

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

А.В. Бурмистров



« 1. » 07. 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине «Вычислительная математика»

Направление подготовки 27.03.03 «Системный анализ и управление»
(шифр) (наименование)

Профиль подготовки Системный анализ и управление в химических технологиях

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения очная

Институт, факультет Институт управления, автоматизации и информационных технологий, Факультет информационных технологий

Кафедра-разработчик рабочей программы Системотехники

Курс, семестр 2 курс, 4 семестр:

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	36	1
Практические занятия	-	-
Лабораторные занятия	45	1,25
Самостоятельная работа	99	2,75
Форма аттестации	экзамен (36)	1
Всего	216	6

Казань, 2019 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (№ 195 от 11 марта 2015 г.) по направлению 27.03.03 «Системный анализ и управление»
(код) (наименование)
по профилю подготовки «Системный анализ и управление в химических технологиях»
на основании учебного плана очной формы обучения набора обучающихся 2019 года.

Разработчик программы:

Доцент

(должность)


(подпись)

Емельянов И.И.

(Ф.И.О.)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры системотехники,
протокол от 31.05.2019 г. № 16.

Зав. кафедрой


(подпись)

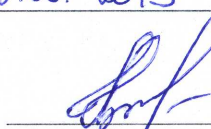
Зиятдинов Н.Н.

(Ф.И.О.)

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии института управления, автоматизации и информационных технологий, от 25.06.2019 г. № 139

Председатель комиссии, доцент


(подпись)

Нургалиев Р.К.

(Ф.И.О.)

Нач. УМЦ, доцент


(подпись)

Китаева Л.А.

(Ф.И.О.)

Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Вычислительная математика» являются:

- а) ознакомление с основными источниками погрешностей, их оценкой и методами устранения;*
- б) изучение вычислительных методов, применяемых при решении прикладных задач, не имеющих аналитического решения, либо имеющих его, но, по ряду причин, получение которого затруднено;*
- в) знакомство с принципами построения алгоритмов и методикой постановки задач при приближенном решении на ЭВМ.*

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Вычислительная математика» относится к **обязательным дисциплинам вариативной части ООП** и формирует у бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 27.03.03 «Системный анализ и управление», набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Вычислительная математика» **бакалавр** по направлению подготовки 27.03.03 «Системный анализ и управление» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Высшая математика;*
- б) Дополнительные главы математики;*
- в) Информатика;*
- г) Основы алгоритмизации;*
- г) Универсальные математические пакеты;*

Дисциплина «Вычислительная математика» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- а) Методы оптимизации;*
- б) Математическое моделирование объектов химической технологии;*
- в) Моделирование систем;*
- г) Анализ и синтез химико-технологических процессов и систем;*
- д) Методы моделирования и технологии синтеза химико-технологических процессов и систем;*

е) Компьютерное моделирование объектов химической технологии;

ж) Применение моделирующих программ для анализа и синтеза химико-технологических процессов и систем;

з) Системный анализ и принятие решений;

Знания, полученные при изучении дисциплины «Вычислительная математика» могут быть использованы при прохождении практик и выполнении выпускных квалификационных работ, могут быть использованы в научно-исследовательской деятельности по направлению подготовки 27.03.03 «Системный анализ и управление».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

1. ОПК-2 способностью применять аналитические, вычислительные и системно-аналитические методы для решения прикладных задач в области управления объектами техники, технологии, организационными системами, работать с традиционными носителями информации, базами знаний;

2. ОПК-7 способностью к освоению новой техники, новых методов и новых технологий;

3. ПК-1 способностью принимать научно-обоснованные решения на основе математики, физики, химии, информатики, экологии, методов системного анализа и теории управления, теории знаний, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать:

а) основные понятия и методы вычислительной математики;

б) особенности компьютерной реализации методов вычислительной математики, возможности основных специализированных математических пакетов, реализующих численные методы;

г) область применения, теоретические основы и современные проблемы развития методов вычислительной математики;

е) методы оценки погрешностей вычислительных методов и алгоритмов.

2) Уметь:

- а) использовать методы вычислительной математики для решения задач математического моделирования;
- б) выбирать требуемый метод в соответствии с особенностями задачи и имеющимися ограничениями на реализацию;
- в) решать задачи вычислительной математики с применением универсальных математических пакетов;
- г) анализировать и сравнивать алгоритмы численных методов решения математических задач по интеллектуальной сложности, вычислительным затратам, устойчивости к погрешностям исходных данных и округлений, границам применимости, особенностям компьютерной реализации.

3) Владеть:

- а) навыками формирования вычислительных задач в универсальных математических пакетах;
- б) навыками решения задач вычислительной математики средствами универсальных математических пакетов;
- в) навыками разработки алгоритмов для реализации методов вычислительной математики;
- г) технологиями применения вычислительных методов для исследования и решения задач из различных областей математики и ее приложений;
- д) навыками практической оценки точности результатов, полученных в ходе решения вычислительных задач.

4. Структура и содержание дисциплины «Вычислительная математика»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СР*	
1	Численные методы теории приближений	4	12	-	8	20	Защита лабораторных работ, контрольная работа №1, тест, расчетно-графическая работа
2	Численные методы алгебры	4	13	-	24	44	Защита лабораторных работ, контрольная работа №2, тест, расчетно-графическая работа
3	Методы вычисления определенных интегралов и решения дифференциальных уравнений	4	11	-	13	35	Защита лабораторных работ, контрольная работа №3, тест, расчетно-графическая работа
Итого			36	-	36	99	
Форма аттестации							зачет, экзамен(36)

СР* - самостоятельная работа бакалавра

5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием формируемых компетенций и используемых инновационных образовательных технологий.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Численные методы теории приближений	4	1. Введение. Слайд-фильм	Обусловленность задачи вычислительной математики. Устойчивость вычислительного алгоритма, экономичность вычислительного метода. Погрешности приближенных вычислений. Прямая и обратная задачи теории погрешностей. Понятие математического моделирования. Требования к математическим моделям и численным методам. Оценка погрешностей компьютерной арифметики. Вычисление значения функции разложением в ряд Тейлора.	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
		4	2. Методы приближения сеточных функций. Слайд-фильм	Постановка задачи о приближении функции. Задача выбора наилучшего приближения. Аппроксимация функции. Среднеквадратичное приближение. Метод	

				наименьших квадратов.	
		4	3. Методы интерполяции и сглаживания на основе сплайнов. Слайд-фильм	Постановка задачи интерполяции. Локальная и глобальная интерполяция. Кусочно-линейная интерполяция, оценка ее погрешности. Полиномиальная интерполяция, ее существование и единственность. Интерполяционный полином в формах Лагранжа и Ньютона. Теорема об остаточном члене интерполяционного полинома. Оценка остаточного члена на равномерной сетке. Оптимальный выбор узлов интерполяции. Многочлены Чебышева. Обусловленность задачи интерполяции и константа Лебега. Сплайн-интерполяция. Построение кубического S-сплайна. Оценка погрешности кубического сплайна. Сплайн с локальным носителем.	
2	Численные методы алгебры	4	4. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Слайд-фильм	Геометрическая интерпретация решения. Точные методы решения систем линейных уравнений: метод Гаусса, LU-факторизация. Разложение Холецкого. Приближенные методы решения систем линейных уравнений: метод итерации, метод Зейделя, метод релаксации. Вариационные итерационные методы. Метод сопряженных градиентов.	
		4	5. Решение задач о собственных значениях и собственных векторах матриц. Слайд-фильм	Полиномиальная матрица, ее степень, характеристическое уравнение, собственные значения, правые и левые собственные векторы. Геометрическая и алгебраическая кратность собственных значений, дефектная матрица. Классификация методов решения спектральной задачи на пучках матриц. Проблема собственных значений и векторов полиномиальной матрицы. Решение полной проблемы собственных значений. Методы отделения корней. Сведение обобщенной проблемы собственных значений к стандартной. Преобразование	

			регулярной и нерегулярной полиномиальной матрицы 2-й степени в блочную форму Фробениуса. Определение нулевых и "бесконечных" собственных значений и отвечающих им собственных векторов. Методы, основанные на преобразованиях подобия (метод вращений Якоби, QR-алгоритм Френсиса-Кублановской). Методы, основанные на идее интерполяции (линейная и квадратичная интерполяция). Метод Крылова, метод Данилевского. Методы уточнения корней. Оценка точности вычисления собственного значения с использованием нормализованного LQ - разложения постоянной матрицы. Вычисление с его помощью собственных векторов, отвечающих вычисленному собственному значению. Уточнение собственных значений методом Ньютона. Метод Ланкастера. Решение частичной проблемы собственных значений. Степенной метод и его модификации. Вычисление в аналитическом виде обратной матрицы от полиномиальной путем вычисления ее собственных значений и векторов.	
		2	6. Решение алгебраических и трансцендентных уравнений. Слайд-фильм	Способы отделения корней уравнений. Метод простых итераций. Графическая интерпретация метода простых итераций. Теорема о сходимости итерационного процесса. Оценка погрешности решения. Метод Ньютона. Условие сходимости метода Ньютона. Метод секущих. Метод Брента. Поиск корней полиномов методом Лаггера. Метод сопровождающей матрицы.
		3	7. Методы решения систем нелинейных уравнений. Слайд-фильм	Решение систем нелинейных уравнений методом Вегстейна. Решение систем нелинейных уравнений методом DEM. Метод Ньютона-Рафсона. Решение систем нелинейных уравнений методом Бройдена.

3	Методы вычисления определенных интегралов и решения дифференциальных уравнений	3	8. Вычисление определенных интегралов. Слайд-фильм	Постановка задачи численного интегрирования. Квадратурные формулы интерполяционного типа Ньютона-Котеса. Оценка погрешности квадратурных формул. Экстраполяция Рунге-Кутты, оценки по Рунге и Эйткену, вычисление интеграла с заданной точностью. Квадратурные формулы Гаусса. Метод Ромберга. Методы Монте-Карло. Применение методов Монте-Карло для вычисления кратных интегралов.
		4	9. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Слайд-фильм	Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Простейшие разностные схемы: явная и неявная схема Эйлера, схема с центральной точкой. Методы Рунге-Кутты численного решения задачи Коши. Таблица Бутчера. Методы Адамса численного решения задачи Коши. Многошаговые явные методы Адамса-Башфорта, неявные методы Адамса - Моултона. Жесткие системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Булирша-Штера решения задачи Коши. Краевая задача для обыкновенных дифференциальных уравнений. Итерационный метод решения краевой задачи. Решение линейной краевой задачи методом конечных разностей.
		4	10. Методы решения дифференциальных уравнений в частных производных. Слайд-фильм	Основные уравнения математической физики. Уравнения в частных производных первого порядка. Классификация уравнений в частных производных второго порядка. Теория уравнений гиперболического типа. Теория уравнений эллиптического типа. Уравнения параболического типа.

6. Содержание практических/семинарских занятий

Практические/семинарские занятия учебным планом не предусмотрены.

7. Содержание лабораторных занятий

Целью проведения лабораторных работ является закрепление теоретического материала и навыков решения задач, соответствующих профилю подготовки бакалавра.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Формируемые компетенции
1	Численные методы теории приближений	2	1. Вычисление погрешностей результатов арифметических действий	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
		2	2. Методы приближения сеточных функций	
		4	3. Интерполяция	
2	Численные методы алгебры	6	4. Решение алгебраических и трансцендентных уравнений	
		6	5. Решение систем линейных уравнений	
		6	6. Нахождение собственных значений и собственных векторов матриц	
		6	7. Решение систем нелинейных уравнений	
3	Методы вычисления определенных интегралов и решения дифференциальных уравнений	3	8. Нахождение определенных интегралов	
		4	9. Решение дифференциальных уравнений	
		6	10. Решение дифференциальных уравнений в частных производных	

8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СР	Формируемые компетенции
1	Тема 1. Введение.	3	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к контрольной работе. Выполнение домашнего задания.	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
2	Тема 2. Методы приближения сеточных функций.	7	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к контрольной работе. Выполнение домашнего задания.	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
3	Тема 3. Методы интерполяции и сглаживания на основе сплайнов	10	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к контрольной работе. Выполнение расчетно-графической работы.	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
4	Тема 4. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений	10	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к контрольной работе. Выполнение домашнего задания.	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
5	Тема 5. Решение задач о собственных значениях и собственных векторах матриц	10	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к контрольной работе.	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1

			Выполнение домашнего задания.	
6	Тема 6. Решение алгебраических и трансцендентных уравнений	4	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к контрольной работе. Выполнение домашнего задания.	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
7	Тема 7. Методы решения систем нелинейных уравнений	10	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к контрольной работе. Выполнение расчетно-графической работы.	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
8	Тема 8. Вычисление определенных интегралов	11	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к контрольной работе. Выполнение домашнего задания.	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
9	Тема 9. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений.	12	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к контрольной работе. Выполнение домашнего задания.	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
10	Тема 10. Методы решения дифференциальных уравнений в частных производных.	12	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к контрольной работе и тестированию. Выполнение расчетно-графической работы.	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности бакалавров в рамках дисциплины «Вычислительная математика» используется балльно-рейтинговая система. Балльно-рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в «Положении о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» ФГБОУ ВО «КНИТУ».

Текущий контроль степени усвоения теоретического материала по дисциплине «Вычислительная математика» осуществляется после изложения теоретического материала каждой темы и организован как тестирование. Предусмотрены 3 контрольные работы.

Лабораторные занятия направлены на решение задач и обсуждение теоретического материала.

За выполнение контрольных работ, защиту лабораторных работ, тестирование и расчетно-графическую работу студент может получить максимальное количество – 60 баллов.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и завершает изучение дисциплины. Форма аттестации – зачет, экзамен. За экзамен студент может получить от 24 до 40 баллов.

Максимальный рейтинг студента – 100 баллов, минимальный – 60 баллов.

Оценочные средства	Количество	Min, баллов	Max, баллов
Защита лабораторной работы	10	10x2=20	10x3=30
Контрольная работа	3	3x4=12	3x6=18
Тестирование	1	2	6
Расчетно-графическая работа		2	6
Экзамен	1	24	40
Итого		60	100

10. Информационно-методическое обеспечение

10.1 Основная литература

При изучении дисциплины «Вычислительная математика» в качестве основных источников информации, рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Численные методы [Учебники] : учебник и практикум для академ. бакалавриата : для студ. вузов, обуч. по физ.-матем. напр. / У.Г. Пирумов [и др.] ; под ред. У.Г. Пирумова .— 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Юрайт, 2019 .— 421с.	ЭБС «Юрайт» https://urait.ru/bcode/431961 Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
2. Олегин, И. П. Введение в численные методы : учебное пособие / И. П. Олегин, Д. А. Красноруцкий. — Новосибирск : НГТУ, 2018. — 115 с.	ЭБС «Лань»: https://e.lanbook.com/book/118322 Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
3. Рено Н.Н. Численные методы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.Н. Рено .— М. : КДУ, 2017 .— 112 с.	Электронная библиотека КНИТУ http://ft.kstu.ru/ft/Reno-Chislennye_metody_UP.pdf Доступ с IP-адресов КНИТУ
4. Гартман, Т. Н. Моделирование химико-технологических процессов. Принципы применения пакетов компьютерной математики : учебное пособие / Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 404 с.	ЭБС «Лань»: https://e.lanbook.com/book/126905 Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ

10.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации, рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Поршнев С.В. Численные методы на базе Mathcad: учеб. пособие.— СПб. : БХВ-Петербург, 2005 .— 450 с.	30 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Гартман Т.Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: учеб. пособие.— М. : Академкнига, 2006 .— 415 с.	200 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. Боглаев Ю.П. Вычислительная математика и программирование: учеб. пособие.— М. : КДУ,	270 экз. в УНИЦ КНИТУ

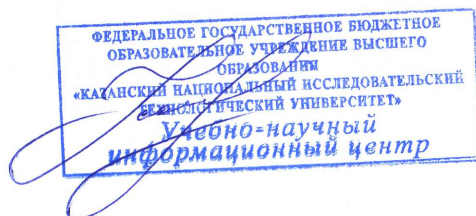
2007 .— 543 с.	
4. Гидаспов В.Ю. Численные методы: сборник задач : учеб. пособие / под ред. У.Г. Пирумова .— М. : Дрофа, 2007 .— 144 с.	2 экз. в УНИЦ КНИТУ
5. Лапчик М.П. Численные методы: учеб. пособие для студ. вузов / под ред. М.П. Лапчика.— 5-е изд., стереотип. — М. : Академия, 2009 .— 384 с.	26 экз. УНИЦ КНИТУ
6. Рябенский, В.С. Введение в вычислительную математику: учебное пособие.— М. :Физматлит, 2008. — 284 с.	ЭБС «Университетская библиотека online»: https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=68380 Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
7. Копченова, Н.В. Вычислительная математика в примерах и задачах [Учебники] : учеб. пособие / Н.В. Копченова, И.А. Марон .— 2-е изд., стереотип. — СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008 .— 366	1 экз. УНИЦ КНИТУ

10.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Вычислительная математика» в качестве электронных источников информации, рекомендуется использовать следующие источники:

1. ЭБС «Юрайт» – Режим доступа: <https://urait.ru/>
2. ЭБС «Лань» – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>
3. ЭБС «Университетская библиотека online» – Режим доступа: <https://biblioclub.ru>
4. Научная Электронная Библиотека (НЭБ) – Режим доступа: <http://elibrary.ru>
5. Электронный каталог КНИТУ - <http://ruslan.kstu.ru/>

Согласовано:
УНИЦ КНИТУ



10.4 Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины «Вычислительная математика» используются профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru>

2. справочная информационная онлайн-система «Регламент» – режим доступа <http://www.reglament.pro/>, доступ из любой точки интернет после регистрации с IP-адресов КНИТУ;

3. база данных лабораторных протоколов Springer Protocols – режим доступа <http://www.springerprotocols.com/>, доступ с IP-адресов КНИТУ;

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

1. Лекционные занятия:

- a. комплект электронных слайдов-фильмов по каждой теме лекционных занятий;
- b. аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ ноутбук).

2. Лабораторные работы:

- a. компьютерный класс;
- b. презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук),
- c. пакеты ПО общего назначения (пакет Microsoft Office);
- d. специализированное ПО: GNU Octave, MathCad, Microsoft Visual Studio;

- е. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- ф. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Лицензированное, свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе, при освоении дисциплины «Вычислительная математика»:

Microsoft Office,
Adobe Reader,
GNU Octave,
MathCad,
Microsoft Visual Studio

13. Образовательные технологии

Удельный вес занятий по дисциплине «Вычислительная математика», проводимых в интерактивных формах, составляет 27 часов или 33 % от аудиторной нагрузки для студентов очной формы обучения.

Основные интерактивные формы проведения учебных занятий:

- изучение и закрепление нового материала на интерактивной лекции (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция с разбором конкретных ситуаций);
- компьютерные симуляции,
- работа в команде.