

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Факультет компьютерных технологий и прикладной математики

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Иванов А.Г.

подпись

«29»

05

2015 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.15 ПРОГРАММИРОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ В СРЕДЕ С И FORTRAN

Направление подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) Математическое моделирование и вычислительная  
математика: Математическое моделирование

Программа подготовки \_\_\_\_\_ академическая

Форма обучения \_\_\_\_\_ очная

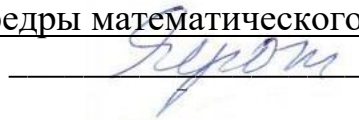
Квалификация (степень) выпускника \_\_\_\_\_ бакалавр

Краснодар 2015

Рабочая программа дисциплины «Программирование вычислительных задач в среде С и Fortran» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению **01.03.02 Прикладная математика и информатика**, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 228 от 12 марта 2015 г.

Программу составил:

Сыромятников П.В., д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры математического моделирования КубГУ



Рабочая программа дисциплины «Программирование вычислительных задач в среде С и Fortran» утверждена на заседании кафедры математического моделирования  
протокол № 8 «10» апреля 2015 г.

Заведующий кафедрой математического моделирования акад. РАН, д-р физ.-мат. наук, проф. Бабешко В.А.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета  
компьютерных технологий и прикладной математики  
протокол № 5 «29» апреля 2015 г.

Председатель УМК факультета  
канд. физ.-мат. наук, доцент Малыхин К.В.



Рецензенты:

Бегларян М.Е., канд. физ.-мат. наук, зав. кафедрой СГЕНД СКФ ФГБОУ ВО «РГУП»

Костенко К.И., канд. физ.-мат. наук, зав. кафедрой интеллектуальных информационных систем ФГБОУ ВО «КубГУ»

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель освоения дисциплины

Данная дисциплина ставит своей целью развитие профессиональных компетентностей приобретения практических навыков соответствующих разделов математики, подготовить обучающихся к успешной работе в различных сферах, применяющих математические методы и информационные технологии и развить способности самостоятельно приобретать и применять новые знания и умения.

Цели дисциплины соответствуют формируемой компетенции ПК-1.

### 1.2 Задачи дисциплины:

Основные задачи дисциплины:

- ознакомление с основами машинных вычислений,
- овладение базовыми методами вычислительной математики,
- ознакомление с основными элементами алгоритмических языков Фортран, Си и особенностями программной реализации численных алгоритмов.

### 1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Программирование вычислительных задач в среде С и Fortran» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана подготовки бакалавра, базируется на знаниях, полученных по стандарту высшего образования.

Курс является естественным продолжением читаемых ранее курсов. Данный курс наиболее тесно связан с теорией вычислительных методов, методов машинных вычислений.

Теоретической базой дисциплины являются математические дисциплины: математический анализ, обыкновенные дифференциальные уравнения, численные методы в объеме, предусмотренном для соответствующей специальности.

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на овладение обучающимися профессиональной компетенцией (ПК)

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК-1	способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим	– базовые методы вычислительной математики; – основы программирования на языке Фортран.	– применять на практике численные методы. – программировать и решать стандартные задачи по курсу вычислительных методов.	– общими принципами построения вычислительных алгоритмов – навыками написания и отладки вычислительных программ.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
		научным исследованиям			

Процесс освоения дисциплины «Программирование вычислительных задач в среде С и Fortran» направлен на получения необходимого объема знаний, отвечающих требованиям ФГОС ВО и обеспечивающих успешное ведение бакалавром научно-исследовательской деятельности, владение методологией формулирования и решения прикладных задач, а также на выработку умений применять на практике методы прикладной математики и информатики.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач. ед., 72 часа (из них 36 аудиторных). Курс «Программирование вычислительных задач в среде С и Fortran» состоит из лабораторных занятий, сопровождаемых регулярной индивидуальной работой преподавателя со студентами в процессе самостоятельной работы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр (часы)	
		5	
<b>Контактная работа (всего)</b>	<b>40,2</b>	<b>40,2</b>	
В том числе:			
Занятия лекционного типа	–	–	
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	–	–	
Лабораторные занятия	36	36	
<b>Иная контактная работа:</b>			
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2	
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>31,8</b>	<b>31,8</b>	
В том числе:			
Курсовая работа	–	–	
Проработка учебного (теоретического) материала	20	20	
Подготовка к текущему контролю	11,8	11,8	
<b>Контроль: зачет</b>			
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>40,2</b>	<b>40,2</b>
	<b>зач. ед</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№	Наименование разделов	Количество часов		
		Всего	Аудиторная работа	Внеаудиторная работа
			ЛР	СРС
1	2	3	4	5
1	Основы программирования на языке Фортран	4	2	2
2	Основы программирования на языке Си	4	2	2
3	Погрешности вычислений	4	2	2
4	Табличное задание и интерполирование функций	4	2	2
5	Численное интегрирование	8	4	4
6	Численное решение систем линейных уравнений	8	4	4
7	Численное решение нелинейных уравнений	6	4	2
8	Переопределенные системы линейных уравнений	6	4	2
9	Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши.	6	4	2
10	Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Краевая задача.	8	4	4
11	Численное решение интегральных уравнений	8	4	4
12	Обзор изученного материала и проведение зачета	3,8	2	1,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	–	–
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	–	–
	<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>31,8</b>

Примечание: ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

### 2.3 Содержание разделов дисциплины:

#### 2.3.1 Занятия лекционного типа

Учебный план не предусматривает занятий лекционного типа по дисциплине «Программирование вычислительных задач в среде С и Fortran».

#### 2.3.2 Занятия семинарского типа

Учебный план не предусматривает занятий семинарского типа по дисциплине «Программирование вычислительных задач в среде С и Fortran».

#### 2.3.3 Лабораторные занятия

№ работы	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	1	Основы программирования на языке Фортран	Отчет по ЛР
2.	2	Основы программирования на языке С	Отчет по ЛР
3.	3	Погрешности вычислений	Отчет по ЛР
4.	4	Табличное задание и интерполирование функций	Отчет по ЛР
5.	5	Численное интегрирование	Отчет по ЛР
6.	6	Численное решение систем линейных уравнений	Отчет по ЛР
7.	7	Численное решение нелинейных уравнений	Отчет по ЛР

№ работы	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
8.	8	Переопределенные системы линейных уравнений	Отчет по ЛР
9.	9	Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши.	Отчет по ЛР
10.	10	Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Краевая задача.	Отчет по ЛР
11.	11	Численное решение интегральных уравнений	Отчет по ЛР

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Учебный план не предусматривает курсовых работ по дисциплине «Программирование вычислительных задач в среде С и Fortran».

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Подготовка к текущему контролю, подготовка индивидуальных заданий	1. Алгазин С.Д. Численные алгоритмы классической математической физики. М.: Диалог-МИФИ, 2010. 240 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=135962">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=135962</a> . 2. Артёмов И. Программирование больших вычислительных задач на современном Фортране с использованием компиляторов Intel. М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. 178 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=429190">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=429190</a> .

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 2.5 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Целью самостоятельной работы является углубление знаний, полученных в результате аудиторных занятий, выработка навыков индивидуальной работы, закрепление навыков, сформированных во время лабораторных занятий.

**Раздел 1.** Основные возможности языка программирования Fortran. Основные элементы языка программирования Фортран 90. Особенности и интерфейс среды Compaq Visual Fortran. Вычисления с плавающей точкой. Графы вычислительных процессов.

Массивы. Указатели. Структуры данных, типы. Функции. Головная программа. Внешние процедуры. Внутренние процедуры. Параметры процедур. Работа с файлами.

**Раздел 2.** Основные возможности языка программирования C. Основные элементы языка программирования C. Особенности и интерфейс среды Microsoft Visual Studio. Массивы. Указатели. Структуры данных, типы. Функции. Головная программа. Внешние процедуры. Внутренние процедуры. Параметры процедур. Работа с файлами.

**Раздел 3.** Погрешности вычислений. Вычисление машинного эпсилон. Анализ распространения ошибок. Вычисление значения функции с помощью разложения ее в ряд Тейлора. Вычисление производной. Неустойчивость некоторых алгоритмов. Чувствительность некоторых задач.

**Раздел 4.** Интерполяционный полином в форме Лагранжа, Ньютона. Сплайны. Нелокальная гладкая кусочно-многочленная интерполяция. Тригонометрическая интерполяция. Многочлены Чебышёва.

**Раздел 5.** Погрешность квадратурных формул. Приемы вычисления несобственных интегралов. Адаптивные квадратурные программы.

**Раздел 6.** Обусловленность систем линейных уравнений. Метод Гаусса. Метод сопряженных градиентов. Метод простых итераций. Метод Зейделя и метод релаксации. Метод скорейшего спуска.

**Раздел 7.** Метод простой итерации. Метод Ньютона–Рафсона. Метод секущих. Нули полиномов.

**Раздел 8.** Переопределенная система линейных алгебраических уравнений. Оценка обусловленности матрицы системы МНК. Метод Гаусса. Метод сопряженных градиентов. Полиномы Лежандра.

**Раздел 9.** Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Явные методы Рунге—Кутты. Метод Рунге—Кутты первого, второго, третьего и четвертого порядка точности. Экстраполяция Ричардсона.

**Раздел 10.** Линейная краевая задача. Метод численного построения общего решения. Конечно-разностный метод (метод прогонки). Нелинейная краевая задача. Метод стрельбы. Вычислительная неустойчивость задачи Коши. Метод линеаризации.

**Раздел 11.** Метод последовательных приближений. Метод конечных сумм. Метод коллокации. Метод наименьших квадратов. Метод моментов.

### 3. Образовательные технологии.

С точки зрения применяемых методов используются традиционные методы: лабораторные занятия, самостоятельная работа студента консультации, зачет.

Компьютерные технологии в данном случае обеспечивают возможность разнопланового отображения алгоритмов и демонстрационного материала. Такое сочетание позволяет оптимально использовать отведенное время и раскрывать логику и содержание дисциплины.

Семестр	Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии		Общее количество часов
5	ЛЗ	Компьютерные симуляции. Разбор конкретных ситуаций.		10
		№	Тема	количество часов
		1	Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши	2
		2	Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Краевая задача	2
		3	Численное решение интегральных уравнений	2

Семестр	Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии		Общее количество часов
		4	Численное решение нелинейных уравнений	2
		5	Переопределенные системы линейных уравнений	2

Цель *лабораторного занятия* – научить применять теоретические знания при решении и исследовании конкретных задач. Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах, при этом практикуется работа в группах.

Темы, задания и вопросы для самостоятельной работы призваны сформировать навыки поиска информации, умения самостоятельно расширять и углублять знания, полученные в ходе лабораторных занятий.

Подход разбора конкретных ситуаций широко используется как преподавателем, так и студентами при проведении анализа результатов самостоятельной работы. Это обусловлено тем, что в процессе моделирования часто встречаются задачи, для которых единых подходов не существует. Каждая конкретная задача при своем моделировании (исследовании) имеет множество подходов, а это требует разбора и оценки целой совокупности конкретных ситуаций. Этот подход особенно широко используется при определении адекватности численной модели и результатов моделирования на отдельных этапах.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Учебная деятельность проходит в соответствии с графиком учебного процесса. Процесс самостоятельной работы контролируется во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студентов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе.

Фонд оценочных средств дисциплины состоит из средств текущего контроля (см. список лабораторных работ, задач и вопросов) и итоговой аттестации (зачета).

В качестве оценочных средств, используемых для текущего контроля успеваемости, предлагается перечень вопросов, которые прорабатываются в процессе освоения курса. Данный перечень охватывает все основные разделы курса, включая знания, получаемые во время самостоятельной работы. Кроме того, важным элементом технологии является самостоятельное решение студентами и сдача заданий. Это полностью индивидуальная форма обучения. Студент рассказывает свое решение преподавателю, отвечает на дополнительные вопросы.

Оценка успеваемости осуществляется по результатам: самостоятельного выполнения лабораторных работ, устного опроса при сдаче выполненных самостоятельных заданий, индивидуальных лабораторных заданий, ответа на зачете. Проверка индивидуальных заданий и устный опрос по их результатам позволяет проверить компетенцию ПК-1. Существенным элементом образовательных технологий является не только умение студента найти решение поставленной задачи, но и донести его до всей аудитории. Защита заданий проводится в виде представления результатов (средствами MS Office) и их обсуждения и служит контролем для проверки ПК-1.



## Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Перечень компетенций	Виды занятий					Формы контроля
	Л	ЛР	ПЗ	КР	СРС	
<b>ПК-1</b>		+			+	– Устный опрос, проверка домашних заданий; Проверка индивидуальных заданий.

### 4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.

#### Примерные задания на лабораторные работы

##### Раздел 1,2.

1) Каждая разновидность целого типа моделируется множеством

$i = s \sum_{k=1}^q w_k \cdot r^{k-1}$ , где  $s = \pm 1$ ,  $q$ - положительное число,  $r$  – основание в модели ( $r = 2$ ),

$w_k$  - целое число ( $0 \leq w_k < r$ ). Каждая разновидность вещественного типа

моделируется множеством  $x = 0$  и  $x = s \cdot b^e \sum_{k=1}^p f_k \cdot b^{-k}$ , где  $s = \pm 1$ ,  $p$  - целое число,

$p > 1$ ,  $b$  – основание в модели ( $b = 2$ ),  $e$  - целое число из отрезка  $e_{\min} \leq e < e_{\max}$ ,  $f_k$  - целое число ( $0 \leq f_k < b$ ), кроме того  $f_1 \neq 0$ . Для данных представлений целого и нормализованного вещественного числа вывести формулы количества  $N_i$  целых чисел и  $N_r$  вещественных нормализованных чисел, учитывая, что представление нуля единственно, а первая цифра после запятой мантиссы не равна нулю.

##### Раздел 3.

1) Написать программу для округления вещественного числа до  $N$  значащих десятичных цифр, т.е. до  $N$  десятичных разрядов в мантиссе. Реализовать два варианта округления - методом отбрасывания и методом симметричного округления.

2) Вычислить значения синуса через разложение в виде ряда Тейлора

$\sin x \approx \sum_{n=1}^N \frac{x^{(2n-1)}}{(2n-1)!} (-1)^{(n+1)}$ . Суммировать член ряда, пока его абсолютная величина

превышает  $\varepsilon = 10^{-8}$ . Если его абсолютная величина меньше или равна  $\varepsilon = 10^{-8}$ ,

прекращать суммирование. Вычислить таким образом значения для  $x = \frac{\pi}{6} + 2\pi k$ ;

$k = 0, 1, \dots, 10, 11$ . Вычисления произвести для простой и двойной точности переменных. Вывести результат как таблицу аргументов, значений синуса для простой и двойной точности и значений синуса, вычисленных стандартной программой простой и двойной точности. Объяснить результаты.

##### Раздел 4.

- 1) Дан многочлен  $P(x)$  порядка  $n$ . Написать программу, точно и приближенно вычисляющую его производные  $P'(x), P''(x), P'''(x)$ .
- 2). Даны действительные числа  $s$  и  $t$ , многочлен  $P(x)$  степени  $n$ . Написать программу, вычисляющую коэффициенты многочлена  $(sx^2 + t)P(x) + P'(x)$
- 3) Даны действительные числа  $s$  и  $t$ , многочлен  $P(x)$  степени  $n$ . Написать программу, вычисляющую точное значение интеграла  $\int_s^t P(x)dx$

### Раздел 5.

1) Написать программу разложения функции  $f(x) = \begin{cases} -\frac{\pi}{2} - x & , -\pi \leq x < 0 \\ x - \frac{\pi}{2} & , 0 < x \leq +\pi \end{cases}$  в

ряд Фурье на интервале  $(-\pi, +\pi)$ :  $\tilde{f}(x) \approx \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^p (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$ ;  $p \leq 100$ ;

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx; a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nxdx; b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nxdx.$$

Интегралы вычислять по методу Симпсона.

2) Написать программу разложения функции  $f(x) = \sin\left(\frac{\pi x}{2}\right)$  по полиномам

Чебышева на интервале  $(-1, +1)$ :  $\tilde{f}(x) \approx \sum_{i=0}^n a_i T_i(x)$ ,  $n \leq 9$ ,  $a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{f(x) dx}{\sqrt{1-x^2}}$ ,

$$a_i = \frac{2}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{f(x) T_i(x) dx}{\sqrt{1-x^2}},$$

интегралы вычислять по квадратурным формулам Гаусса 2-го порядка.

### Раздел 6.

1) Найти численно частичную сумму ряда:  $S_1 = \sum_{n=1}^N n^{-a}$ . Суммирование

производится до тех пор, пока  $S_1$  изменяется. Максимальное  $N$ , при котором  $S_1$  изменяет свое значение, запоминается, затем производится вычисление частичной

суммы ряда в обратном направлении:  $S_2 = \sum_{n=N}^1 n^{-a}$ . Найти такое  $0.01 \leq a \leq 1$  с шагом

$a = 0.01$ , для которого  $R = |S_2 / S_1 - 1|$  достигает своего максимального значения.

Привести значения  $N$ ,  $a$ ,  $R$ . Объяснить результаты.

2) Дана квадратная матрица  $A$  порядка  $m$ , натуральное число  $n$ . Написать программу, вычисляющую матрицу  $E + A + A^2 + \dots + A^n$ , где  $E$ - единичная матрица порядка  $m$ .

3) Написать программу решения системы линейных уравнений с комплексной матрицей общего вида размерности  $N \times N$ ,  $N \leq 25$  с произвольной правой частью методом Гаусса.

Протестировать программу на системе вида  $Ax = b$ , где

$$a_{nm} = \frac{1}{2m+n} + i \frac{(-1)^{(n+m+1)}}{m+2n}, b_j = \sum_{k=1}^N a_{jk}.$$

Таким образом, решение этой системы известно:  $x = \{1, \dots, 1\}$ . Сравнить невязки  $\max_{2 \leq N \leq 20} \|\tilde{x} - x\|$  как функции размерности системы  $N$  данного вида и вывести в виде графика  $N = 1, 2, \dots, 25$ .

### Раздел 7.

1) Напишите программу для нахождения на основе метода Ньютона-Рафсона вещественных корней уравнения  $x^4 - 26x^3 + 131x^2 - 226x + 120 = 0$  с точностью  $\varepsilon = 10^{-14}$  на интервале  $0 \leq x \leq 20$ .

2) Реализовать в виде подпрограммы метод нахождения корней многочлена 3-й степени  $p(z) = a_3z^3 + a_2z^2 + a_1z + a_0$  с произвольными комплексными коэффициентами  $a_n$  по формулам Кардано. В качестве входных параметров задаются значения коэффициентов  $a_n$ . В качестве выходных параметров выдается комплексный массив найденных корней  $z_1 - z_3$ . В качестве контроля найти корни многочленов

$$f(z) = (z-i)(z-2i)(z-3i), \quad f(z) = (z-1)(z-2)(z-3), \quad f(z) = (z-1)^3,$$

$$f(z) = (z-i)(z-1.001i)(z-1.0001i), \quad f(z) = (z-1)(z-1)(z-2).$$

### Раздел 9, 10

1) Дано уравнение  $y' = f(x, y) = 4 \sin x - 2x^2$  и начальное условие  $y(0) = -1$ .

Реализуйте вычисление  $y(x)$  методом Рунге-Кутты 4-го порядка по формулам

$$y_{n+1} = y_n + \Delta y_n, \quad \Delta y_n = \frac{1}{8}(k_1 + 3k_2 + 3k_3 + k_4), \quad k_1 = hf(x_n, y_n),$$

$$k_2 = hf(x_n + \frac{h}{3}, y_n + \frac{k_1}{3}), \quad k_3 = hf(x_n + \frac{2h}{3}, y_n - \frac{k_1}{3} + k_2),$$

$$k_4 = hf(x_n + h, y_n + k_1 - k_2 + k_3)$$

в виде внешней процедуры-функции. Обозначим это решение как  $\tilde{y}(x)$ . Величину шага  $h$  подберите эмпирически исходя из требуемой точности.

Найдите все нули  $\tilde{x}_n$  функции  $\tilde{y}(x)$  на отрезке  $[-2, 3]$  с точностью  $\varepsilon = 10^{-3}$  с помощью подпрограммы DZBREN из библиотеки IMSL (Бартеньев О.В. Фортран для профессионалов. Математическая библиотека IMSL. Часть 2, с. 87).

2) Дано уравнение  $y' = f(x, y) = \sin y^2 + \cos x$  и начальное условие  $y(0) = -1$ .

Реализуйте вычисление  $y(x)$  методом Рунге-Кутты 4-го порядка по формулам

$$y_{n+1} = y_n + \Delta y_n, \quad \Delta y_n = \frac{1}{6}(k_1 + 4k_3 + k_4), \quad k_1 = hf(x_n, y_n), \quad k_2 = hf(x_n + \frac{h}{4}, y_n + \frac{k_1}{4}),$$

$$k_3 = hf(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{k_2}{2}), \quad k_4 = hf(x_n + h, y_n + k_1 - 2k_2 + 2k_3)$$

в виде внешней процедуры-функции. Обозначим это решение как  $\tilde{y}(x)$ .

Величина шага  $h$  подбирается эмпирически исходя из требуемой точности.

По графику функции  $\tilde{y}(x)$  определите приблизительно вид

асимптотического решения  $y_a(x)$  (в виде элементарной функции) уравнения (1)

при больших значениях аргумента  $x > 20$ . Для  $90 < x < 100$  определите параметры

функции  $y_a(x)$ , приближенно описывающей асимптотику  $\tilde{y}(x)$  при  $x \rightarrow \infty$ .

Написать программу определения параметров асимптотики с абсолютной погрешностью  $\varepsilon = 0.01$  и уточнить эти параметры. Постройте график  $\tilde{y}(x), y_a(x)$  на отрезке  $[0,100]$ .

#### 4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Основные требования к результатам освоения дисциплины представлены в таблице в виде признаков сформированности компетенций. Требования формулируются по двум уровням: пороговый и повышенный и в соответствии со структурой, принятой в ФГОС ВО: знать, уметь, владеть.

Название компетенции (или ее части)	Структура компетенции	Основные признаки сформированности компетенции
<b>ПК-1:</b> способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	Базовые методы вычислительной математики.	Знает методы численного интегрирования, интерполирования функций, решения систем алгебраических и дифференциальных уравнений.
	Умеет применять на практике численные методы	Умеет построить устойчивую разностную схему
	Владеет общими принципами построения вычислительных алгоритмов	Умеет оценить погрешность решения
	Знает основы программирования на языке Фортран, С	Имеет представление об инструментальных возможностях языков. Знает назначение библиотек.
	Умеет программировать и решать стандартные задачи по курсу вычислительных методов	Может анализировать и содержательно интерпретировать полученные результаты моделирования.
	Владеет навыками написания и отладки вычислительных программ	Владеет навыками программирования на языке Fortran, C. Может провести анализ ошибок.

#### Примерный перечень вопросов, выносимых на зачет Сравнение соответствующих элементов языков Фортран и Си.

1. Управляемый список ввод-вывод.
2. Типы встроенных данных. Операторы объявления типов.
3. Дескрипторы данных.
4. Файлы прямого доступа.
5. Дескрипторы управления
6. Статические массивы.
7. Арифметические выражения.
8. Логические выражения и выражения отношения.  
Оператор IF. Конструкции IF.
9. DO-циклы. Операторы EXIT и CYCLE.
10. Головная программа. Внешние процедуры. Внутренние процедуры.  
Параметры процедур.
11. Оператор FORMAT. Преобразование данных.
12. Списки ввода-вывода.
13. Виды файлов Фортрана. Файловый указатель.
14. Внутренние файлы. Внешние файлы.

15. Файлы последовательного доступа.
16. Операции над внешними файлами.
17. Методология императивного программирования.
18. Методология объектно-ориентированного программирования.
19. Технологии программирования. Классические технологические процессы.
20. Тестирование и отладка. Ввод программы в действие. Эксплуатация и сопровождение.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **Методические рекомендации к сдаче зачета**

Зачет является заключительным этапом процесса формирования компетенции студента при изучении дисциплины или ее части и имеет целью проверку и оценку знаний студентов по теории и применению полученных знаний, умений и навыков при решении практических задач. Зачеты проводятся по расписанию, сформированному учебным отделом и утвержденному проректором по учебной работе, в сроки, предусмотренные календарным графиком учебного процесса. Расписание зачетов доводится до сведения студентов не менее чем за две недели до начала экзаменационной сессии. Зачеты принимаются преподавателями, ведущими занятия.

Зачеты проводятся в устной форме. Зачет проводится только при предъявлении студентом зачетной книжки и при условии выполнения всех контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой по изучаемой дисциплине. Результаты зачета оцениваются по двухбалльной системе («зачет», «незачет») и заносятся в ведомость и зачетную книжку. В зачетную книжку заносятся только положительная оценка.

### **Критерии выставления оценок**

Оценка «зачет»:

- правильные и полные ответы на зачетные вопросы, правильное выполнение зачетных задач;

– высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «незачет»:

- неправильные или неполные ответы на зачетные вопросы, неправильное выполнение зачетных задач;
- отказ от ответа;
- низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **5.1 Основная литература:**

3. Алгазин С.Д. Численные алгоритмы классической математической физики. М.: Диалог-МИФИ, 2010. 240 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=135962>.

4. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 636 с.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах.

### **5.2 Дополнительная литература:**

1. Царев, Р.Ю. Программирование на языке Си. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. 08 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364601>.

2. Хиценко, В.П. Основы программирования. Новосибирск: НГТУ, 2015. 83 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438365>.

### **5.3 Периодические издания:**

1. Вычислительные технологии// Институт вычислительных технологий СО РАН. <http://www.ict.nsc.ru/jct/>

2. Журнал вычислительной математики и математической физики //«Академиздатцентр «Наука». ISSN 0044-4669. <http://www.mathnet.ru/zvmmf>

3. Вычислительные методы и программирование: новые вычислительные технологии // Научно-исследовательский вычислительный центр Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. ISSN 1726-3522. <http://num-meth.srcc.msu.ru>

4. Компьютерные исследования и моделирование // Институт компьютерных исследований. ISSN 2077-6853. <http://crm.ics.org.ru/journal/page/crminfo/>

## **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Параллельные расширения и диалекты языка Fortran. [http://parallel.ru/tech/tech\\_dev/fortran.html](http://parallel.ru/tech/tech_dev/fortran.html)

2. GNU Fortran. <http://gcc.gnu.org/fortran/>

3. The NAG Fortran Library. <http://www.nag.co.uk/numeric/fl/>

4. Intel Fortran Compilers. <http://software.intel.com/en-us/fortran-compilers>

### **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

По курсу предусмотрено проведение лабораторных занятий, на которых студенты применяют полученные знания к решению конкретных задач. Уровень усвоения

теоретического материала проверяется посредством опроса по основным вопросам темы и результатам выполнения лабораторных заданий.

Важнейшим этапом курса является самостоятельная работа по дисциплине. Перечень разделов для самостоятельного изучения приведен в разделе 2.5.

Поиск информации для ответов на вопросы для самостоятельной работы и выполнения заданий в некоторых случаях предполагает не только изучение основной учебной литературы, но и привлечение дополнительной литературы, а также использование ресурсов сети Интернет.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **8.1 Перечень информационных технологий**

- Проверка индивидуальных заданий и консультирование посредством электронной почты.
- Использование электронных презентаций при проведении лабораторных занятий.
- Использование математических пакетов при проведении лабораторных занятий.

### **8.2 Перечень необходимого программного обеспечения**

1. Операционная система MS Windows.
2. Интегрированное офисное приложение MS Office.
3. Программное обеспечение для организации управляемого коллективного и безопасного доступа в Интернет.
4. Ubuntu.
5. Свободные С и фортран.

### **8.3 Перечень информационных справочных систем:**

1. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС Россия) (<http://uisrussia.msu.ru>).
2. Электронная библиотечная система "Юрайт" (<http://www.biblio-online.ru>).
3. Электронная библиотечная система "Университетская библиотека ONLINE" (<http://www.biblioclub.ru>).
4. Электронная библиотечная система издательства "Лань" (<http://e.lanbook.com>).
5. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru>).

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность
1.	Лабораторные занятия	Компьютерный класс, укомплектованный компьютерами с лицензионным программным обеспечением, необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (аудитории: 101, 102, 106, 106а, 105/1, 107(2), 107(3), 107(5), А301).
2.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория для семинарских занятий, групповых и индивидуальных консультаций, укомплектованные необходимой мебелью (доска, столы, стулья) и

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность
		демонстрационным оборудованием (аудитории: 129, 131).
3.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория для семинарских занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованная необходимой мебелью (доска, столы, стулья) (аудитории: 129, 131, 133, А305, А307, 147, 148, 149, 150, 100С, А3016, А512), компьютерами с лицензионным программным обеспечением и выходом в интернет (106, 106а, А301)
4.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения, обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (Аудитория 102а, читальный зал).

Компьютерная поддержка учебного процесса по направлению 01.03.02 Прикладная математика и информатика обеспечивается по всем дисциплинам. Факультет компьютерных технологий и прикладной математики, оснащен компьютерными классами, установлена локальная сеть, все компьютеры факультета подключены к сети Интернет. Студентам доступны современные ПЭВМ, современное лицензионное программное обеспечение.

Студенты и преподаватели вуза имеют постоянный доступ к электронному каталогу учебной, методической, научной литературе, периодическим изданиям и архиву статей.