

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 №911 от 28.08.2015 г. , дата утверждения: 23.09.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, 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, протокол заседания кафедры №6 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета прикладной математики и информатики, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.т.н. Персова М. Г.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Соловейчик Ю. Г.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Соловейчик Ю. Г.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.2 готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия; в части следующих результатов обучения:
з1. знать основные технологии разработки программных комплексов
Компетенция ФГОС: ОПК.4 способность использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики; в части следующих результатов обучения:
у1. уметь применять современные методы исследований в области профессиональной деятельности
у2. уметь использовать современные методы математического моделирования при решении профессиональных задач
Компетенция ФГОС: ПК.3 способность разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной и проектно-технологической деятельности; в части следующих результатов обучения:
у1. уметь разрабатывать системное и прикладное программное обеспечение, ориентированное на использование методов прикладной математики и информатики, для решения задач научной и прикладной направленности

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Методы решения больших систем уравнений</i>	
ОПК.2.з1 знать основные технологии разработки программных комплексов	
1. Особенности реализации итерационных методов решения СЛАУ и схем предобуславливания для матриц, имеющих разреженную блочно-элементную структуру	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.3.у1 уметь разрабатывать системное и прикладное программное обеспечение, ориентированное на использование методов прикладной математики и информатики, для решения задач научной и прикладной направленности	
2. Уметь грамотно использовать динамическое и псевродинамическое распределение памяти при работе с матрицами большой размерности	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
3. Программно реализовывать итерационные методы решения СЛАУ с разреженными матрицами	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
4. Распараллеливать итерационные методы решения СЛАУ с разреженными матрицами в системах с общей памятью	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК.4.у1 уметь применять современные методы исследований в области профессиональной деятельности	
5. Программно реализовывать хранение матриц в ленточном, профильном и разреженном строчном форматах	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
6. Решать системы конечноэлементных уравнений, полученных при аппроксимации нелинейных краевых задач	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.4.у2 уметь использовать современные методы математического моделирования при решении профессиональных задач	
7. Владеть методами решения СЛАУ большой размерности с матрицами, хранящимися в разреженных форматах	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
8. Иметь представление о методах решения больших систем конечноэлементных уравнений, полученных при аппроксимации нелинейных краевых задач	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.2.з1 знать основные технологии разработки программных комплексов	
9. Знать прямые методы решения СЛАУ с матрицами заданными в ленточном и профильном форматах;	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

10. Знать итерационные методы решения вещественных и комплексных СЛАУ с разреженными матрицами; схемы предобуславливания СЛАУ	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
---	---

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 2			
Дидактическая единица: Форматы хранения матриц СЛАУ большой размерности.			
1. Особенности СЛАУ, получающихся при конечно-разностной и конечноэлементной аппроксимации краевых задач. Форматы хранения матриц таких СЛАУ при использовании прямых и итерационных методов их решения	0	2	5
2. Динамическое и псевдинамическое распределение памяти при работе с матрицами большой размерности. Программная реализация хранения матриц в ленточном, профильном и разреженном строчном форматах.	0	2	2, 5
Дидактическая единица: Прямые методы решения СЛАУ с матрицами заданными в ленточном и профильном форматах.			
3. Прямые методы решения СЛАУ с матрицами заданными в ленточном и профильном форматах	0	2	2, 5, 9
Дидактическая единица: Итерационные методы решения вещественных и комплексных СЛАУ с разреженными матрицами			
4. Итерационные методы решения вещественных СЛАУ с разреженными симметричными и несимметричными матрицами	0	4	10, 3
5. Модификации методов сопряженных градиентов (COCG), сопряженных невязок (COCR) для решения СЛАУ с разреженными комплексно-симметричными матрицами	0	2	10, 3
6. Ускорение сходимости итерационных методов за счёт предобуславливания. Схемы предобуславливания. Схема сглаживания невязки.	0	2	10
Семестр: 3			
Дидактическая единица: Реализация методов решения СЛАУ большой размерности (3 семестр)			
1. Особенности реализации итерационных методов решения СЛАУ и схем предобуславливания для матриц, имеющих разреженную блочно-элементную структуру.	0	4	1
2. Методы решения больших систем конечноэлементных уравнений, полученных при аппроксимации нелинейных краевых задач.	0	4	6, 8
Дидактическая единица: Методы распараллеливания итерационных методов решения СЛАУ в системах с общей памятью.			
3. Распараллеливание итерационных методов решения разреженных СЛАУ	0	4	4

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Форматы хранения матриц СЛАУ большой размерности.				

1. Реализация основных программных модулей для решения СЛАУ	3	6	1, 2, 5	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 комбинирование векторов, вычисление нормы невязки СЛАУ, умножение разреженной блочной матрицы на вектор.
Дидактическая единица: Итерационные методы решения вещественных и комплексных СЛАУ с разреженными матрицами				
2. Методы решения СЛАУ с комплексными матрицами	7	14	10, 3, 7, 9	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. 7 часов 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. Ускорение сходимости итерационных методов решения СЛАУ	2	4	1, 10	В ходе занятий студенты изучают схемы предобуславливания итерационных методов решения СЛАУ с симметричными и несимметричными матрицами и схемы сглаживания невязки. 2 часа проводится в форме компьютерных симуляций
Дидактическая единица: Реализация методов решения СЛАУ большой размерности (2 семестр)				

4. Завершение разработки программ решения СЛАУ	3	4	10, 3, 7	Студенты выполняют сравнительный анализ методов решения СЛАУ на различных задачах. Выступления студентов по итогам выполнения индивидуальных заданий.
Семестр: 3				
Дидактическая единица: Реализация методов решения СЛАУ большой размерности (3 семестр)				
1. Математические библиотеки для решения разреженных СЛАУ	0	6	3, 4, 5, 7	В ходе занятий студенты знакомятся с современными высокопроизводительными математическими библиотеками программ для решения СЛАУ большой размерности.
Дидактическая единица: Методы распараллеливания итерационных методов решения СЛАУ в системах с общей памятью.				
2. Распараллеливание операций типа вектор-вектор в итерационных методах решения СЛАУ	0	6	4	В ходе занятий студенты выполняют распараллеливание подпрограмм вычисления скалярных произведений, линейного комбинирования векторов, вычисления нормы вектора, диагонального предобуславливания и сглаживания невязки.
3. Распараллеливание операции матрично-векторного умножения в итерационных методах решения СЛАУ	0	6	2, 4, 5	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.
4. Завершение разработки программ распараллеливания решения СЛАУ.	0	6	3, 4, 7	Занятия проводятся в активной форме 1) в форме групповых дискуссий на тему "Сравнительный анализ подходов к распараллеливанию итерационных методов решения СЛАУ в общей памяти"; 2) проводятся выступления студентов по итогам выполнения индивидуальных заданий; групповые дискуссии на тему выступлений.

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 2				
1	Подготовка к занятиям	1, 10, 3, 5, 7, 9	103	9
Для подготовки к лабораторным работам 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://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/10_3951.pdf				
2	Подготовка к аттестации	10, 2, 3, 5, 9	20	4
При подготовке к экзамену студенты повторяют лекционный материал и анализируют основные результаты, полученные при проведении лабораторных работ 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://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/10_3951.pdf				
Семестр: 3				
1	Подготовка к занятиям	2, 3, 4, 5, 7	75	9
В процессе самостоятельной работы студент готовится к лабораторным работам, реализует основные программные модули, необходимые для выполнения заданий на лабораторной работе, 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://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/10_3951.pdf				
2	Подготовка к аттестации	1, 4, 6, 8	20	2
При подготовке к экзамену студенты повторяют лекционный материал и анализируют основные результаты, полученные при проведении лабораторных работ 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://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/10_3951.pdf				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

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 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм	Коды формируемых компетенций
1	Метод проектов	ОПК.2; ОПК.4; ПК.3;
Формируемые умения: з1. знать основные технологии разработки программных комплексов; у1. уметь применять современные методы исследований в области профессиональной деятельности; у1. уметь разрабатывать системное и прикладное программное обеспечение, ориентированное на использование методов прикладной математики и информатики, для решения задач научной и прикладной направленности; у2. уметь использовать современные методы математического моделирования при решении профессиональных задач Краткое описание применения: Студенты разрабатывают проекты программ при выполнении лабораторных работ, 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://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/10_3951.pdf"		

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставить оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS.

Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Подробная информация о БРС приводится в Приложении №1 к рабочей программе.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 2		
<i>Подготовка к занятиям:</i>	20	40
<i>Лабораторная №1: выполнение и защита</i>	2	5
<i>Лабораторная №2: выполнение и защита</i>	2	5
<i>Лабораторная №3: выполнение и защита</i>	3	5
<i>Лабораторная №4: выполнение и защита</i>	3	5

Экзамен:	20	40
Контролирующие материалы - список вопросов		
Семестр: 3		
Подготовка к занятиям:	20	40
Лабораторная №1: выполнение и защита	2	5
Лабораторная №2: выполнение и защита	2	5
Лабораторная №3: выполнение и защита	3	5
Лабораторная №4: выполнение и защита	3	5
Экзамен:	20	40
Контролирующие материалы - список вопросов		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля
		Экзамен
ОПК.2	з1. знать основные технологии разработки программных комплексов	+
ОПК.4	у1. уметь применять современные методы исследований в области профессиональной деятельности	+
	у2. уметь использовать современные методы математического моделирования при решении профессиональных задач	+
ПК.3	у1. уметь разрабатывать системное и прикладное программное обеспечение, ориентированное на использование методов прикладной математики и информатики, для решения задач научной и прикладной направленности	+

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

7. 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
2. Соловейчик Ю. Г. Метод конечных элементов для решения скалярных и векторных задач : [учебное пособие] / Ю. Г. Соловейчик, М. Э. Рояк, М. Г. Персова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 895 с. : ил.
3. Ильин В. П. Методы и технологии конечных элементов / В. П. Ильин ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т вычисл. математики и мат. геофизики. - Новосибирск, 2007. - 370 с. : ил.

Дополнительная литература

1. Голуб Д. Матричные вычисления / Дж. Голуб, Ч. Ван Лоун ; пер. с англ. Ю. М. Нечепуренко и др. под ред. В. В. Воеводина. - М., 1999. - 548 с. : ил.
2. Вержбицкий В. М. Численные методы. Линейная алгебра и нелинейные уравнения : учебное пособие для вузов / В. М. Вержбицкий. - М., 2005. - 430, [1] с. : ил.
3. Ильин В. П. Методы неполной факторизации для решения алгебраических систем / В. П. Ильин. - М., 1995. - 287с. : ил.

4. Ортега . Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем : [учебник] / Дж. Ортега ; пер. с англ. Х. Д. Икрамова, И. Е. Капорина, ред. пер. Х. Д. Икрамов. - М., 1991. - 364, [1] с. : ил., схемы, табл.
5. Писсанецки С. Технология разреженных матриц / С. Писсанецки ; пер. с англ. Х. Д. Икрамова и И. Е. Капорина ; под ред. Х. Д. Икрамова. - М., 1988. - 411 с. : ил., табл.
6. 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. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 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://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/10_3951.pdf
2. Персова М. Г. Методы решения больших систем уравнений [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик, П. А. Домников ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000186200. - Загл. с экрана.

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Visual Studio 2015
- 2 Educator Intel Parallel Studio XE Cluster Edition for Windows
- 3 Intel Visual Fortran Compiler

9. 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

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

Кафедра прикладной математики

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФПМИ
д.т.н., доцент В.С. Тимофеев
“ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы решения больших систем уравнений

Образовательная программа: 01.04.02 Прикладная математика и информатика, магистерская
программа: Математическое моделирование детерминированных и стохастических процессов

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине "Методы решения больших систем уравнений" приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.2 готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	з1. знать основные технологии разработки программных комплексов	Итерационные методы решения вещественных СЛАУ с разреженными симметричными и несимметричными матрицами Методы решения СЛАУ с комплексными матрицами Модификации методов сопряженных градиентов (COCG), сопряженных невязок (COCR) для решения СЛАУ с разреженными комплексно-симметричными матрицами Особенности реализации итерационных методов решения СЛАУ и схем предобуславливания для матриц, имеющих разреженную блочно-элементную структуру. Прямые методы решения СЛАУ с матрицами заданными в ленточном и профильном форматах Ускорение сходимости итерационных методов за счёт предобуславливания. Схемы предобуславливания. Схема сглаживания невязки. Ускорение сходимости итерационных методов решения СЛАУ		Экзамен 2 семестр, вопросы 1-12.
ОПК.4 способность использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики	у1. уметь применять современные методы исследований в области профессиональной деятельности	Методы решения больших систем конечноэлементных уравнений, полученных при аппроксимации нелинейных краевых задач. Особенности СЛАУ, получающихся при конечно-разностной и конечноэлементной аппроксимации краевых задач. Форматы хранения матриц таких СЛАУ при использовании прямых и итерационных методов их решения Реализация основных программных модулей для решения СЛАУ		Экзамен 2 семестр, вопросы из разделов 4.1 и 4.2
ОПК.4	у2. уметь использовать современные методы математического	Математические библиотеки для решения разреженных СЛАУ Методы решения больших систем конечноэлементных		Экзамен 2 семестр, вопросы из раздела 4.3

	моделирования при решении профессиональных задач	уравнений, полученных при аппроксимации нелинейных краевых задач. Методы решения СЛАУ с комплексными матрицами		
ПК.3/ППТ способность разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной и проектно-технологической деятельности	у1. уметь разрабатывать системное и прикладное программное обеспечение, ориентированное на использование методов прикладной математики и информатики, для решения задач научной и прикладной направленности	Динамическое и псевдодинамическое распределение памяти при работе с матрицами большой размерности. Программная реализация хранения матриц в ленточном, профильном и разреженном строчном форматах. Завершение разработки программ распараллеливания решения СЛАУ. Итерационные методы решения вещественных СЛАУ с разреженными симметричными и несимметричными матрицами Модификации методов сопряженных градиентов (COCG), сопряженных невязок (COCR) для решения СЛАУ с разреженными комплексно-симметричными матрицами Распараллеливание итерационных методов решения разреженных СЛАУ Распараллеливание операции матрично-векторного умножения в итерационных методах решения СЛАУ Распараллеливание операций типа вектор-вектор в итерационных методах решения СЛАУ		Экзамен 2 семестр, вопросы из раздела 4.4. Экзамен 2 семестр, вопросы 1-12.

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 2 семестре - в форме экзамена, в 3 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.4, ПК.3/ППТ.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.4, ПК.3/ППТ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Методы решения больших систем уравнений», 2 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов, указанных в п. 4.1, второй вопрос – из диапазона вопросов, указанных в п. 4.2, третий вопрос – из диапазона вопросов, указанных в п. 4.3, четвертый вопрос – из диапазона вопросов, указанных в п. 4.4, пятый вопрос – из диапазона вопросов указанных в п. 4.5. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФПМИ

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Методы решения больших систем уравнений»

1. Дайте определения следующим понятиям:

- скалярное произведение и билинейная форма в комплексном линейном пространстве,
- предобусловливание. (2 балла)

2. Вывести схему метода СОСР с предобусловливанием:

Схема без предобусловливания. Для системы уравнений $Ax = b$ выполнить следующие действия:

Выбрать x_0 . Вычислить $r_0 = b - Ax_0$, положить $p_{-1} = 0$, $\beta_{-1} = 0$,

Для $j = 0, 1, 2, \dots$

$$p_j = r_j + \beta_{j-1}p_{j-1},$$

$$Ap_j = Ar_j + \beta_{j-1}Ap_{j-1},$$

$$\alpha_j = \frac{(\bar{r}_j, Ar_j)}{(\bar{A}p_j, Ap_j)},$$

$$x_{j+1} = x_j + \alpha_j p_j,$$

$$r_{j+1} = r_j - \alpha_j Ap_j,$$

$$\beta_j = \frac{(\bar{r}_{j+1}, Ar_{j+1})}{(\bar{r}_j, Ar_j)}.$$

При выводе формул использовать скалярное произведение $(x, y)_M = (Mx, y)$. (6 баллов)

3. Ответить на вопросы:

1. Можно ли применить метод обобщенных минимальных невязок (GMRES) для решения СЛАУ с комплексной симметричной матрицей? (1 балл)
 2. Можно ли применить метод сопряженных невязок (CR) для решения СЛАУ с вещественной несимметричной матрицей? (1 балл)
 3. Можно ли применить метод сопряженных градиентов (CG) для решения СЛАУ с комплексной несимметричной матрицей? (1 балл)
 4. Можно ли применить стабилизированный метод бисопряженных градиентов (BiCGStab) для решения СЛАУ с вещественной неэрмитовой матрицей? (1 балл)
 5. Можно ли применить метод сопряженных градиентов (CG) для решения СЛАУ с комплексной эрмитовой матрицей? (1 балл)
 6. Можно ли применить метод бисопряженных градиентов (BiCG) для решения СЛАУ с комплексно-симметричной, но неэрмитовой матрицей? (1 балл)
 7. Выполняется ли неравенство $\|r_{k+1}\| \leq \|r_k\|$ для невязок r_k , $k = 1, 2, \dots$ генерируемых в процессе решения СЛАУ методом COCR? (1 балл)
 8. Требуется ли в методе бисопряженных градиентов (BiCG) хранить все базисные векторы подпространства Крылова? (1 балл)
 9. Укажите число матрично-векторных умножений, которые необходимо выполнить на каждой итерации метода COCG. (1 балл)
 10. Встречается ли в методе обобщенных минимальных невязок GMRES операция умножения вектора на транспонированную матрицу A^T ? (1 балл)
4. Написать подпрограмму решения СЛАУ с верхнетреугольной матрицей для матрицы, хранящейся в разреженном блочно-строчном формате. (10 баллов)
5. Какие из ниже приведенных матриц можно интерпретировать как комплекснозначные? Какие из них являются комплексно-симметричными, эрмитовыми? Можно ли применить метод COCG для решения СЛАУ с данной матрицей?
- а) $\begin{pmatrix} 2 & -3 & 5 & 1 \\ 3 & 2 & -1 & 5 \\ 1 & -6 & 4 & 2 \\ 6 & 1 & -2 & 4 \end{pmatrix}$, б) $\begin{pmatrix} 4 & 0 & 5 & 2 \\ 0 & 4 & -2 & 5 \\ 5 & -2 & 1 & 0 \\ 2 & 5 & 0 & 1 \end{pmatrix}$, в) $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$. (12 баллов)

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *от 20 до 29 баллов*.

- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *от 30 до 35 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *от 36 до 40 баллов*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Методы решения больших систем уравнений»

4.1. Требуется дать определения следующим понятиям. В задании будет 2 понятия из нижеперечисленных. Оценивается максимум в 2 балла.

- скалярное произведение и билинейная форма в комплексном линейном пространстве,
- симметричные и эрмитовы комплексные матрицы,
- самосопряженный оператор, действующий в комплексном пространстве,
- матричное представление комплексных чисел,
- подпространство Крылова $K(A, m)$,
- предобусловливание,
- разреженный блочно-строчный формат хранения матриц,
- разреженный блочно-столбцовый формат хранения матриц,
- разреженный блочно-строчно-столбцовый формат хранения матриц.

4.2. Второе задание состоит в выводе схем итерационных методов.

Даны формулы исходного метода и метода с предобусловливанием. Требуется показать вывод формул предобусловливания. Оценивается максимум в 6 баллов.

1) *Conjugate Orthogonal Conjugate Method (COCG)*.

Для системы уравнений $Ax = b$ выполнить следующие действия:

Выбрать x_0 . Вычислить $r_0 = b - Ax_0$, $p_0 = r_0$,

Для $j = 0, 1, 2, \dots$

$$\alpha_j = \frac{(\bar{r}_j, r_j)}{(\bar{A}p_j, p_j)},$$

$$x_{j+1} = x_j + \alpha_j p_j,$$

$$r_{j+1} = r_j - \alpha_j A p_j,$$

$$\beta_j = \frac{(\bar{r}_{j+1}, r_{j+1})}{(\bar{r}_j, r_j)},$$

$$p_{j+1} = r_{j+1} + \beta_j p_j.$$

Схема с предобуславливанием. При выводе формул использовать скалярное произведение $(x, y)_M = (Mx, y)$. Для предобусловленной системы $M^{-1}Ax = M^{-1}b$ выполнить следующие действия:

Выбрать x_0 . Вычислить $r_0 = b - Ax_0$, $p_0 = M^{-1}r_0$,

Для $j = 0, 1, 2, \dots$

$$\alpha_j = \frac{(\bar{r}_j, M^{-1}r_j)}{(\bar{A}p_j, p_j)},$$

$$x_{j+1} = x_j + \alpha_j p_j,$$

$$r_{j+1} = r_j - \alpha_j A p_j,$$

$$\beta_j = \frac{(\bar{r}_{j+1}, M^{-1}r_{j+1})}{(\bar{r}_j, M^{-1}r_j)},$$

$$p_{j+1} = M^{-1}r_{j+1} + \beta_j p_j,$$

2) *Conjugate A-Orthogonal Conjugate Residual Method (COCR).*

Для системы уравнений $Ax = b$ выполнить следующие действия:

Выбрать x_0 . Вычислить $r_0 = b - Ax_0$, положить $p_{-1} = 0$, $\beta_{-1} = 0$,

Для $j = 0, 1, 2, \dots$

$$p_j = r_j + \beta_{j-1} p_{j-1},$$

$$Ap_j = Ar_j + \beta_{j-1} Ap_{j-1},$$

$$\alpha_j = \frac{(\bar{r}_j, Ar_j)}{(\bar{A}p_j, Ap_j)},$$

$$x_{j+1} = x_j + \alpha_j p_j,$$

$$r_{j+1} = r_j - \alpha_j A p_j,$$

$$\beta_j = \frac{(\bar{r}_{j+1}, Ar_{j+1})}{(\bar{r}_j, Ar_j)},$$

Схема с предобуславливанием. При выводе формул использовать скалярное произведение $(x, y)_M = (Mx, y)$. Для предобусловленной системы $M^{-1}Ax = M^{-1}b$ выполнить следующие действия:

Выбрать x_0 . Вычислить $r_0 = (b - Ax_0)$, $s_0 = M^{-1}r_0$, $z_0 = As_0$, $p_{-1} = a_{-1} = 0$, $\beta_{-1} = 0$,

Для $n = 0, 1, 2, \dots$

$$p_n = s_n - \beta_{n-1} p_{n-1},$$

$$a_n = z_n - \beta_{n-1} a_{n-1},$$

$$w_n = M^{-1}a_n,$$

$$\alpha_n = \frac{(\bar{z}_n, s_n)}{(\bar{a}_n, w_n)},$$

$$x_{n+1} = x_n + \alpha_n p_n,$$

$$r_{n+1} = r_n - \alpha_n a_n,$$

$$s_{n+1} = s_n - \alpha_n w_n,$$

$$z_{n+1} = As_{n+1},$$

$$\beta_n = -\frac{(\bar{z}_{n+1}, s_{n+1})}{(\bar{z}_n, s_n)}.$$

3) Локально оптимальная схема для комплексно-симметричных матриц

Для системы уравнений $Ax = b$ выполнить следующие действия:

Выбрать x_0 . Вычислить $r_0 = b - Ax_0$, положить $p_0 = r_0$,

Для $j = 0, 1, 2, \dots$

$$\alpha_j = \frac{(\bar{A}p_j, r_j)}{(\bar{A}p_j, Ap_j)},$$

$$x_{j+1} = x_j + \alpha_j p_j,$$

$$r_{j+1} = r_j - \alpha_j Ap_j,$$

$$\beta_j = -\frac{(\bar{A}p_j, Ar_{j+1})}{(\bar{A}p_j, Ap_j)},$$

$$p_{j+1} = r_{j+1} + \beta_j p_j$$

$$Ap_{j+1} = Ar_{j+1} + \beta_j Ap_j$$

Схема с предобуславливанием. При выводе формул использовать скалярное произведение $(x, y)_M = (Mx, y)$. Для предобусловленной системы $M^{-1}Ax = M^{-1}b$ выполнить следующие действия:

Вычислить $r_0 = (b - Ax_0)$, $z_0 = M^{-1}r_0$, $p_0 = z_0$, $a_0 = Ap_0$, $w_0 = M^{-1}a_0$, $s_0 = a_0$,

Для $j = 0, 1, 2, \dots$

$$\alpha_k = \frac{(\bar{w}_k, r_k)}{(\bar{w}_k, a_k)},$$

$$x_{k+1} = x_k + \alpha_k p_k,$$

$$r_{k+1} = r_k - \alpha_k a_k,$$

$$z_{k+1} = z_k - \alpha_k w_k,$$

$$s_{k+1} = Az_{k+1},$$

$$\beta_k = -\frac{(\bar{w}_k, s_{k+1})}{(\bar{w}_k, a_k)},$$

$$p_{k+1} = z_{k+1} + \beta_k p_k,$$

$$a_{k+1} = s_{k+1} + \beta_k a_k,$$

$$w_{k+1} = M^{-1}a_{k+1}.$$

4) Метод обобщенных минимальных невязок (GMRES).

Для системы уравнений $Ax = b$ выполнить следующие действия:

Выбрать x_0 . Вычислить $r_0 = b - Ax_0$, $\beta = \|r_0\|$, $v_1 = r_0 / \beta$, выбрать m ,

Определить матрицу $H = \{h_{ij}\}$ размера $(m+1) \times m$, положить $H = 0$,

Для $j = 1, 2, \dots, m$ {

$$\omega_j = Av_j$$

Для $i = 1, 2, \dots, j$ {

$$h_{ij} = (\omega_j, v_i)$$

$$\omega_j = \omega_j - h_{ij}v_i \}$$

$h_{j+1,j} = \|\omega_j\|$, если $h_{j+1,j} = 0$ положить $m = j$ и перейти к 10

$$v_{j+1} = \omega_j / h_{j+1,j} \}$$

Решить систему $Hu = \beta e_1$ вращениями Гивенса и положить $x_m = x_0 + \sum_{k=1}^m y_k v_k$.

Схема с предобуславливанием. Для предобусловленной системы $AM^{-1}u = b$, где $u = Mx$ выполнить следующие действия:

Выбрать x_0 . Вычислить $r_0 = b - Ax_0$, $\beta = \|r_0\|$, $v_1 = r_0 / \beta$, выбрать m ,

Определить матрицу $H = \{h_{ij}\}$ размера $(m+1) \times m$, положить $H = 0$,

Для $j = 1, 2, \dots, m$ {

$$\omega_j = AM^{-1}v_j$$

Для $i = 1, 2, \dots, j$ {

$$h_{ij} = (\omega_j, v_i)$$

$$\omega_j = \omega_j - h_{ij}v_i \}$$

$h_{j+1,j} = \|\omega_j\|$, если $h_{j+1,j} = 0$ положить $m = j$ и перейти к 10

$$v_{j+1} = \omega_j / h_{j+1,j} \}$$

Решить систему $Hu = \beta e_1$ вращениями Гивенса и положить $x_m = x_0 + \sum_{k=1}^m y_k M^{-1}v_k$.

4.3 Третье задание посвящено проверке знаний итерационных методов CG, CR, ЛОС, GMRES, их версий для комплекснозначных систем, а также методов BCG и BCGStab.

Примеры вопросов (здесь X – любой из перечисленных выше методов):

1. Можно ли применить метод X для решения СЛАУ с вещественной симметричной матрицей?
2. Можно ли применить метод X для решения СЛАУ с вещественной несимметричной матрицей?
3. Можно ли применить метод X для решения СЛАУ с комплексной симметричной матрицей?
4. Можно ли применить метод X для решения СЛАУ с комплексной несимметричной матрицей?
5. Можно ли применить метод X для решения СЛАУ с вещественной эрмитовой матрицей?
6. Можно ли применить метод X для решения СЛАУ с вещественной неэрмитовой матрицей?
7. Можно ли применить метод X для решения СЛАУ с комплексной эрмитовой матрицей?
8. Можно ли применить метод X для решения СЛАУ с комплексной неэрмитовой матрицей?
9. Можно ли применить метод X для решения СЛАУ с комплексно-симметричной, но неэрмитовой матрицей?
10. Выполняется ли неравенство $\|r_{k+1}\| \leq \|r_k\|$ для невязок r_k , $k = 1, 2, \dots$ генерируемых в процессе решения СЛАУ методом X?
11. Требуется ли в методе X хранить все базисные векторы подпространства Крылова?
12. Укажите число матрично-векторных умножений, которые необходимо выполнить на каждой итерации метода X.

13. Имеет ли смысл делать сглаживание невязки в схеме метода Х?

14. Встречается ли в методе Х операция умножения вектора на транспонированную матрицу A^T ?

В задании будут 10 вопросов из выше перечисленных. Каждый правильный ответ оценивается в 1 балл. То есть всего за выполнение третьего задания можно получить максимум 10 баллов.

4.4 В четвертом задании необходимо написать фрагмент программы. Можно писать или на C/C++, или на Фортране, или на псевдокоде. Главное – показать, что вы знаете алгоритм. Оценивается максимум в 10 баллов.

1. Написать подпрограмму матрично-векторного умножения для матрицы, хранящейся в разреженном блочно-строчном формате.
2. Написать подпрограмму матрично-векторного умножения для матрицы, хранящейся в разреженном блочно-столбцовом формате.
3. Написать подпрограмму матрично-векторного умножения для матрицы, хранящейся в разреженном блочно-строчно-столбцовом формате.
4. Написать подпрограмму решения СЛАУ с нижнетреугольной матрицей для матрицы, хранящейся в разреженном блочно-строчном формате.
5. Написать подпрограмму решения СЛАУ с нижнетреугольной матрицей для матрицы, хранящейся в разреженном блочно-столбцовом формате.
6. Написать подпрограмму решения СЛАУ с нижнетреугольной матрицей для матрицы, хранящейся в разреженном блочно-строчно-столбцовом формате.
7. Написать подпрограмму решения СЛАУ с верхнетреугольной матрицей для матрицы, хранящейся в разреженном блочно-строчном формате.
8. Написать подпрограмму решения СЛАУ с верхнетреугольной матрицей для матрицы, хранящейся в разреженном блочно-столбцовом формате.
9. Написать подпрограмму решения СЛАУ с верхнетреугольной матрицей для матрицы, хранящейся в разреженном блочно-строчно-столбцовом формате.
10. Пусть критерием останова итерационного метода служит условие уменьшения компонент вектора невязки, перечисленных в массиве a , размера $m < n$ (n – размер вектора неизвестных) в заданное число раз. Написать код подпрограммы, реализующий выполнение данного критерия останова решателя.

4.5. Какие из ниже приведенных матриц можно интерпретировать как комплекснозначные? Какие из них являются комплексно-симметричными, эрмитовыми? Можно ли применить метод Х для решения СЛАУ с данной матрицей? В задании будет дано 3 матрицы. Оценивается максимум в 12 баллов. Примеры матриц приведены ниже.

$$\begin{aligned} & \text{а) } \begin{pmatrix} 2 & -3 & 5 & 1 \\ 3 & 2 & -1 & 5 \\ 1 & -6 & 4 & 2 \\ 6 & 1 & -2 & 4 \end{pmatrix}, \text{ б) } \begin{pmatrix} 4 & -2 & 7 & -1 \\ 2 & 4 & 1 & 7 \\ 3 & 2 & 5 & -1 \\ -3 & 3 & 1 & 5 \end{pmatrix}, \text{ в) } \begin{pmatrix} 4 & 0 & 5 & 2 \\ 0 & 4 & -2 & 5 \\ 5 & -2 & 1 & 0 \\ 2 & 5 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \\ & \text{г) } \begin{pmatrix} 1 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 3 \\ 3 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 2 \end{pmatrix}, \text{ д) } \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \text{ е) } \begin{pmatrix} 4 & 0 & 0 & -8 & 1 & -1 \\ 0 & 4 & 8 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & -8 & 5 & 9 & 3 & 0 \\ 8 & 0 & -9 & 5 & 0 & 3 \\ 1 & -1 & 3 & 0 & 6 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 3 & 1 & 6 \end{pmatrix}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \text{ж)} \begin{pmatrix} 3 & 1 & 2 & 0 \\ -1 & 3 & 0 & 2 \\ 0 & -2 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \text{з)} \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}, \text{и)} \begin{pmatrix} 0 & -10 \\ 10 & 0 \end{pmatrix}, \text{к)} \begin{pmatrix} 3 & 1 & 2 & 2 \\ -1 & 3 & -2 & 2 \\ 2 & -2 & 1 & 0 \\ 2 & 2 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \\
& \text{л)} \begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 \\ 2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \text{м)} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 3 \\ 3 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 2 \end{pmatrix}, \text{н)} \begin{pmatrix} 2 & 3 & 5 & 1 \\ 3 & 2 & -1 & 5 \\ 5 & -1 & 4 & 2 \\ 1 & 5 & 2 & 4 \end{pmatrix}, \text{о)} \begin{pmatrix} 3 & -4 \\ 4 & 3 \end{pmatrix}.
\end{aligned}$$

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

Паспорт экзамена

по дисциплине «Методы решения больших систем уравнений», 3 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-3, второй вопрос из диапазона вопросов 4-10, третий вопрос из диапазона вопросов 11-12 (список вопросов приведен ниже).

В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФПМИ

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Методы решения больших систем уравнений»

1. Написать фрагмент программы, реализующей схему сглаживания невязки с использованием распараллеливания. Привести текст подпрограммы распараллеливания скалярных произведений.
2. Написать фрагмент программы, реализующей параллельное матрично-векторное умножение для матрицы, хранящейся в разреженном блочно-строчном формате.
3. В программе матрично-векторного умножения осуществить копирование входного вектора таким образом, чтобы отсутствовали конфликты при чтении компонент входного вектора разными нитями параллельной программы.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, *менее 20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные

ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *от 20 до 29 баллов*.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *от 30 до 35 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *от 36 до 40 баллов*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Методы решения больших систем уравнений»

- 1) Написать фрагмент программы, реализующей схему сглаживания невязки с использованием распараллеливания. Привести текст подпрограммы распараллеливания скалярных произведений.
- 2) Написать фрагмент программы, реализующей построение m векторов в методе GMRES(m) на каждой итерации с использованием распараллеливания (алгоритм, заданный формулами (17.45)-(17.50) на с.883 в [1]). При этом считать, что операции матрично-векторного умножения и предобуславливания уже распараллелены и вызывать их как внешние подпрограммы. Привести текст подпрограммы распараллеливания скалярных произведений.
- 3) Написать текст функции с заголовком `void zahpy(int n, double a_re, double a_im, double *x, double *y)`, реализующей операцию линейного комбинирования векторов $x := ax + y$ с использованием распараллеливания. a – комплексное число, комплекснозначные векторы x и y размера n хранятся в вещественнозначных векторах размера $2n$ (действительные и мнимые компоненты чередуются).
- 4) Написать фрагмент программы, реализующей параллельное матрично-векторное умножение для матрицы, хранящейся в разреженном блочно-строчном формате.
- 5) Написать фрагмент программы, реализующей параллельное матрично-векторное умножение для матрицы, хранящейся в разреженном блочно-строчном формате. При этом главная блочная диагональ хранится в отдельном массиве.
- 6) Написать фрагмент программы, реализующей параллельное матрично-векторное умножение для матрицы, хранящейся в разреженном блочно-столбцовом формате.
- 7) Написать фрагмент программы, реализующей параллельное матрично-векторное умножение для симметричной матрицы, хранящейся в разреженном блочно-строчно-столбцовом формате.
- 8) Написать фрагмент программы, реализующей параллельное матрично-векторное умножение для несимметричной матрицы, хранящейся в разреженном блочно-строчно-столбцовом формате.

[1] Соловейчик Ю. Г. Метод конечных элементов для решения скалярных и векторных задач : [учебное пособие] / Ю. Г. Соловейчик, М. Э. Рояк, М. Г. Персова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 895 с. : ил.

- 9) Написать фрагмент программы, реализующей параллельное матрично-векторное умножение для нижнетреугольной матрицы, хранящейся в разреженном блочно-строчно-столбцовом формате.
- 10) Написать фрагмент программы, реализующей параллельное матрично-векторное умножение для верхнетреугольной матрицы, хранящейся в разреженном блочно-строчно-столбцовом формате.
- 11) В программе матрично-векторного умножения осуществить копирование входного вектора таким образом, чтобы отсутствовали конфликты при чтении компонент входного вектора разными нитями параллельной программы.
- 12) В программе матрично-векторного умножения распределить обработку строк матрицы между нитями параллельной программы таким образом, чтобы обеспечить равномерную загрузку вычислительных ядер (процессоров).