Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прикладной математики

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФПМИ
д.т.н. Тимофеев В. С.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
31.08.2026
Владелец: д.т.н. Тимофеев В. С.
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Прямые и итерационные методы решения больших разреженных систем уравнений

Образовательная программа: 01.04.02 Прикладная математика и информатика, магистерская программа: Компьютерное моделирование и наукоемкое программное обеспечение и биоинформатика

Курс: 1 2, семестры : 2 3

Факультет прикладной математики и информатики,

		Семестр	
№	Вид деятельности	2	3
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4	4
2	Всего часов	144	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	35	31
4	Лекции, час.	6	6
5	Практические занятия, час.	14	12
6	Лабораторные занятия, час.	0	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	5	10
8	из них практической подготовки, час.	5	12
9	Аттестация, час.	2	2
10	Консультации, час.	13	11
11	Самостоятельная работа, час.	109	113
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)		
13	Вид аттестации	Э	Э

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 01.04.02 Прикладная математика и информатика

ФГОС введен в действие приказом №13 от 10.01.2018 г. , дата утверждения: 06.02.2018 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, формируемая участниками образовательных отношений, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ПМт, 31.08.2026

Утверждена на совете факультета прикладной математики и информатики, протокол № 8 от 31.08.2026

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Соловейчик Ю. Г.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Соловейчик Ю. Г.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-2.В/ПТ Способен разрабатывать и применять математические методы и прикладное программное обеспечение для решения задач в производственно-технологической деятельности
	ПК-2.В/ПТ. 1 знает сферу применения используемых методов прикладной математики и информатики, предпосылки, обуславливающие корректность применения соответствующих методов
	ПК-2.В/ПТ. 2 умеет разрабатывать прикладное программное обеспечение, ориентированное на использование методов прикладной математики и информатики, для решения задач прикладной направленности
	ПК-2.В/ПТ. 3 знает возможности прикладного программного обеспечения, реализующего используемые методы в сфере профессиональной деятельности

2. Требования НГТУ к планируемым результатам обучения, соотнесенным с индикаторами достижения компетенций

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций Результаты обучения	Формы организации занятий
ПК-2.В/ПТ. 1 знает сферу применения используемых методов прикладной математики и информатики, предпосылки, обуславливающие корректность применения соответствующих методов	
Знать сферу применения прямых и итерационных методов решения СЛАУ	Лекции; Самостоятельная работа
ПК-2.В/ПТ. 2 умеет разрабатывать прикладное программное обеспечение, ориентированное на использование методов прикладной математики и информатики, для решения задач прикладной направленности	
Уметь программно реализовывать прямые и итерационные методы решения СЛАУ	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК-2.В/ПТ. 3 знает возможности прикладного программного обеспечения, реализующего используемые методы в сфере профессиональной деятельности	
Иметь опыт использования библиотек математических функций и средств разработки для повышения производительности программ	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 2					
Дидактическая единица: Прямые методы решения СЛАУ					
1. Форматы хранения разреженных матриц	2	0	0	ПК-2.В/ПТ. 1	Профильный формат, разреженный строчно-столбцовый формат, формат CSR. Разреженные блочные форматы. Преимущества и недостатки различных форматов, ковертация между ними.

2. Прямые методы решения разреженных СЛАУ с симметричными и несимметричными матрицами	2	0	0	ПК-2.В/ПТ.1	Методы Гауссова исключения и полной факторизации для симметричных и несимметричных матриц. Ортогональные преобразования.
3. Использование подпрограмм вычислительной линейной алгебры для решения СЛАУ	1	0	0	ПК-2.В/ПТ.1	Методы ускорения вычислений с использованием подпрограмм вычислительной линейной алгебры BLAS уровней 1,2 и 3. Метод Штрассена. Организация гауссова исключения с помощью операций BLAS уровня 3.
4. Высокопроизводительные библиотеки математических функций.	1	0	0	ПК-2.В/ПТ.3	Использование библиотек MKL, Netlib, Lapack, SpaseBLAS для решения СЛАУ
Семестр: 3					
Дидактическая единица: Итерационные методы решения СЛАУ					
1. Необходимые сведения из линейной алгебры	1	0	0	ПК-2.В/ПТ.1	Сведения о скалярных произведениях и нормах в евклидовых пространствах, симметричных и эрмитовых матрицах, подпространствах Крылова.
2. Итерационные методы решения СЛАУ с эрмитовыми матрицами	1	0	0	ПК-2.В/ПТ.1	Методы сопряженных градиентов и сопряженных невязок
3. Итерационные методы решения СЛАУ общего вида.	1	0	0	ПК-2.В/ПТ.1	Локально-оптимальная схема, методы GMRES, BCG, BCGStab
4. Итерационные методы решения СЛАУ с комлекснозначными симметричными матрицами.	1	0	0	ПК-2.В/ПТ.1	Изучение методов COCG, COCR, BICGCR
5. Предобусловливание.	1	0	0	ПК-2.В/ПТ.2	Изучение техник предобусловливания систем линейных алгебраических уравнений
6. Распараллеливание методов решения СЛАУ	1	0	0	ПК-2.В/ПТ.3	Изучение основных методов распараллеливания алгоритмов решения разреженных СЛАУ

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 2					
Дидактическая единица: Прямые методы решения СЛАУ					

1. Программирование прямых методов решения СЛАУ	7	2	2	ПК-2.В/ПТ.2	Программирование прямых методов решения СЛАУ
2. Использование прямых методов решения СЛАУ из библиотек высокопроизводительных вычислений	7	3	3	ПК-2.В/ПТ.3	Изучение PARDISO
Семестр: 3					
Дидактическая единица: Итерационные методы решения СЛАУ					
1. Реализация основных программных модулей для решения СЛАУ	4	4	4	ПК-2.В/ПТ.2	В ходе занятий студенты выполняют реализацию подпрограмм, реализующих чтение и размещение в памяти компьютера СЛАУ с матрицами, хранящимися в разреженных блочно-строчных форматах, подпрограмм вычисляющих: скалярное произведение векторов, линейное комбинирования векторов, вычисление нормы невязки СЛАУ, умножение разреженной блочной матицы на вектор.
2. Распараллеливание операций типа вектор-вектор в итерационных методах решения СЛАУ	2	2	2	ПК-2.В/ПТ.3	В ходе занятий студенты выполняют распараллеливание подпрограмм вычисления скалярных произведений, линейного комбинирования векторов, вычисления нормы вектора, диагонального предобусловливания и сглаживания невязки.

2. Методы решения СЛАУ с комплексными матрицами	3	3	3	ПК-2.В/ПТ.2	В ходе занятий студенты изучают прямые и итерационные методы решения СЛАУ с разреженными комплексными матрицами, выполняют реализацию и отладку программ, реализующих методы COCG, COCR, BCG, BCGStab, ЛОС для комплексных матриц, GMRES для комплексных матриц. Часть занятий проводится в форме компьютерных симуляций - с использованием разработанных методов студент решает СЛАУ, полученные в результате конечноэлементных аппроксимаций, построенных для практических задач. Определяет наиболее эффективный метод для решаемой задачи.
3. Распараллеливание операции матрично-векторного умножения в итерационных методах решения СЛАУ	3	3	1	ПК-2.В/ПТ.3	В ходе занятий студенты выполняют распараллеливание подпрограмм вычисления произведения матрицы на вектор, хранящейся в разреженном строчно-блочном формате, выполняют балансировку нагрузки между нитями параллельной программы.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Программирование прямых методов решения СЛАУ	Пр	Выполняет следующие виды работ: программирование прямых методов решения СЛАУ в соответсвии с вариантом задания
2	Использование прямых методов решения СЛАУ из библиотек высокопроизводительных вычислений	Пр	Выполняет следующие виды работ: написание программ решения СЛАУ с использованием библитечных функций и методов. Сравнение вычислительной эффективности с программами собственной реализации
3	Реализация основных программных модулей для решения СЛАУ	Пр	Выполняет следующие виды работ: студенты приобретают практические навыки написания и отладки вычислительных программных модулей

4	Методы решения СЛАУ с комплексными матрицами	Пр	Выполняет следующие виды работ: студенты приобретают практические навыки написания и отладки вычислительных программных модулей решения СЛАУ с комплексными матрицами.
5	Распараллеливание операций типа вектор-вектор в итерационных методах решения СЛАУ	Пр	Выполняет следующие виды работ: студенты приобретают практические навыки распараллеливания подпрограмм вычисления скалярных произведений, линейного комбинирования векторов, вычисления нормы вектора, диагонального предобусловливания и сглаживания невязки.
6	Распараллеливание операции матрично-векторного умножения в итерационных методах решения СЛАУ	Пр	Выполняет следующие виды работ: программирует рспараллеливание подпрограмм вычисления произведения матрицы на вектор, хранящейся в разреженном строчно-блочном формате, выполняет балансировку нагрузки между нитями параллельной программы.

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 2				
1	Подготовка к занятиям	ПК-2.В/ПТ.1,ПК-2.В/ПТ.2,ПК-2.В/ПТ.3	89	9
Для подготовки к практическим занятиям студент использует учебное пособие "Метод конечных элементов для решения скалярных и векторных задач" / Ю. Г. Соловейчик, М. Э. Рояк, М. Г. Персова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 895 с. Студент изучает материал, посвященный методам решения конечноэлементных СЛАУ и технологиям работы с разреженными матрицами (с. 491-498, 502-506, 871-887 в учебном пособии). Для подготовки к индивидуальному заданию студент использует методическое пособие "Методы решения больших систем уравнений: методические указания к индивидуальным занятиям по курсу "Методы решения больших систем уравнений" для 5 и 6 курсов ФПМИ, направление 010500 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: П.А. Домников, М.Г. Персова, Ю.Г. Соловейчик]. - Новосибирск, 2010. - 21, [2] с. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/10_3951.pdf".: Методы решения больших систем уравнений : методические указания к индивидуальным занятиям по курсу "Методы решения больших систем уравнений" для 5 и 6 курсов ФПМИ, направление 010500 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: П. А. Домников, М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик]. - Новосибирск, 2010. - 21, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000151375			
2	Подготовка к аттестации	ПК-2.В/ПТ.2	20	4
При подготовке к экзамену студенты повторяют лекционный материал и анализируют основные результаты, полученные при проведении практических занятий и выполнении индивидуальных заданий.: Методы решения больших систем уравнений : методические указания к индивидуальным занятиям по курсу "Методы решения больших систем уравнений" для 5 и 6 курсов ФПМИ, направление 010500 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: П. А. Домников, М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик]. - Новосибирск, 2010. - 21, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000151375			
Семестр: 3				
1	Подготовка к занятиям	ПК-2.В/ПТ.2,ПК-2.В/ПТ.3	93	9

В процессе самостоятельной работы студент готовится к практическим занятиям, реализует основные программные модули, необходимые для выполнения заданий, а также выполняет индивидуальное задание.: Методы решения больших систем уравнений : методические указания к индивидуальным занятиям по курсу "Методы решения больших систем уравнений" для 5 и 6 курсов ФПМИ, направление 010500 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: П. А. Домников, М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик]. - Новосибирск, 2010. - 21, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000151375				
2	Подготовка к аттестации	ПК-2.В/ПТ.1	20	2
При подготовке к экзамену студенты повторяют лекционный материал и анализируют основные результаты, полученные при выполнении практических и индивидуальных заданий.: Методы решения больших систем уравнений : методические указания к индивидуальным занятиям по курсу "Методы решения больших систем уравнений" для 5 и 6 курсов ФПМИ, направление 010500 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: П. А. Домников, М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик]. - Новосибирск, 2010. - 21, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000151375				

3.3 Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	Личный типовой сайт; Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ
Консультирование	Личный типовой сайт; Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	Личный типовой сайт; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

Таблица 3.5

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм
1	Метод проектов
Краткое описание применения: Студенты разрабатывают проекты программ во время практических занятий (2-3 семестр), демонстрируют их работоспособность, анализируют полученные результаты	
Подробная информация об использовании технологии приводится в "Методы решения больших систем уравнений : методические указания к индивидуальным занятиям по курсу "Методы решения больших систем уравнений" для 5 и 6 курсов ФПМИ, направление 010500 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: П. А. Домников, М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик]. - Новосибирск, 2010. - 21, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000151375"	

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 2		

Лекция:	0	
Практические занятия: Оценивается активность на занятиях, разработка проектов программ во время практических занятий	30	60
Контролирующие материалы приводятся в "Методы решения больших систем уравнений : методические указания к индивидуальным занятиям по курсу "Методы решения больших систем уравнений" для 5 и 6 курсов ФПМИ, направление 010500 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: П. А. Домников, М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик]. - Новосибирск, 2010. - 21, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000151375"		
Экзамен: Оцениваются ответы на экзаменационные вопросы	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Методы решения больших систем уравнений : методические указания к индивидуальным занятиям по курсу "Методы решения больших систем уравнений" для 5 и 6 курсов ФПМИ, направление 010500 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: П. А. Домников, М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик]. - Новосибирск, 2010. - 21, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000151375"		
Семестр: 3		
Лекция:	0	
Практические занятия: Оценивается активность на занятиях, разработка проектов программ во время практических занятий	30	60
Контролирующие материалы приводятся в "Методы решения больших систем уравнений : методические указания к индивидуальным занятиям по курсу "Методы решения больших систем уравнений" для 5 и 6 курсов ФПМИ, направление 010500 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: П. А. Домников, М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик]. - Новосибирск, 2010. - 21, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000151375"		
Экзамен: Оцениваются ответы на экзаменационные вопросы	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Методы решения больших систем уравнений : методические указания к индивидуальным занятиям по курсу "Методы решения больших систем уравнений" для 5 и 6 курсов ФПМИ, направление 010500 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: П. А. Домников, М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик]. - Новосибирск, 2010. - 21, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000151375"		

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	**Индикаторы достижения компетенций**	**Формы контроля**
		Экзамен
ПК-2.В/ПТ	ПК-2.В/ПТ 1. знает сферу применения используемых методов прикладной математики и информатики, предпосылки, обуславливающие корректность применения соответствующих методов	+
	ПК-2.В/ПТ 2. умеет разрабатывать прикладное программное обеспечение, ориентированное на использование методов прикладной математики и информатики, для решения задач прикладной направленности	+
	ПК-2.В/ПТ 3. знает возможности прикладного программного обеспечения, реализующего используемые методы в сфере профессиональной деятельности	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

5. Литература

Основная литература

1. Персова М. Г. Современные компьютерные технологии : конспект лекций / М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик, П. А. Домников ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 78, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000202730

Дополнительная литература

1. Численные методы в уравнениях математической физики : учебное пособие / [М. Г. Персова и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 57, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232319

2. Домников П. А. Решение систем конечноэлементных уравнений при моделировании гармонических геоэлектромагнитных полей в трехмерных задачах морской электроразведки / П. А. Домников // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2013. – № 1 (20). – С. 87-93 // eLIBRARY.RU (Научная электронная библиотека РФФИ) [Электронный ресурс]. – [Россия], 1998-2016. – Режим доступа: http://elibrary.ru/download/36767861.pdf. – Загл. с экрана.

Интернет-ресурсы

1. Электронно-библиотечная система НГТУ [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. – [Россия], 2011. – Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/. – Загл. с экрана.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Методы решения больших систем уравнений : методические указания к индивидуальным занятиям по курсу "Методы решения больших систем уравнений" для 5 и 6 курсов ФПМИ, направление 010500 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: П. А. Домников, М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик]. - Новосибирск, 2010. - 21, [2] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000151375

2. Персова М. Г. Методы решения больших систем уравнений [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / М. Г. Персова, П. А. Домников, Ю. Г. Соловейчик ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000186200. - Загл. с экрана.

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Разработка кроссплатформенных приложений Microsoft Visual Studio 2015

2 Intel Software Educator Intel Parallel Studio XE Cluster Edition for Windows

3 Среда программирования Intel Software Intel Visual Fortran Compiler

6.3 Информационные технологии

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются элементы дистанционных образовательных технологий, а также синхронного и асинхронного взаимодействия в электронной информационно-образовательной среды НГТУ.

7. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet