениях и задачах. В 2-х ч. : учебное пособие (с решениями). ч. 2 / П. Е. Данко, А. Г. Попов, Т. Я. Кожевникова, С. П. Данко. - 7-е изд., испр. - М. : Оникс : Мир и образование, 2008. - 488 с.(109 экз) http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=9730
5. Бойков И.В. Приближенные методы вычисления интегралов Адамара : учебное пособие / И. В. Бойков, Н. Ф. Добрынина ; Пенз. гос. ун-т. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. - 108 с.(25 экз) http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=8132
6. Добрынина Н.Ф. Численное интегрирование [Текст] : конспект лекций / Пенз. гос. ун-т. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. - 66 с (30 экз) http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=1852
7. Добрынина Н.Ф. Квадратурные формулы : конспект лекций / Н. Ф. Добрынина ; Пенз. гос. ун-т. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. - 100 с(31 экз) http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=8218
8. Бойков И.В. Приближенные методы вычисления интегралов Адамара : учебное пособие / И. В. Бойков, Н. Ф. Добрынина ; Пенз. гос. ун-т. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. - 108 с. (36 экз)

http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=8132

б) Дополнительная литература

9. Добрынина Н.Ф. Квадратурные формулы: Конспект лекций. - Пенза: Пенз. гос. ун-т, 2007. - 100 с. Электронная библиотека системы федеральных образовательных порталов:

<http://window.edu.ru/resource/362/55362>

10. Добрынина Н.Ф. Численное интегрирование: Методические указания к практическим занятиям по курсу "Квадратурные формулы". - Пенза: Пенз. гос. ун-т, 2007. - 68 с. Электронная библиотека системы федеральных образовательных порталов:

<http://window.edu.ru/resource/359/55359>

11. Добрынина Н.Ф., Домнин Л.Н. Эффективный метод вычисления интеграла Адамара на конечном интервале: Методические указания к курсовой работе. - Пенза: Пенз. гос. ун-т, 2007. - 43 с. Электронная библиотека системы федеральных образовательных порталов

<http://window.edu.ru/resource/363/55363>

12. Добрынина Н.Ф., Домнин Л.Н. Квадратурные и кубатурные формулы: Методические указания к выполнению лабораторных вычислительных работ. - Пенза: Пенз. гос. ун-т, 2007. - 43 с. Электронная библиотека системы федеральных образовательных порталов

<http://window.edu.ru/resource/360/55360>

13. Бойков И.В., Добрынина Н.Ф. Приближенные методы вычисления интегралов Адамара: Учебное пособие. - Пенза: Пенз. гос. ун-т, 2007. - 108 с. Электронная библиотека системы федеральных образовательных порталов

<http://window.edu.ru/resource/361/55361>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные и практические занятия по дисциплине "Кубатурные формулы" проводятся в лекционных аудиториях университета. Лабораторные работы проводятся в классах, оснащенных персональными компьютерами. ПО "Microsoft Windows" (подписка Dream Spark / Microsoft Imagine Standard); регистрационный номер 00037FFEBACF8FD7 Договор N СД-130712001 от 12.07.2013 (подписка с 1 сентября 2013г. до 31 августа 2017г.) Продление Microsoft Imagine Standard RDF-00031 (подписка с 1 сентября 2007г. до 31 августа 2020г.)

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)		
			замененных	новых	аннулированных
16/17	№1 от 19.09.16 Виде	Список литерат, МТО			
17/18	№1 от 4.09.17 Виде	Список литерат, МТО			