

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич
Должность: Директор
Дата подписания: 04.09.2023 11:28:34
Уникальный программный ключ:
b683afe664d7e9f64175886cf9626a196149ad36

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

Факультет Математики и информационных технологий
Кафедра Математического моделирования

Рабочая программа дисциплины (модуля)

дисциплина ***Б1.О.18 Численные методы***

обязательная часть

Направление

01.03.02 ***Прикладная математика и информатика***
код наименование направления

Программа

Искусственный интеллект и анализ данных

Форма обучения

Очная

Для поступивших на обучение в
2023 г.

Разработчик (составитель)
кандидат физико-математических наук, доцент
Беляева М. Б.
ученая степень, должность, ФИО

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций	3
2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	4
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся	4
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	5
4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).....	5
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)	6
5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).....	10
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	11
6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)	11
6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем	12
6.3. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства	13
7. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)	13

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	ОПК-2.1. Знание приемов написания и анализа алгоритмов и компьютерных программ.	Обучающийся должен: Знать основные понятия и принципы численных методов, методы и направлениями разработки современных методов численных расчетов, численные методы решения систем дифференциальных и алгебраических уравнений.
	ОПК-2.2. Способность анализировать и конструировать конкретные алгоритмы на языке высокого уровня для решения разнообразных математических задач на компьютере	Обучающийся должен: Уметь применять численные методы для решения практических задач; выбирать требуемый метод в соответствии с особенностями задачи и имеющимися ограничениями на реализацию.
	ОПК-2.3. Знание парадигм структурного, процедурно-модульного и объектно-ориентированного программирования на языке высокого уровня	Обучающийся должен владеть навыками анализа современных численных методов; методами интерполирования и сглаживания экспериментальных данных; опытом выбора оптимального и оценки погрешностей реализованного численного метода
ОПК-3. Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1. Знает математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности.	Обучающийся должен знать: принципы построения и ограничения на применение вычислительных методов; способы контроля вычислений и оценки погрешности конкретного вычислительного метода; преимущества и недостатки прямых и итерационных методов численного решения линейных, нелинейных и дифференциальных уравнений (систем).
	ОПК-3.2. Умеет применять и	Обучающийся должен уметь: использовать имеющееся

	модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	программное обеспечение для решения сложных задач с применением нескольких методов и оценивать источники погрешностей; методом наименьших квадратов находить коэффициенты аппроксимирующих функций, и т. п.
	ОПК-3.3. Владеет навыками применения математического аппарата к исследуемым моделям на основе полученных знаний в области профессиональной деятельности.	Обучающийся должен владеть: навыками использования Internet-ресурсов для изучения и реализации новых численных методов при решении практических прикладных задач.

2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Цели изучения дисциплины:

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Математический анализ», «Линейная алгебра и геометрия», «Программирование», «Дифференциальные уравнения и их приложения».

Освоение тем дисциплины пригодится для выполнения выпускных квалификационных работ.

Курс «Численные методы» занимает важное место среди прикладных математических дисциплин. В процессе работы над курсом студенты должны на основе рассмотренных примеров освоить процедуру обоснованного выбора численного метода исследования математической модели социальных, экономических, физических процессов и явлений.

Цели изучения дисциплины:

1. познакомить студентов с основными численными методами и реализующими их алгоритмами;
2. подготовить студентов к решению практических задач, требующих, как правило, применения комбинации численных методов, и относящихся к самым различным сферам приложения: кибернетика, прикладная математика, математическое моделирование, оптимизация, автоматизированные системы управления и т. п.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5, 6 семестрах

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 9 зач. ед., 324 акад. ч.

Объем дисциплины	Всего часов
------------------	-------------

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	324
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	32
практических (семинарских)	48
лабораторных	48
другие формы контактной работы (ФКР)	1,4
Учебных часов на контроль (включая часы подготовки):	34,8
зачет	
экзамен	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	159,8

Формы контроля	Семестры
зачет	5
экзамен	6

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				СР
		Контактная работа с преподавателем				
		Лек	Пр/Сем	Лаб		
1	Математическое моделирование	4	4	0	23,2	
1.1	Основные понятия и определения	2	0	0	11,2	
1.2	Теория погрешностей	2	4	0	12	
2	Численные методы алгебры и анализа	9	15	18	43,2	
2.1	Векторы и матрицы. Основные числовые характеристики	2	0	0	10,1	
2.2	Точные методы решение систем линейных алгебраических уравнений	2	5	6	12	
2.3	Итерационные методы решение систем линейных алгебраических уравнений	3	5	6	11,1	
2.4	Проблема собственных значений	2	5	6	10	
3	Аппроксимация и интерполяция	7	10	5	33,1	
3.1	Численная интерполяция и аппроксимация	3	4	5	12	
3.2	Среднеквадратическая аппроксимация	2	3	0	10	
3.3	Метод наименьших квадратов	2	3	0	11,1	
4	Численное интегрирование	5	8	10	26,2	
4.1	Квадратурные формулы	2	4	5	12	
4.2	Квадратурные формулы наивысшей степени точности	3	4	5	14,2	
5	Численное дифференцирование	7	11	15	34,1	
5.1	Численное интегрирование	2	4	5	11	

	обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши.				
5.2	Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений Краевые задачи для ОДУ второго порядка	3	4	5	12
5.3	Дифференциальные уравнения в частных производных	2	3	5	11,1
	Итого	32	48	48	159,8

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Курс лекционных занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1	Математическое моделирование	
1.1	Основные понятия и определения	Операторное уравнение. Корректность задач по Адамару и Тихонову. Этапы решения задачи на ЭВМ. Вычислительные модели и методы.
1.2	Теория погрешностей	Виды погрешностей. Полная погрешность задачи. Особенности машинной арифметики.
2	Численные методы алгебры и анализа	
2.1	Векторы и матрицы. Основные числовые характеристики	Норма. Число обусловленности. Ортогональные и унитарные матрицы. Аддитивные и мультипликативные разложения матриц. - разложение квадратной матрицы. -разложение эрмитовых матриц, схема Холецкого. Матрицы вращения Гивенса. Матрицы отражения Хаусхолдера. Разложение матриц с применением ортогональных и унитарных матриц. Нахождение определителя с использованием мультипликативных разложений матриц.
2.2	Точные методы решение систем линейных алгебраических уравнений	Точные методы. Метод Гаусса. Метод - разложений. Метод прогонки. Метод квадратного корня. Мера обусловленности системы, оценка погрешности приближенного решения системы.
2.3	Итерационные методы решение систем линейных алгебраических уравнений	Итерационные методы. Метод простых итераций. Критерий сходимости, достаточные условия сходимости. Оптимизация скорости сходимости итерационных процессов. Метод Якоби. Метод Зейделя. Метод последовательной релаксации. Обратная матрица. Уточнение элементов обратной матрицы.
2.4	Проблема собственных значений	Полная и неполная проблема. Прямые и итерационные методы. Метод Данилевского. Метод Лемверье. Метод вращений Якоби. Степенной метод. Методы на основе мультипликативных разложений матриц.
3	Аппроксимация и интерполяция	
3.1	Численная интерполяция и аппроксимация	Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяционная схема Эйткина. Конечные и енные разности. Интерполяционный многочлен

		Ньютона (1 и 2 формулы). Узлы Чебышева. Сходимость интерполяционных процессов. Интерполирование сплайнами. Кубические сплайны.
3.2	Среднеквадратическая аппроксимация	Наилучшее среднеквадратичное приближение функции алгебраическими многочленами. Многочлены Чебышева, наименее уклоняющиеся от нуля и их свойства.
3.3	Метод наименьших квадратов	Ортогональные многочлены. Метод наименьших квадратов.
4	Численное интегрирование	
4.1	Квадратурные формулы	Подходы построения квадратурных формул. Интерполяционные квадратурные формулы. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Формула трапеций. Формула Симпсона. Остаточный член.
4.2	Квадратурные формулы наивысшей степени точности	Квадратурные формулы наивысшей степени точности. Метод Гаусса. Сходимость квадратурных процессов.
5	Численное дифференцирование	
5.1	Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши.	Интегрирование с помощью степенных рядов. Метод последовательных приближений Пикара. Метод Эйлера. Методы Рунге-Кутты. Методы Адамса-Башфорта. Методы Адамса-Моултона. Методы прогноза и коррекции. Общий вид линейных многошаговых методов. Условия согласованности. Разностные уравнения. Устойчивость, неустойчивость, жесткость.
5.2	Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений Краевые задачи для ОДУ второго порядка	Методы сведения к задаче Коши: метод «стрельбы», метод редукции, метод дифференциальной прогонки. Метод конечных разностей. Метод коллокаций. Метод Галеркина. Метод конечных элементов (проеекционно-разностный). Метод Рунге. Вариационно-разностные методы.
5.3	Дифференциальные уравнения в частных производных	Начальные и краевые условия. Классификация краевых задач. Основные понятия теории разностных схем. Аппроксимация, сходимость, устойчивость. Метод Либмана решения задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Метод сеток для уравнения параболического типа. Метод прогонки для уравнения теплопроводности. Метод сеток решения краевой задачи уравнения колебания струны.

Курс практических/семинарских занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1	Математическое моделирование	
1.2	Теория погрешностей	О погрешностях. Вопросы классификации и специфики. Виды погрешностей. Полная погрешность задачи. Особенности машинной

		арифметики.
2	Численные методы алгебры и анализа	
2.2	Точные методы решение систем линейных алгебраических уравнений	Точные методы. Метод Гаусса последовательного исключения неизвестных. Метод Гаусса LU разложения. Уточнение решения полученного методом Гаусса. Нахождение определителя и обратной матрицы методом Гаусса. Метод квадратного корня. Схема Холецкого. Метод вращений. Метод прогонки решения систем линейных алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей. Решение задач.
2.3	Итерационные методы решение систем линейных алгебраических уравнений	Итерационные методы. Метод простых итераций. Метод Зейделя. Критерий сходимости, достаточные условия сходимости. Метод Якоби. Критерий сходимости, достаточные условия сходимости. Метод последовательной релаксации. Обратная матрица. Уточнение элементов обратной матрицы. Решение задач.
2.4	Проблема собственных значений	Полная и неполная проблема. Прямые и итерационные методы. Метод Данилевского. Метод Леверье. Метод вращений Якоби. Степенной метод. Методы на основе мультипликативных разложений матриц. Решение задач.
3	Аппроксимация и интерполяция	
3.1	Численная интерполяция и аппроксимация	Основные определения. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Погрешность интерполяционной формулы Лагранжа. Интерполяционный многочлен Ньютона. Погрешность интерполяционной формулы Ньютона. Равномерная и неравномерная система узлов. Узлы Чебышева. Интерполяционные сплайн-функции. Параболические сплайны. Кубические сплайны. Решение задач.
3.2	Среднеквадратическая аппроксимация	Наилучшее среднеквадратичное приближение функции алгебраическими многочленами. Многочлены Чебышева, наименее уклоняющиеся от нуля и их свойства. Решение задач.
3.3	Метод наименьших квадратов	Ортогональные многочлены. Метод наименьших квадратов. Решение задач.
4	Численное интегрирование	
4.1	Квадратурные формулы	Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Формула прямоугольников. Формула трапеций. Формула Симпсона. Остаточный член.
4.2	Квадратурные формулы наивысшей степени точности	Квадратурные формулы наивысшей степени точности. Метод Гаусса. Сходимость квадратурных процессов. Решение задач.

5	Численное дифференцирование	
5.1	Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши.	Интегрирование с помощью степенных рядов. Метод последовательных приближений Пикара. Метод Эйлера. Методы Рунге-Кутты. Методы Адамса-Башфорта. Методы Адамса-Моултона. Методы прогноза и коррекции. Общий вид линейных многошаговых методов. Разностные уравнения. Устойчивость, неустойчивость, жесткость. Решение задач.
5.2	Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений Краевые задачи для ОДУ второго порядка	Постановка начально-граничной задачи для ОДУ второго порядка. Методы решения приводящие к решению задачи Коши. Метод редукции. Метод пристрелки. Метод дифференциальной прогонки. Сеточные методы решения. Построение конечно-разностного уравнения. Метод сеток. Решение задач.
5.3	Дифференциальные уравнения в частных производных	Начальные и краевые условия. Классификация краевых задач. Основные понятия теории разностных схем. Аппроксимация, сходимость, устойчивость. Метод левой прогонки решения краевой задачи для разностного уравнения второго порядка. Метод правой прогонки для разностного уравнения второго порядка. Метод Либмана решения задачи Дирихле для уравнения теплопроводности. Метод сеток решения краевой задачи уравнения параболического типа. Метод прогонки для решения уравнения теплопроводности. Метод сеток решения краевой задачи уравнения колебания струны. Решение задач.

Курс лабораторных занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
2	Численные методы алгебры и анализа	
2.2	Точные методы решение систем линейных алгебраических уравнений	Точные методы. Метод Гаусса последовательного исключения неизвестных. Метод Гаусса LU разложения. Уточнение решения полученного методом Гаусса. Нахождение определителя и обратной матрицы методом Гаусса. Метод квадратного корня. Схема Холецкого. Метод вращений. Метод прогонки решения систем линейных алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей. Нормы векторов и матриц.
2.3	Итерационные методы решение систем линейных	Итерационные методы. Метод простых итераций. Метод Зейделя. Метод Якоби. Критерий

	алгебраических уравнений	сходимости, достаточные условия сходимости. Метод последовательной релаксации. Обратная матрица. Уточнение элементов обратной матрицы.
2.4	Проблема собственных значений	Полная и неполная проблема. Прямые и итерационные методы. Метод Данилевского. Метод Леверье. Метод вращений Якоби. Степенной метод. Методы на основе мультипликативных разложений матриц.
3	Аппроксимация и интерполяция	
3.1	Численная интерполяция и аппроксимация	Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяционный многочлен Ньютона. Интерполяционные сплайн-функции. Параболические сплайны. Кубические сплайны. Метод наименьших квадратов Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Формула прямоугольников. Формула трапеций. Формула Симпсона. Метод Гаусса.
4	Численное интегрирование	
4.1	Квадратурные формулы	Подходы построения квадратурных формул. Интерполяционные квадратурные формулы. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Формула трапеций. Формула Симпсона. Остаточный член.
4.2	Квадратурные формулы наивысшей степени точности	Квадратурные формулы наивысшей степени точности. Метод Гаусса.
5	Численное дифференцирование	
5.1	Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши.	Метод последовательных приближений Пикара. Метод Эйлера. Методы Рунге-Кутты. Методы Адамса-Башфорта. Методы Адамса-Моултона. Методы прогноза и коррекции.
5.2	Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений Краевые задачи для ОДУ второго порядка	Методы сведения к задаче Коши: метод «стрельбы», метод редукции, метод дифференциальной прогонки. Метод конечных разностей. Метод коллокаций. Метод Галеркина. Метод конечных элементов (проекционно-разностный)..
5.3	Дифференциальные уравнения в частных производных	Метод левой прогонки решения краевой задачи для разностного уравнения второго порядка. Метод правой прогонки для разностного уравнения второго порядка. Метод Либмана решения задачи Дирихле для уравнения теплопроводности. Метод сеток решения краевой задачи уравнения параболического типа. Метод прогонки для решения уравнения теплопроводности. Метод сеток решения краевой задачи уравнения колебания струны.

5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Внеаудиторными формами и инструментами самостоятельной работы студентов по дисциплине являются: изучение дополнительного теоретического материала, выполнение домашних заданий, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение лабораторных заданий, подготовка к экзамену.

Самостоятельная работа студентов – это выполнение теоретических и практических заданий студентами по усвоению изучаемой дисциплины. К формам самостоятельной работы относится работа с основной и дополнительной литературой в библиотеке и дома, выполнение аудиторных и домашних контрольных работ, подготовка и написание курсовой работы, а также подготовка к семинарским и практическим занятиям, докладам и т. д.

Подробный перечень тем, выносимых на самостоятельное изучение, с указанием рекомендуемой учебно-методической литературой представлен ниже:

Наименование тем на самостоятельное изучение

Нахождение спектра специального линейного оператора.

Решение СЛАУ с разряженными матрицами большой размерности.

Алгоритмы разложения специальных матриц.

Решение некорректных задач для СЛАУ с переопределенными матрицами

Квадратурные формулы наивысшей степени точности с весами.

Интегрирование быстроосциллирующих функций.

Сравнительный анализ численных методов решения задачи Коши.

Разностные схемы на согласованных неравномерных сетках.

Рекомендуемая учебно-методическая литература

- 1) Орешкова, М.Н. Численные методы: теория и алгоритмы : учебное пособие / М.Н. Орешкова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова. - Архангельск : САФУ, 2015. - 120 с. : схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-261-01040-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436397>
- 2) Соболева, О.Н. Введение в численные методы : учебное пособие / О.Н. Соболева. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - 64 с. - ISBN 978-5-7782-1776-8 ; [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229144>. — Загл. с экрана.
- 3) Гавришина, О.Н. Численные методы : учебное пособие / О.Н. Гавришина, Ю.Н. Захаров, Л.Н. Фомина. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2011. - 238 с. - ISBN 978-5-8353-1126-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232352>

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная учебная литература:

1. Горбачев, М. В. Вычислительная математика : численные методы решения задач теплообмена : учебно-методическое пособие : [16+] / М. В. Горбачев, М. С. Макаров ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 64 с. : ил., табл., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL:

- <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576230> – Библиогр.: с. 62. – ISBN 978-5-7782-3786-5. – Текст : электронный.
2. Даутов, Р. З. Основы численных методов линейной алгебры : учебное пособие : [16+] / Р. З. Даутов, М. М. Карчевский ; науч. ред. М. Ф. Павлова ; Казанский (Приволжский) федеральный университет. – Казань : Казанский федеральный университет (КФУ), 2018. – 136 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682403> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-00130-010-6. – Текст : электронный.
 3. Гильмутдинов, Р. Ф. Численные методы : учебное пособие / Р. Ф. Гильмутдинов, К. Р. Хабибуллина ; Министерство образования и науки России, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2018. – 92 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500887> – Библиогр.: с. 88. – ISBN 978-5-7882-2427-5. – Текст : электронный.

Дополнительная учебная литература:

1. Крахоткина, Е. В. Численные методы в научных расчетах : учебное пособие / Е. В. Крахоткина ; Северо-Кавказский федеральный университет. – Ставрополь : Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2015. – 162 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=458055> – Библиогр.: с. 158-159. – Текст : электронный.
2. Орешкова, М. Н. Численные методы : теория и алгоритмы : учебное пособие : [16+] / М. Н. Орешкова ; Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова. – Архангельск : Северный (Арктический) федеральный университет (САФУ), 2015. – 120 с. : схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436397> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-261-01040-1. – Текст : электронный.
3. Олегин, И. П. Введение в численные методы : учебное пособие : [16+] / И. П. Олегин, Д. А. Красноручский ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 115 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576444> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3632-5. – Текст : электронный.

6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование документа с указанием реквизитов
1	Договор на доступ к ЭБС ZNANIUM.COM между БашГУ в лице директора СФ БашГУ и ООО «Знаниум» № 3/22-эбс от 05.07.2022
2	Договор на доступ к ЭБС «ЭБС ЮРАЙТ» (полная коллекция) между БашГУ в лице директора СФ БашГУ и ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» № 1/22-эбс от 04.03.2022
3	Договор на доступ к ЭБС «Университетская библиотека онлайн» между БашГУ и «Нексмедиа» № 223-950 от 05.09.2022
4	Договор на доступ к ЭБС «Лань» между БашГУ и издательством «Лань» № 223-948 от 05.09.2022
5	Договор на доступ к ЭБС «Лань» между БашГУ и издательством «Лань» № 223-949

	от 05.09.2022
6	Соглашение о сотрудничестве между БашГУ и издательством «Лань» № 5 от 05.09.2022
7	ЭБС «ЭБ БашГУ», бессрочный договор между БашГУ и ООО «Открытые библиотечные системы» № 095 от 01.09.2014 г.
8	Договор на БД диссертаций между БашГУ и РГБ № 223-796 от 27.07.2022
9	Договор о подключении к НЭБ и о предоставлении доступа к объектам НЭБ между БашГУ в лице директора СФ БашГУ с ФГБУ «РГБ» № 101/НЭБ/1438-П от 11.06.2019
10	Договор на доступ к ЭБС «ЭБС ЮРАЙТ» (полная коллекция) между УУНиТ в лице директора СФ УУНиТ и ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» № 1/23-эбс от 03.03.2023

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»)

№ п/п	Адрес (URL)	Описание страницы
1	https://intuit.ru/studies/courses/1012/168/info	Электронный курс «Введение в вычислительную математику» интернет-портала образовательных ресурсов НОУ ИНТУИТ
2	https://moodle.struust.ru	Методическая поддержка учебного процесса СФ УУНиТ

6.3. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование программного обеспечения
Mathcad University Classroom Perpetual-15 Floating
Windows 10
Office Standard 2016 Russian OpenLicensePack
Среда программирования Visual Studio C++ (свободно распространяемое ПО)

7. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Тип учебной аудитории	Оснащенность учебной аудитории
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория курсового проектирования (выполнения курсовых работ)	Доска, учебная мебель, проектор, экран, компьютеры, учебно-наглядные пособия.
Лаборатория аппаратных средств вычислительной техники. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций.	Доска, проектор, экран, учебная мебель, компьютеры, учебно-наглядные пособия
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий	Доска, учебная мебель, компьютеры, проектор,

<p>семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория курсового проектирования (выполнения курсовых работ)</p>	<p>экран, учебно-наглядные пособия.</p>
<p>Лаборатория аппаратных средств вычислительной техники. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций</p>	<p>Доска, проектор, экран, учебная мебель, компьютеры, учебно-наглядные пособия.</p>