МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Вычислительная и прикладная математика»

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Вычислительная математика»

Направление подготовки

09.03.03 «Прикладная информатика»

Направленность (профиль) подготовки

«Прикладная информатика в экономике»

Уровень подготовки – бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная, заочная

Рязань

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов и процедур, предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных и профессиональных компетенций и индикаторов их достижения, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний обучающихся проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация проводятся с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся, организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков обучающихся на практических занятиях по результатам выполнения и защиты обучающимися индивидуальных заданий, по результатам выполнения контрольных работ и тестов, по результатам проверки качества конспектов лекций и иных материалов.

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используется устные и письменные ответы студентов на индивидуальные вопросы, письменное тестирование по теоретическим разделам курса, реферат. Дополнительным средством оценки знаний и умений студентов является отчет о выполнении практических заданий и его защита.

По итогам курса обучающиеся сдают зачет с оценкой. Форма проведения – устный ответ с письменным подкреплением по утвержденным билетам, сформулированным с учетом содержания дисциплины. В билет для зачета включается два теоретических вопроса и задача. В процессе подготовки к устному ответу студент должен составить в письменном виде план ответа.

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции: ОПК-1 (индикаторы ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-6 (индикаторы ОПК-6.2, ОПК-6.3), ОПК-7 (индикаторы ОПК-7.2).

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

– формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов);

– приобретение и развитие практических умений предусмотренных компетенциями (практические занятия, самостоятельная работа студентов);

– закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе решения конкретных задач на занятиях, выполнения индивидуальных заданий на практических занятиях и их защиты, а так же в процессе сдачи зачета.

2 Показатели и критерии оценивания компетенций (*результатов*) на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

– пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении

освоения дисциплины;

– продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенций по завершении освоения дисциплины;

– эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенций и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 40% приведенных знаний умений и навыков – на пороговом уровне. При освоении менее 40% приведенных знаний, умений и навыков компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Уровень сформированности каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлено различными видами оценочных средств.

Оценке сформированности в рамках данной дисциплины подлежат компетенции/индикаторы:

ОПК-1:	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
ОПК-1.1	Демонстрирует естественнонаучные и общеинженерные знания, знания методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследован
ОПК-1.2	Применяет естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
ОПК-6	Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования
ОПК-6.2	Демонстрирует знания методов системного анализа и математического моделирования
ОПК-6.3	Выполняет анализ и разработку организационно-технических и экономических процессов с применением методов системного анализа и математического моделирования
ОПК-7	Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения
ОПК-7.2	Выполняет разработку алгоритмического и программного обеспечения для решения прикладных задач

Преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по практическим занятиям. Кроме того, преподавателем учитываются ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле:

– контрольные опросы;

– задания для практических занятий.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- основных положений теории погрешностей и численных методов решения типовых задач;

- эффективных численных методов решения практических задач;

- основных этапов проведения математического моделирования;

- сравнительных достоинств современных алгоритмов решения прикладных задач;

наличие **умений**:

- анализировать поставленную задачу и выбирать пути ее решения;

- разрабатывать алгоритмы для реализации поставленных задач на ЭВМ;
- выбирать наиболее эффективный метод;
- оптимизировать используемые вычислительные алгоритмы;
- обосновывать использование выбранных методов;

обладание навыками**:**

- практической реализации изученных методов на ПК как путем написания собственных программ, их реализующих, так и использования средств современных математических пакетов.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции в процессе выполнения практических работ:

41%-60% правильных ответов соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования;

61%-80% правильных ответов соответствует продвинутому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования;

81%-100% правильных ответов соответствует эталонному уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования.

Сформированность уровня компетенций не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является зачет с оценкой, оцениваемый по принятой в ФГБОУ ВО «РГРТУ» четырехбалльной системе: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично».

Критерии оценивания промежуточной аттестации представлены в таблице.

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«отлично»	**студент должен**: продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний материала; исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; правильно формулировать определения; уметь сделать выводы по излагаемому материалу; безупречно ответить не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины; выполнить все практические задания, предусмотренные программой
«хорошо»	**студент должен:** продемонстрировать достаточно полное знание материала; продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу; ответить на все вопросы билета; выполнить все практические задания, предусмотренные программой.
«удовлетворительно»	**студент должен:** продемонстрировать общее знание изучаемого материала; знать основную рекомендуемую программой дисциплины учебную литературу; уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; уметь устранить допущенные погрешности в ответе на теоретические вопросы; выполнить все практические задания, предусмотренные программой.
«неудовлетворительно»	**ставится в случае:** невыполнения практических занятий; незнания значительной части пройденного материала; не владения понятийным аппаратом дисциплины; существенных ошибок при изложении учебного материала; неумения строить ответ в соответствии со структурой

	излагаемого вопроса; неумения делать выводы по излагаемому материалу. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закрепленных за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент после начала зачета отказался его сдавать или нарушил правила сдачи зачета (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.).

4. Типовые контрольные задания или иные материалы

4.1. Промежуточная аттестация (зачет)

Коды компетенций/индикаторов	***Результаты освоения ОПОП Содержание компетенций/индикаторов***	
ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-6 (ОПК-6.2, ОПК-6.3), ОПК-7 (ОПК-7.2)	ОПК-1:	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
	ОПК-1.1	Демонстрирует естественнонаучные и общеинженерные знания, знания методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследован
	ОПК-1.2	Применяет естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
	ОПК-6	Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования
	ОПК-6.2	Демонстрирует знания методов системного анализа и математического моделирования
	ОПК-6.3	Выполняет анализ и разработку организационно-технических и экономических процессов с применением методов системного анализа и математического моделирования
	ОПК-7	Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения
	ОПК-7.2	Выполняет разработку алгоритмического и программного обеспечения для решения прикладных задач

а) типовые тестовые вопросы:

Полный перечень тестовых вопросов представлен в дистанционном курсе «Вычислительная математика»

1. Приближенным числом *a* называется число:

незначительно отличающееся от точного *A* и заменяющее последнее в вычислениях

значительно отличающееся от точного *A* и заменяющее последнее в вычислениях

незначительно отличающееся от точного *A* и незаменяющее последнее в вычислениях

2. Под ошибкой или погрешностью Δa приближенного числа *a* обычно понимается:

разность между соответствующим точным числом *A* и данным приближенным, т. е.

$$\Delta a = A - a$$

сумма между соответствующим точным числом A и данным приближенным, т. е.

$$\Delta a = A + a$$

3. Верно ли что, если A – точное значение некоторой величины и a – известное приближение к нему, то предельной абсолютной погрешностью приближенного значения a называют некоторую абсолютную величину $\Delta(a)$, про которую известно, что

$$|a - A| \leq \Delta(a)$$

Верно

4. Верно ли что, предельной относительной погрешностью приближенного значения числа a называют некоторую величину $\delta(a)$, про которую известно, что

$$\left|\frac{a-A}{a}\right| \leq \delta(a) \text{ или } \frac{\Delta(a)}{|a|} \leq \delta(a).$$

Верно

5. Верно ли что, зная предельную относительную погрешность $\delta(a)$, получают границы для точного числа.

$$A = a(1 \pm \delta(a))$$

Верно

6. Значащими цифрами числа называют:

все цифры в его записи, начиная с первой ненулевой слева

все цифры в его записи, начиная с первой ненулевой справа

все цифры в его записи, начиная с последней ненулевой слева

б) типовые теоретические вопросы:

Основные понятия вычислительной математики. Погрешность.

Использование математических моделей и численных методов при решении прикладных задач

Источники и классификация погрешностей

Абсолютная и относительная погрешности

Запись приближенных чисел

Округление чисел

Вычислительная погрешность

Погрешности вычисления значений функции

Погрешность функции, зависящей от одной переменной

Погрешность функции, зависящей от нескольких переменной

Определение допустимой погрешности аргументов по допустимой погрешности функции

Вычисления без точного учета погрешностей

Статистический и технический подходы к учету погрешностей действий

Погрешности решения задачи на ЭВМ

Решение уравнений с одной переменной

Постановка задачи

Методы нахождения корней нелинейных уравнений

Локализация корней
Метод последовательных приближений
Усовершенствованный метод последовательных приближений
Метод Ньютона

Решение систем линейных уравнений

Постановка задачи
Типы используемых матриц
Обусловленность СЛАУ
Методы решения СЛАУ
Метод Гаусса
Уточнение решения
Метод главных элементов
Метод простой итерации

Интерполирование функций

Постановка задачи интерполирования
Конечные разности различных порядков
Таблица разностей
Обобщенная степень
Интерполирование для случая равноотстоящих узлов
Первая интерполяционная формула Ньютона
Вторая интерполяционная формула Ньютона
Таблица центральных разностей
Интерполяционные формулы Гаусса
Интерполяционная формула Стирлинга
Интерполяционная формула Бесселя
Общая характеристика интерполяционных формул с постоянным шагом
Интерполяционная формула Лагранжа. Схема Эйткена
Разделенные разности
Интерполяционная формула Ньютона для случая неравноотстоящих значений аргумента
Обратное интерполирование для случая равноотстоящих узлов
Обратное интерполирование для случая неравноотстоящих узлов

Приближенное дифференцирование функций

Постановка вопроса
Приближенное дифференцирование функций, заданных в равноотстоящих точках
Формулы приближенного дифференцирования, основанные на первой интерполяционной формуле Ньютона
Формулы приближенного дифференцирования, основанные на формуле Стирлинга
Формулы численного дифференцирования для равноотстоящих точек, выраженные через значения функции в этих точках
Формулы численного дифференцирования для неравноотстоящих узлов

Приближенное интегрирование функций

Общие замечания
Квадратурные формулы Ньютона — Котеса
Формула трапеций и ее остаточный член
Формула Симпсона и ее остаточный член
Формулы Ньютона — Котеса высших порядков
Общая формула трапеций (правило трапеций)
Общая формула Симпсона (параболическая формула)
Понятие о квадратурной формуле Чебышева
Квадратурная формула Гаусса

Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений

Общие замечания. Задача Коши

Интегрирование дифференциальных уравнений с помощью рядов

Метод последовательных приближений

Метод неопределенных коэффициентов

Метод Эйлера

Модификации метода Эйлера

Метод Эйлера с последующей итерационной обработкой

Метод Рунге — Кутта.

Численное решение дифференциальных уравнений с частными производными и интегральных уравнений

Численное решение уравнений с частными производными

Классификация дифференциальных уравнений с частными производными

Начальные и краевые условия. Задача Коши. Смешанная задача. Корректность постановки смешанной задачи

Краевые задачи для уравнений эллиптического типа

Метод сеток

Метод сеток для задачи Дирихле

Итерационный метод решения системы конечно-разностных уравнений

Решение краевых задач для криволинейных областей

Метод Монте-Карло

Идея метода Монте-Карло

Случайные числа

Способы получения случайных чисел

Вычисление кратных интегралов методом Монте-Карло

в) типовые задачи:

Определение абсолютной и относительной погрешности приближенного числа

1) Определить, какое равенство точнее.

2) Округлить сомнительные цифры числа, оставив верные знаки: а) в узком смысле; б) в широком смысле. Определить абсолютную погрешность результата.

3) Найти предельные абсолютные и относительные погрешности чисел, если они имеют только верные цифры: а) в узком смысле; б) в широком смысле.

№1

1) $\sqrt{44} = 6{,}63;$ $19/41 = 0{,}463$

2) а) $22{,}553\ (\pm 0{,}016);$ б) $2{,}8546;\ \delta = 0{,}3\%$

3) а) $0{,}2387;$ б) $42{,}884$

№2

1) $\sqrt{30} = 5{,}48;$ $7/15 = 0{,}467$

2) а) $6{,}4257\ (\pm 0{,}0024);$ б) $17{,}2834;\ \delta = 0{,}3\%$

3) а) $0{,}537;$ б) $3{,}751$

№3

1) $\sqrt{10} = 3{,}16;$ $15/7 = 2{,}14$

2) а) $2{,}3485(\pm 0{,}0042);$ б) $0{,}34484;\ \delta = 0{,}4\%$

3) а) $2{,}3445;$ б) $0{,}745$

№4

1) $\sqrt{10{,}5} = 3{,}24;$ $4/17 = 0{,}235$

2) а) $0,5748(\pm 0,0034)$; б) $34,834;\ \delta = 0,1\%$

3) а) $11,445$; б) $2,043$

№5

1) $\sqrt{4,8} = 2,19$; $6/7 = 0,857$

2) а) $5,435\ (\pm 0,0028)$; б) $10,8441;\ \delta = 0,5\%$

3) а) $8,345$; б) $0,288$

№6

1) $\sqrt{30} = 5,48$; $12/11 = 1,091$

2) а) $0,12356\ (\pm 0,00036)$; б) $8,24163;\ \delta = 0,2\%$

3) а) $12,45$; б) $3,4453$

№7

1) $\sqrt{22} = 4,69$; $2/21 = 0,095$

2) а) $2,4543\ (\pm 0,0032)$; б) $24,5643; \delta = 0,1\%$

3) а) $0,374$; б) $4,348$

№8

1) $\sqrt{9,8} = 3,13$; $23/15 = 1,53$

2) а) $6,4257\ (\pm 0,0024)$; б) $23,574;\ \delta = 0,2\%$

3) а) $20,43$; б) $0,576$

№9

1) $\sqrt{83} = 9,11$; $6/11 = 0,545$

2) а) $3,7834\ (\pm 0,0041)$; б) $21,68563; \delta = 0,3\%$

3) а) $41,72$; б) $0,678$

№10

1) $\sqrt{52} = 7,21$; $17/19 = 0,895$

2) а) $13,537\ (\pm 0,0026)$; б) $7,521;\ \delta = 0,12\%$

3) а) $5,634$; б) $0,0748$

№11

1) $\sqrt{44} = 6,63$; $21/29 = 0,723$

2) а) $13,6253\ (\pm 0,0021)$; б) $0,3567;\ \delta = 0,042\%$

3) а) $18,357$; б) $2,16$

№12

1) $\sqrt{27} = 5,19$; $50/19 = 2,63$

2) а) $1,784\ (\pm 0,0063)$; б) $0,85637;\ \delta = 0,21\%$

3) а) $0,5746$; б) $236,58$

№13

1) $\sqrt{31} = 5,56$; $13/17 = 0,764$

2) а) $3,6878\ (\pm 0,0013)$; б) $15,873;\ \delta = 0,042\%$

3) а) $14,862$; б) $8,73$

№14

1) $\sqrt{13} = 3,60$; $7/22 = 0,318$

2) а) $27,1548\ (\pm 0,0016)$; б) $0,3945;\ \delta = 0,16\%$

3) а) $0,3648$; б) $21,7$

№15

1) $\sqrt{18} = 4{,}24$; $17/11 = 1{,}545$
2) а) 0,86 ($\pm 0{,}0013$); б) 24,3618; $\delta = 0{,}22\%$
3) а) 2,4516; б) 0,863

№16

1) $\sqrt{38} = 6{,}16$; $5/3 = 1{,}667$
2) а) 0,98351 ($\pm 0{,}00042$); б) 3,7542; $\delta = 0{,}32\%$
3) а) 0,389; б) 62,74

№17

1) $\sqrt{14} = 3{,}74$; $49/13 = 3{,}77$
2) а) 5,6483 ($\pm 0{,}0017$); б) 83,736; $\delta = 0{,}085\%$
3) а) 5,6432; б) 0,00858

№18

1) $\sqrt{7} = 2{,}64$; $13/7 = 1{,}857$
2) а) 32,7486 ($\pm 0{,}0012$); б) 2,8867; $\delta = 0{,}43\%$
3) а) 0,0384; б) 63,745

№19

1) $\sqrt{12} = 3{,}46$; $17/11 = 1{,}545$
2) а) 4,88445 ($\pm 0{,}00052$); б) 0,096835; $\delta = 0{,}32\%$
3) а) 12,688; б) 4,636

№20

1) $\sqrt{35} = 5{,}91$; $51/11 = 4{,}64$
2) а) 38,4258 ($\pm 0{,}0014$); б) 0,66385; $\delta = 0{,}34\%$
3) а) 0,543; б) 6,743

№21

1) $\sqrt{22} = 4{,}69$; $18/7 = 2{,}57$
2) а) 0,39642 ($\pm 0{,}00022$); б) 46,453; $\delta = 0{,}15\%$
3) а) 15,644; б) 6,125

№22

1) $\sqrt{17} = 4{,}12$; $19/9 = 2{,}11$
2) а) 0,66385 ($\pm 0{,}00042$); б) 5,8425; $\delta = 0{,}23\%$
3) а) 0,3825; б) 24,6

№23

1) $\sqrt{11} = 3{,}32$; $16/7 = 2{,}28$
2) а) 0,75244 ($\pm 0{,}00013$); б) 24,3872; $\delta = 0{,}34\%$
3) а) 16,383; б) 5,734

№24

1) $\sqrt{63} = 7{,}94$; $20/13 = 1{,}54$
2) а) 2,3684 ($\pm 0{,}0017$); б) 45,7832; $\delta = 0{,}18\%$
3) а) 0,573; б) 3,6761

№25

1) $\sqrt{47} = 6{,}86$; $12/7 = 1{,}71$
2) а) 0,38725 ($\pm 0{,}00112$); б) 72,354; $\delta = 0{,}24\%$
3) а) 18,275; б) 0,00644

№26

1) $\sqrt{41} = 6{,}40$; $6/7 = 0{,}857$

2) а) $0{,}36127\ (\pm 0{,}00034)$; б) $46{,}7843$; $\delta = 0{,}32\%$

3) а) $3{,}425$; б) $7{,}38$

№27

1) $\sqrt{87} = 9{,}33$; $23/9 = 2{,}56$

2) а) $4{,}57633\ (\pm 0{,}00042)$; б) $23{,}7564$; $\delta = 0{,}44\%$

3) а) $3{,}75$; б) $6{,}8343$

№28

1) $\sqrt{42} = 6{,}48$; $27/31 = 0{,}872$

2) а) $15{,}8372\ (\pm 0{,}0026)$; б) $0{,}088748$; $\delta = 0{,}56\%$

3) а) $3{,}643$; б) $72{,}385$

Интерполирование функций

Для функции $f(x)$, заданной своими значениями в точках $x_0, \ldots, x_n$, построить интерполяционный многочлен Ньютона с использованием разделенных разностей. Для вариантов с четными номерами использовать формулу интерполирования вперед, для вариантов с нечетными номерами - формулу интерполирования назад.

Сравнить графики аппроксимируемой функции $f(x)$ и интерполяционного многочлена внутри и за пределами отрезка интерполирования. Построить график погрешности интерполяции.

Качественно, с помощью графиков, оценить влияние на погрешность количества и расположения внутренних узлов интерполяции $x_1, \ldots, x_{n-1}$.

0. $f(x) = \mathrm{Sin}(\pi\,\mathrm{Sin}(\pi\,x))$, $x_{min}=0$, $x_{max}=1$, $n=5$.
1. Резонансная характеристика колебательного контура: $f(x) = 1 / \mathrm{Sqrt}(1 + x^2)$, $x_{min}=-3$, $x_{max}=3$, $n=4$.
2. $f(x) = \mathrm{Sin}(\pi\,\mathrm{Cos}(\pi\,x))$, $x_{min}=0$, $x_{max}=1$, $n=5$.
3. $f(x) = \mathrm{Sin}(x) / \mathrm{Sqrt}(1 + x^6)$, $x_{min}=-\pi$, $x_{max}=\pi$, $n=6$.
4. $f(x) = \exp(-b\,x)\,\mathrm{Sin}[\pi(x + x^2)]$, $b=0.15$, $x_{min}=0$, $x_{max}=1$, $n=4$.
5. $f(x) = (x^4 + 8)\exp[-(x/2)^2]$, $x_{min}=-4$, $x_{max}=4$, $n=8$.
6. $f(x) = \exp(-b\,x)\,\mathrm{Cos}[\pi(x + x^2)]$, $b=0.15$, $x_{min}=0$, $x_{max}=1$, $n=4$.
7. $f(x) = \mathrm{Cos}(\pi\,x^2)$, $x_{min}=0$, $x_{max}=1$, $n=4$.
8. $f(x) = \mathrm{Cos}(2\pi\,x^3)$, $x_{min}=0$, $x_{max}=1$, $n=5$.
9. $f(x) = \mathrm{Sin}[2\pi\,\mathrm{Sin}^2(\pi\,x/2)]$, $x_{min}=0$, $x_{max}=1$, $n=6$.

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
СОГЛАСОВАНО **ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Овечкин Геннадий Владимирович, Заведующий кафедрой ВПМ **03.11.26** 22:31 (MSK) Простая подпись