

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ  
КАФЕДРА ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 4

от 23.07.2024 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### ЯЗЫКИ И МЕТОДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ: ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	KCP, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
7	2-3	72-108	16	16	0		13-40	0	Э
Итого	2-3	72-108	16	16	0	16	13-40	0	

## **АННОТАЦИЯ**

В данном курсе изучается универсальная интегрированная среда программирования Delphi, предназначенная для разработки широкого круга прикладных вычислительных программ, в том числе и с целью моделирования широкого спектра физических процессов. При этом ставится учебная задача - научить студентов в рамках данного курса общей культуре программирования и составления прикладных вычислительных программ, а также дать навыки практического программирования в современных интегрированных средах разработки.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целями освоения учебной дисциплины «Языки и методы программирования: инструментальные методы математического моделирования являются:

Изучение в рамках данного курса универсальной интегрированной среды программирования Turbo-Pascal и Delphi, предназначенных для разработки широкого круга прикладных вычислительных программ, в том числе и с целью моделирования широкого спектра физических процессов.

При этом ставится учебная задача - научить студентов в рамках данного курса общей культуре программирования и составления прикладных вычислительных программ, а также дать навыки практического программирования в современных интегрированных средах разработки.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Для успешного освоения программы данной дисциплины требуется повторение изученных материалов по следующим дисциплинам (в скобках указываются содержательные разделы, полезные для изучения данной дисциплины) :

- "Информатика (Алфавит и словарь языка Паскаль, Стандартные библиотечные модули. Встроенные функции и процедуры. Массивы. Одномерные массивы. Описание пользовательских типов. Передача параметров-массивов в процедуры и функции. Многомерные массивы и операции над ними. Модуль Graph. Понятие текстового и графического экрана. Стандартные графические процедуры и функции.);

- "Информатика" (Файлы. Текстовые файлы. Типизированные файлы. Описание, открытие, работа с файлами. Строковые выражения. Стандартные строковые процедуры и функции. Множества. Операции над множествами. Записи. Простые виды сортировки. Алгоритмы сортировки. Модули, определяемые пользователем. Описание, передача параметров, использование.).

### **3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

<p>ОПК-2 [1] – Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных</p>	<p>З-ОПК-2 [1] – Знание типовых методов физических измерений У-ОПК-2 [1] – Умение анализировать и обрабатывать данные физического эксперимента и представлять их в ясной и удобной форме. В-ОПК-2 [1] – Владение навыками обращения с типовыми приборами для электронно-физических и электротехнических измерений</p>
<p>ОПК-4 [1] – Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>З-ОПК-4 [1] – Знать принципы функционирования современных ЭВМ, операционных систем и основного программного обеспечения в объеме, необходимом для решения задач профессиональной деятельности в области электроники и наноэлектроники У-ОПК-4 [1] – Уметь использовать современные программные инструменты, в том числе веб-технологии и приложения для своевременного получения актуальной информации и выполнения прикладных задач в своей профессиональной области В-ОПК-4 [1] – Владеть современными средствами компьютерного моделирования, проектирования, верстки и визуализации данных в объеме, необходимом для успешного решения профессиональных задач в области электроники и наноэлектроники</p>
<p>ОПК-5 [1] – Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</p>	<p>З-ОПК-5 [1] – Знать основы программирования, в том числе принципы построения эффективных и надежных алгоритмов в объеме, необходимом для успешного решения профессиональных задач в области электроники и наноэлектроники У-ОПК-5 [1] – Уметь выбирать наиболее подходящий язык программирования и/или среду разработки для реализации алгоритмов, необходимых для моделирования, проектирования и/или визуализации данных в области электроники и наноэлектроники В-ОПК-5 [1] – Владеть основами языков программирования, позволяющих на современном уровне создавать программные продукты для выполнения практических задач в профессиональной области</p>
<p>УКЦ-3 [1] – Способен ставить себе образовательные цели под возникающие жизненные задачи, подбирать способы решения и средства развития (в том числе с использованием цифровых средств) других необходимых компетенций</p>	<p>З-УКЦ-3 [1] – Знать: основные приемы эффективного управления собственным временем, основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования на протяжении всей жизни с использованием цифровых средств У-УКЦ-3 [1] – Уметь: эффективно планировать и контролировать собственное время, использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения в течение всей жизни с использованием цифровых средств В-УКЦ-3 [1] – Владеть: методами управления собственным временем, технологиями приобретения, использования и обновления социокультурных и</p>

	профессиональных знаний, умений, и навыков; методиками саморазвития и самообразования в течение всей жизни с использованием цифровых средств
--	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

<b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b>	<b>Объект или область знания</b>	<b>Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b>
научно-исследовательский			
Математическое моделирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования	Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области электроники и наноэлектроники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и наноэлектроники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии	ПК-1 [1] - Способен применять простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-1[1] - Знание физических и математических моделей типовых приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники. ; У-ПК-1[1] - Умение применять физические и математические модели устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения; В-ПК-1[1] - Владение стандартными программными средствами компьютерного моделирования устройств и установок электроники и наноэлектроники

	изготовления и применения электронных приборов и устройств.		
Анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	<p>Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области электроники и наноэлектроники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и наноэлектроники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.</p>	<p>ПК-3 [1] - Способен анализировать и систематизировать результаты исследований, определять степень достоверности результатов экспериментальных исследований, сопоставлять полученные результаты с мировым уровнем, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций, баз данных</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-3[1] - Знание законов статистической физики; У-ПК-3[1] - Умение находить научную информацию в базах данных, выполнять её анализ и систематизацию, представлять результаты своих исследований в виде докладов, отчётов и публикаций.; В-ПК-3[1] - Владение методами обработки результатов измерений</p>

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры информационной безопасности (В23)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирование базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователем.

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	7 Семестр						
1	Программной среды TURBO - PASCAL	1-8	8/8/0		25	КИ-8	З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, З-ОПК-5, У-ОПК-5, В-ОПК-5, З-ПК-1,

							У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-УКЦ-3, У-УКЦ-3, В-УКЦ-3
2	Объектно-ориентированная среда DELPHI	9-16	8/8/0		25	КИ-16	У-ПК-3, В-ПК-3, З-УКЦ-3, У-УКЦ-3, В-УКЦ-3, З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, З-ОПК-5, У-ОПК-5, В-ОПК-5, З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-3
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		16/16/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 7 Семестр</b>				50	Э	З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, З-ОПК-5, У-ОПК-5, В-ОПК-5, З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-УКЦ-3, У-УКЦ-3, В-УКЦ-3

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
-------------	---------------------

КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	16	16	0
<b>1-8</b>	<b>Программной среда TURBO - PASCAL</b>	8	8	0
1 - 2	<b>Знакомство с программной средой TURBO - PASCAL</b> Знакомство с программной средой TURBO - PASCAL: загрузка TURBO - PASCAL, работа с файлами, редактором, использование меню и окон, установка опций. Особенности языка PASCAL в среде TURBO - PASCAL. Типы данных. Структура программы на языке PASCAL.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0
3 - 4	<b>Операторы языка PASCAL</b> Модульный принцип представления программ в среде TURBO - PASCAL. Зарезервированные слова Unit, Uses, Interfase, Implementation. Структура тела программы. Операторы языка PASCAL. Пример программы.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0
5 - 6	<b>Ввод и вывод данных.</b> Ввод и вывод данных. Процедуры-функции и процедуры-подпрограммы. Различия между процедурами-функциями и процедурами-подпрограммами. Особенности использования параметров в процедурах.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0
7 - 8	<b>Графический пакет GRAPH</b> Графический пакет GRAPH. Библиотечные функции и процедуры пакета. Графическая интерпретация результатов на примере программы приближенного вычисления интеграла.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0
<b>9-16</b>	<b>Объектно-ориентированная среда DELPHI</b>	8	8	0
9 - 10	<b>Разработка прикладных программ в объектно-ориентированной среде DELPHI</b> Разработка прикладных программ в объектно-ориентированной среде DELPHI. Различные версии DELPHI. Меню и команды DELPHI. Работа с формами. Написание кода. Управление проектами DELPHI.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0
11 - 12	<b>Знакомство с библиотекой визуальных компонентов</b> Знакомство с библиотекой визуальных компонентов. Свойства. Методы компонентов. События компонентов. Иерархия объектов VCL. Форма и ее свойства. Формы при различных разрешениях экрана. Автоматическое создание формы. Компоненты DELPHI для вывода информации. Пример программы.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0
13 - 14	<b>Создание и обработка меню. Структура меню</b> Создание и обработка меню. Структура меню. Отклик на команды меню. Изменение структуры меню на этапе выполнения. Разработка приложения с несколькими формами и диалоговыми панелями. Представление результатов выполнения программы в табличном виде,	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0

	использование меню и окон для ввода данных на примере программы приближенного вычисления интеграла.			
15 - 16	<b>Отладка программ в DELPHI</b> Отладка программ в DELPHI. Отладка с помощью Debugger. Альтернативные методы отладки. Представление результатов выполнения программы в графическом виде. Работа с элементом Chat.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1 - 4	<b>Интегрированная среда TURBO - PASCAL</b> Система меню, директивы компилятора, редактор, средства отладки программ. Организация ввода и вывода данных в программах на языке PASCAL. Модульный принцип представления программы на примере решения прикладной задачи.
5 - 8	<b>Управление экраном в графическом режиме</b> Особенности воспроизведения графики, стандартные процедуры и функции графического режима. Разработка типовой учебной программы для расчета определенного интеграла.
9 - 12	<b>Разработка прикладных программ в объектно-ориентированной среде DELPHI</b> Меню и команды DELPHI. Работа с формами. Написание кода. Управление проектами DELPHI. Знакомство с библиотекой визуальных компонентов. Форма и ее свойства. Автоматическое создание формы. Компоненты DELPHI для вывода информации. Написание учебной программы на DELPHI.
13 - 16	<b>Разработка системы меню в DELPHI</b> Структура меню. Отклик на команды меню. Разработка учебного приложения с несколькими формами и диалоговыми панелями. Представление результатов выполнения программы в табличном виде, использование меню и окон для ввода данных на примере программы приближенного вычисления интеграла. Отладка программ в DELPHI. Отладка с помощью Debugger. Представление результатов выполнения программы в графическом виде. Работа с элементом Chat.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализация программы используются следующие технологии:

- лекции по курсу традиционного типа, на которых применяется компьютерный проектор для иллюстраций сложных устройств, систем и алгоритмов;
- самостоятельная работа студентов
- практические занятия – практическая работа по созданию компьютерной программы в среде визуального программирования;
- интерактивные формы обучения, в частности используются презентации, обсуждаются последние научные работы, новые численные методы и схемы, рассказывается о работе с научной литературой. Обязательным является самостоятельная работа студентов, выполнение индивидуальных заданий, работа с литературой.

## **7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

<b>Компетенция</b>	<b>Индикаторы освоения</b>	<b>Аттестационное мероприятие (КП 1)</b>
ОПК-2	З-ОПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
ОПК-4	З-ОПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
ОПК-5	З-ОПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-1	З-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
УКЦ-3	З-УКЦ-3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-УКЦ-3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-УКЦ-3	Э, КИ-8, КИ-16

### **Шкалы оценки образовательных достижений**

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех	Оценка	Требования к уровню освоению
--------------	----------------	--------	------------------------------

	балльной шкале	ECTS	учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 004 З-12 UNIX: основы командного интерфейса и программирования (в примерах и задачах) : учебное пособие для вузов, Макаров В.В., Вавренюк А.Б., Забродин Л.Д., Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
2. ЭИ К59 Примеры решения задач математического моделирования : учебно-методическое пособие, Козин Р.Г., Москва: НИЯУ МИФИ, 2014

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ Б12 Алгоритмизация задач и структурирование программ : практическое пособие по программированию на языке Object Pascal в среде Delphi по программе учебного курса "Информатика" для бакалавриата, Бабалова И.Ф., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

К задаче 1:

В данной задаче при увеличении величины параметра  $a$  скорость сходимости суммы ряда падает, а ошибка определения суммы ряда растет. Увеличение ошибки связано с округлением чисел компьютером. Наглядное объяснение причины потери точности дает следующий простой пример. Если к единице один миллиард раз добавить число  $10^{-9}$ , то мы получим число 2, тогда как при выполнении на ЭВМ суммирования чисел с восьмизначнойmantissой округление результатов каждого суммирования приведет к тому, что результат будет равен 1. Уменьшения ошибки такого типа можно добиться, производя суммирование ряда от самых малых слагаемых к большим или выполняя суммирование по группам равновеликих слагаемых.

Точность получаемого результата проверить,

- а) изменяя порядок суммирования;
- б) увеличивая количество суммируемых членов ряда.

К задаче 2:

Точность получаемого результата проверить,

- а) увеличивая в несколько раз число отрезков, на которые делится отрезок  $[a,b]$ ;

б) сопоставляя численный и аналитический результат для тестового варианта расчета – интегрирования полинома – и принимая во внимание, что с помощью формул прямоугольников и трапеций точно интегрируется линейная функция, а с помощью формулы Симпсона – произвольный полином третьей степени.

К задаче 3:

Подынтегральные функции в данной задаче имеют особенность и подобраны так, что простейший способ интегрирования с помощью формул Ньютона - Котеса не дает необходимой точности (относительной погрешности  $\sim 10^{-3}$ ), если разбивать область интегрирования на равные отрезки. Такой точности можно достичь, комбинируя следующие приемы: 1) выделить окрестность точки  $x = 0$  и в этой окрестности разложить подынтегральную функцию так, чтобы главный член разложения давал основной вклад в интеграл и интегрировался аналитически (все приведенные ниже функции допускают такое разложение); 2) в оставшейся области проводить интегрирование с помощью формул Ньютона - Котеса на переменной сетке (уменьшая длину отрезков по мере приближения к окрестности особой точки).

Точность получаемого результата проверить,

- а) увеличивая в несколько раз число отрезков разбиения;
- б) сопоставляя численный и аналитический результат для тестового варианта расчета – интегрирования полинома – и принимая во внимание, что с помощью формул прямоугольников и трапеций точно интегрируется линейная функция, а с помощью формулы Симпсона – произвольный полином третьей степени;
- в) изменяя размер окрестности точки  $x = 0$ , в которой производится аналитическое интегрирование приближенной подынтегральной функции.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

К задаче 4:

С точки зрения программирования, простейшим способом определения корней уравнения является итерационный метод. Этот метод, однако, имеет существенные недостатки. Он сходится не для всех значений параметра и зависит от начального приближения, вследствие чего итерации могут сойтись к корню, лежащему вне заданного в таблице интервала. Метод нахождения корня путем деления отрезка пополам программируется несколько сложнее, однако, безусловно применим при решении каждого из приведенных ниже вариантов задачи.

К задаче 5:

Функция  $F(N)$  чувствительна к ошибкам округления, возникающим в процессе вычисления ее аргумента. Для корректного решения задачи необходимо правильно выбрать типы переменных, участвующих в определении аргумента этой функции.

К задаче 6:

Функция  $F(N,M)$  по своим свойствам близка к функции  $F(N)$  из задачи 5. Для корректного решения данной задачи необходимо, как и в задаче 5, правильно выбрать типы переменных в аргументе этой функции.

При решении данной задачи не допускается использование стандартного программного обеспечения, предназначенного для определения собственных значений и собственных векторов эрмитовой матрицы. Программа должна быть составлена студентом самостоятельно на основании любого алгоритма поиска собственных значений (методы прямых или обратных итераций, Ланцоша, Хаусхолдера).

Автор(ы):

Катин Константин Петрович, к.ф.-м.н.

Масленников Александр Михайлович, к.т.н., с.н.с.