

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

Декан

Физико-технический факультет

Ю.Н. Рыжих

«28» 06 20 24 г.

Рабочая программа дисциплины

Приближенные вычисления

по направлению подготовки / специальности

24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:

Технологии проектирования и управления беспилотными авиационными системами

Форма обучения

Очная

Квалификация

инженер-разработчик

Год приема

2024

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

 Ю.Н. Рыжих

Председатель УМК

 В.А. Скрипняк

Томск – 2024

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

БК-1 Способен применять общие и специализированные компьютерные программы при решении задач профессиональной деятельности;

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии;

ПК-3 Математическое описание объектов исследования – разработка алгоритмов.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РОБК-1.1 Знает правила и принципы применения общих и специализированных компьютерных программ для решения задач профессиональной деятельности

РОБК-1.2 Умеет применять современные ИТ-технологии для сбора, анализа и представления информации; использовать в профессиональной деятельности общие и специализированные компьютерные программы

РООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные компьютерных технологий для их решения

РООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

РОПК-3.1 Знает основы информационных технологий в области информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

РОПК-3.2 Умеет применять фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности

2. Задачи освоения дисциплины

– Изучить численные методы нахождения определенных интегралов, производных, решения систем линейных алгебраических уравнений, нелинейных уравнений, систем нелинейных уравнений, задач теории погрешности, решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

– Сформировать навыки применения численных методов и организации процесса вычисления при решении задач вычислительной математики.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Третий семестр, зачет с оценкой

Четвертый семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: информатика, алгоритмические языки, математический анализ.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 з.е., 360 часов, из которых:

-лекции: 72 ч.

-лабораторные: 58 ч.

в том числе практическая подготовка: 58 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Методы математического моделирования.

Этапы математического моделирования. Требования к численным методам. Вычислительный эксперимент.

Тема 2. Теория погрешности.

Источники и классификация погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности. Погрешность результатов арифметических операций и элементарных функций. Обратная задача теории погрешности.

Тема 3. Аппроксимация функций.

Понятие аппроксимации. Вычисление значения полиномов по схеме Горнера. Аппроксимация некоторых трансцендентных функций с помощью рядов. Экономизация степенных рядов при помощи полиномов Чебышева. Дробно-рациональные приближения. Аппроксимация по методу наименьших квадратов. Квадратичное аппроксимирование обобщенными полиномами. Метод наименьших квадратов в нелинейном случае.

Тема 4. Задача интерполирования.

Постановка задачи интерполирования. Интерполяционный полином Лагранжа. Интерполяционный полином Ньютона. Погрешность интерполяционных полиномов. Интерполирование функций многих переменных. Нелинейная интерполяция. Обратное интерполирование. Интерполирование сплайнами.

Тема 5. Численное дифференцирование.

Получение формул численного дифференцирования с помощью рядов Тейлора, интерполяционного полинома Лагранжа, интерполяционного полинома Ньютона. Метод неопределенных коэффициентов. Метод Рунге оценки погрешности и получения формул численного дифференцирования. О некорректности операции численного дифференцирования.

Тема 6. Численное интегрирование.

Понятие квадратурных формул. Формула прямоугольников. Формула трапеций. Формула Симпсона. Оценка погрешности методом Рунге. Автоматический выбор шага интегрирования. Метод неопределенных коэффициентов получения квадратурных формул. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Квадратурные формулы Гаусса. Формула Гаусса-Чебышева. Формула Гаусса-Лежандра. Формула Гаусса-Лагерра. Формула Гаусса-Эрмита. Вычисление интегралов с бесконечными пределами интегрирования. Вычисление интегралов от неограниченных функций. Приближенное вычисление кратных интегралов. Метод Монте-Карло.

Тема 7. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений.

Метод Гаусса. Связь метода Гаусса с разложением матрицы на множители. Схема Халецкого. Вычисление определителя и обратной матрицы. Метод прогонки.

Тема 8. Обусловленность системы линейных алгебраических уравнений.

Понятие нормы вектора, нормы матрицы. Плохо обусловленные системы. Мера обусловленности.

Тема 9. Итерационные методы решения СЛАУ.

Метод простых итераций и метод Зейделя для решения систем линейных алгебраических уравнений.

Тема 10. Нахождение собственных значений систем линейных алгебраических уравнений.

Метод Лаврентьева. Метод неопределенных коэффициентов построения характеристического полинома. Итерационный способ одновременного нахождения собственных значений и собственных векторов.

Тема 11. Решение нелинейных уравнений.

Уравнение с одним неизвестным. Метод половинного деления. Метод хорд. Метод простых итераций. Модифицированный метод простых итераций. Метод Ньютона. Метод секущих. Метод Чебышева построения итераций высших порядков. Нахождение корней полиномов.

Тема 12. Решение систем нелинейных уравнений.

Метод простых итераций. Метод Ньютона. Методы спуска. Автоматический выбор шага в методе градиентного спуска.

Тема 13. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений.

Задача Коши. Общие сведения. Разностная схема Эйлера. Методы Рунге-Кутты. Многошаговые методы Адамса. Неявные разностные формулы. Жесткие задачи.

Тема 14. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений.

Краевые задачи. Конечно-разностные методы. Метод стрельбы. Сведение линейной краевой задачи к двум задачам Коши. Метод линеаризации для нелинейной краевой задачи.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения лабораторных работ и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой в третьем семестре проводится в форме теста. Тест содержит 33 теоретических вопроса и две задачи (проверяющих заявленные индикаторы достижения компетенций, указанные в п.1.). Продолжительность зачета 35 минут.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Какому из условий удовлетворяет кубический сплайн? (Выберите один ответ)
 - а) Сплайн, а также его первая и вторая производные непрерывны на $[a, b]$
 - б) Третья производная сплайна непрерывна на $[a, b]$
 - в) Сплайн не обязан проходить через узловые точки

2. При аппроксимации по методу наименьших квадратов в нелинейном случае с помощью функции $y=ax^b$ делается замена $\eta=a\xi+b$, где (Выберите один ответ):

а) $\eta = \lg(y)$; $\xi = x$; $\alpha = \lg(b)$; $\beta = \lg(a)$

б) $\eta = 1/y$; $\xi = x$; $\alpha = a$; $\beta = b$

в) $\eta = \lg(y)$; $\xi = \lg(x)$; $\alpha = b$; $\beta = \lg(a)$

3. Аппроксимирующая функция, построенная по методу наименьших квадратов (Выберите один или несколько ответов)

а) Не обязана проходить через узловые точки

б) Может проходить через узловые точки

в) Обязана проходить через узловые точки

Примеры задач:

1. С какой погрешностью следует измерить длину b прямоугольника со сторонами $a=4.3$ м и $b=8.5$ м, чтобы погрешность вычисления площади прямоугольника не превысила 0.3 м²? Ответ записать с точность 0.001 м.

2. Пешеход идет приблизительно со скоростью 2.9 км/час. С какой погрешностью следует измерять время движения пешехода, чтобы погрешность измерения пройденного расстояния не превышала 3.2 м? Ответ указать в секундах с точностью до 0.01 с.

3. Ускорение тела, согласно второму закону Ньютона, можно вычислить, измерив силу, действующую на тело, и его массу. Измерение силы и массы выполняются с некоторыми погрешностями. С какой погрешностью следует измерить силу, действующую на тело массой 7.01 кг, чтобы погрешность определения ускорения не превысила 1.8 м/с²? Ответ записать с точностью 0.01 Н.

Результаты зачета с оценкой определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Для получения зачета с оценкой студент должен сдать итоговый тест и выполнить лабораторные работы. Оценка за зачет проставляется по правилу, приведенному в таблице:

Оценка за лабораторные работы	Оценка за тест	Оценка за зачет
отлично	отлично	отлично
отлично	хорошо	отлично
хорошо	отлично	отлично
хорошо	хорошо	хорошо
отлично	удовлетворительно	хорошо
удовлетворительно	отлично	хорошо
хорошо	удовлетворительно	удовлетворительно
удовлетворительно	хорошо	удовлетворительно
удовлетворительно	удовлетворительно	удовлетворительно
неудовлетворительно	-	неудовлетворительно
-	неудовлетворительно	неудовлетворительно

Результаты выполнения студентами итогового теста оцениваются по 100 балльной шкале, которые переводятся в пятибалльную шкалу по следующей схеме: 59 баллов и ниже – «неудовлетворительно», 60 баллов – 73 балла – «удовлетворительно», 74 балла – 86 баллов – «хорошо», 87 баллов – 100 баллов – «отлично».

Результаты выполнения студентами лабораторных работ определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзамен в четвертом семестре проводится в форме теста. Тест содержит 15 теоретических вопросов. Продолжительность зачета 15 минут.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Преимущества неявных многошаговых разностных схем решения задачи Коши перед явными многошаговыми схемами заключаются в следующем: (Выберите один или несколько ответов)

- a) Неявные схемы точнее.
- b) У неявных схем шире диапазон устойчивости разностной схемы.
- c) Неявные схемы не требуют предварительной процедуры разгона.
- d) Неявные схемы реализуются проще.
- e) Неявные схемы используют меньше точек.

2. Метод сведения решения краевой задачи к решению двух задач Коши применим (Выберите один ответ):

- a) Только к нелинейным краевым задачам.
- b) Только к линейным краевым задачам.
- c) И к линейным и к нелинейным краевым задачам

3. Дана линейная краевая задача: $\frac{d^2 y}{dx^2} + 2x^2 \frac{dy}{dx} = 0$, $y(0) = 1$, $y'(1) = 0$.

Разностный аналог граничного условия при $x=1$ со вторым порядком аппроксимации будет иметь вид: (Выберите один ответ)

- a) $y_n + y_{n-1} = 0$
- b) $2y_n - y_{n-1} = 0$
- c) $y_n - y_{n-1} = 0$
- d) $y_n - 2y_{n-1} = 0$

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Для получения экзамена студент должен сдать итоговый тест и выполнить лабораторные работы. Оценка за экзамен проставляется по правилу, приведенному в таблице:

Оценка за лабораторные работы	Оценка за тест	Оценка за экзамен
отлично	отлично	отлично
отлично	хорошо	отлично
хорошо	отлично	отлично
хорошо	хорошо	хорошо
отлично	удовлетворительно	хорошо
удовлетворительно	отлично	хорошо
хорошо	удовлетворительно	удовлетворительно
удовлетворительно	хорошо	удовлетворительно
удовлетворительно	удовлетворительно	удовлетворительно
неудовлетворительно	-	неудовлетворительно
-	неудовлетворительно	неудовлетворительно

Результаты выполнения студентами итогового теста оцениваются по 100 балльной шкале, которые переводятся в пятибалльную шкалу по следующей схеме: 59 баллов и ниже – «неудовлетворительно», 60 баллов – 73 балла – «удовлетворительно», 74 балла – 86 баллов – «хорошо», 87 баллов – 100 баллов – «отлично».

Результаты выполнения студентами лабораторных работ определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle»:

<https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24644>,

<https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24700>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) Сборник задач и методические указания по проведению лабораторных работ:

Миньков Л.Л., Моисеева К.М., Порязов В.А. Сборник задач по «Приближенным вычислениям»: учеб.-метод. пособие. – Томск: STT, 2019. – 106 с.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Вержбицкий В.М. Основы численных методов. – М.: Высшая школа, 2009. – 847 с.

– Миньков С.Л., Миньков Л.Л. Основы численных методов: Учебное пособие. –

Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 260 с.

– Меркулова Н.Н., Михайлов М.Д. Методы приближенных вычислений: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. А.В. Старченко. – Томск: Издательский Дом ТГУ, 2014. – 764 с.

б) дополнительная литература:

– Копченова Н.В., Марон И.А. Вычислительная математика в примерах и задачах.

[Электронный ресурс] – СПб.: Лань, 2009. – 368 с. – Режим доступа ЭБС Лань:

<https://e.lanbook.com/book/198>

– Турчак Л.И., Плотников П.В. Основы численных методов [учебное пособие для вузов]. – М.: Физматлит, 2005. – 300 с.

– Меркулова Н. Н. Методы приближенных вычислений: учебно-методический комплекс / Меркулова Н. Н., Михайлов М. Д.; Том. гос. ун-т, Ин-т дистанционного образования. – Томск: ИДО ТГУ, 2007. – URL:

<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000244174>

– Миньков С. Л. Основы приближенных вычислений для инженеров / Миньков С. Л., Миньков Л. Л., Шрагер Э. Р.; Том. гос. ун-т, Ин-т дистанционного образования. – Томск: ИДО ТГУ, 2006. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000243530>

– Грекова Т. И. Численные методы: вычисление интегралов, нелинейные уравнения, вычисление собственных чисел и собственных векторов матриц, системы линейных алгебраических уравнений: учебное пособие. – Томск: Том. гос. ун-т, 2009. – 122 с

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы

<https://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000495451>

<https://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000244174>

13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Лаборатории, оборудованные компьютерной техникой с установленными компиляторами языков программирования Фортран, Паскаль, Си и системой компьютерной алгебры Mathcad.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Миньков Леонид Леонидович, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры математической физики физико-технического факультета Томского государственного университета