

**Программа утверждена на заседании кафедры вычислительной математики
Протокол № 4 от 27 ноября 2014 г.**

Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Код и наименование дисциплины (модуля): Основы параллельных вычислений 2.
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки: 09.06.01 Информатика и вычислительная техника. Направленность программы: Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей (научная специальность 05.13.11).
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, элективный курс по выбору кафедры, обязателен для освоения не позднее второго года обучения.
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1 УК-4	У1 (УК-1) анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов З1 (УК-4) знать методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках
ОПК-1	В2 (ОПК-1) владеть навыками решения теоретических и практических задач при помощи современных программных средств
ПК-1	З1 (ПК-1) ЗНАТЬ: строение и методы программирования современных параллельных ЭВМ У1 (ПК-1) УМЕТЬ:

	разрабатывать алгоритмы и программы для параллельных ЭВМ с общей и распределенной памятью В2 (ПК-1) ВЛАДЕТЬ: навыками тестирования и отладки программ на параллельных ЭВМ с общей и распределенной памятью
--	--

6. 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:

Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единиц, всего 72 часов, из которых 44 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 8 часов мероприятия промежуточной аттестации), 28 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен

Знать: основ работы на ЭВМ и программирования.

Уметь: решать стандартные задачи разработки структур данных и реализации численных методов на языке C++.

Владеть: навыками решения задач из следующих разделов современной математики: математический анализ, линейная алгебра и дифференциальные уравнения.

8. Формат обучения:

спецкурс по выбору кафедры

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Тема 1: Методы построения триангуляции двумерных областей. Метод наименьших квадратов. Общая схема	6	4					4	2		2

построения матрицы системы для базиса из функций Куранта.										
Тема 2: Разреженные матрицы и методы их хранения в оперативной памяти.	6	4					4	2		2
Тема 3: Общий вид одношаговых итерационных методов. Понятие предобуславливателя. Пример подпрограммы вычисления предобуславливателя в методе Якоби для разреженной матрицы в формате MSR для систем с общей памятью.	6	4					4	2		2
Тема 4: Автоматический выбор итерационного параметра. Метод наименьших невязок. Организация вычислений для минимизации количества умножений матрицы на вектор.	6	4					4	2		2

Тема 5: Вычислительная устойчивость итерационных алгоритмов. Зависимость результата от числа логических процессоров.	8	4					4	4		4
Тема 6: Основные этапы разработки программы построения матрицы системы в формате MSR для метода наименьших квадратов для систем с общей и распределенной памятью.	8	4					4	4		4
Тема 7: Обобщенные производные. Пространства Соболева. Теоремы вложения и о следах. Обобщенное решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Теорема существования и единственности, априорная оценка.	8	4					4	4		4
Тема 8: Метод конечных элементов. Общая схема построения матрицы системы для задачи Дирихле для уравнения Пуассона.	8	4					4	4		4
Тема 9: Основные этапы	8	4					4	4		4

разработки программы построения матрицы системы в формате MSR для задачи Дирихле для уравнения Пуассона для систем с общей и распределенной памятью.										
Промежуточная аттестация: экзамен	8						8			
Итого	72	36					44	28		28

10. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы аспирантов по дисциплине (модулю).

Списка литературы, см. 12.

11. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю).

- Перечень компетенций: ПК-1
- Описание шкал оценивания: экзамен с оценкой по пятибалльной шкале
- Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	ШКАЛА оценивания					ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ
	1	2	3	4	5	
У1 (УК-1)	Отсутствие умений	Частично освоенное умение	В целом успешно, но не систематически	В целом успешно, но содержащие отдельные	Сформированное умение анализировать	экзамен в форме индивидуального

		анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	осуществляемые анализ альтернативных вариантов решения исследовательских и практических задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов	пробелы анализ альтернативных вариантов решения исследовательских задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов	альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	собеседования
31 (УК-4)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках	Неполные знания методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках	Сформированные и систематические знания методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках	экзамен в форме индивидуального собеседования
B2 (ОПК-1)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков построения и анализа математических моделей, решения задач при помощи современных программных средств	В целом успешное, но не систематическое применение навыков построения и анализа математических моделей, решения задач при помощи современных программных средств	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков построения и анализа математических моделей, решения задач при помощи современных программных средств	Успешное и систематическое применение навыков построения и анализа математических моделей, решения задач при помощи современных программных средств	экзамен в форме индивидуального собеседования
31 (ПК-1)	Не имеет базовых знаний	Допускает существенные ошибки	Демонстрирует частичные знания	Демонстрирует знания с небольшими пробелами	Раскрывает полное строение и методы программирования современных	экзамен в форме индивидуального собеседования

					параллельных ЭВМ	
У1 (ПК-1)	Не умеет и не готов формулировать	Фрагментарное умение разрабатывать программы для параллельных ЭВМ с общей и распределенной памятью	В целом успешное, но не систематическое умение разрабатывать программы для параллельных ЭВМ с общей и распределенной памятью	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение разрабатывать программы для параллельных ЭВМ с общей и распределенной памятью	Готов и умеет разрабатывать программы для параллельных ЭВМ с общей и распределенной памятью	экзамен в форме индивидуального собеседования
В2 (ПК-1)	Не владеет методами и навыками.	Владеет отдельными приемами	Владеет приемами и навыками решения основных стандартных задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками тестирования и отладки программ на параллельных ЭВМ с общей и распределенной памятью	Полностью владеет навыками тестирования и отладки программ на параллельных ЭВМ с общей и распределенной памятью	экзамен в форме индивидуального собеседования

- Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций.

Контрольные вопросы и задания по обязательной и вариативной частям дисциплины для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Методы построения триангуляции двумерных областей.
2. Проблемы распараллеливания построения триангуляций для систем с общей и распределенной памятью.
3. Основные проблемы построения сеток в трехмерных областях.
4. Метод наименьших квадратов. Постановка задачи. Проблемы выбора базиса.
5. Общая схема построения матрицы системы для базиса из функций Куранта.
6. Разреженные матрицы и методы их хранения в оперативной памяти.

7. Особенности хранения разреженных матриц для систем с распределенной памятью. Локальная и глобальная нумерация неизвестных.
8. Вычисление произведения разреженной матрицы на вектор для систем с общей и распределенной памятью.
9. Хранение матриц с перекрытием. Особенности вычисления основных операций (скалярных произведений, норм, и т.д.).
10. Общий вид одношаговых итерационных методов. Оценка падения невязки за k шагов.
11. Оптимальный выбор параметра для одношагового метода с самосопряженной матрицей.
12. Понятие предобуславливателя. Влияние на скорость сходимости.
13. Методы Якоби, Зейделя, верхней релаксации.
14. Автоматический выбор итерационного параметра. Метод наименьших невязок.
15. Организация вычислений в методе минимальных невязок для минимизации количества умножений матрицы на вектор.
16. Критерии остановки итерационных процессов. Особенности выбора нормы. Влияние количества точек синхронизации на эффективность.
17. Вычислительная устойчивость итерационных алгоритмов. Зависимость результата от числа логических процессоров.
18. Основные этапы разработки программы построения матрицы системы в формате MSR для метода наименьших квадратов в прямоугольнике для систем с общей памятью.
19. Обобщенные производные. Пространства Соболева.
20. Неравенства Фридрикса и Пуанкаре. Нормы в пространствах Соболева.
21. Обобщенное решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Теорема существования и единственности, априорная оценка.
22. Теоремы вложения для пространств Соболева. Теоремы о следах функций из пространств Соболева.
23. Метод конечных элементов. Постановка задачи. Проблемы выбора базиса.
24. Общая схема построения матрицы системы для задачи Дирихле для уравнения Пуассона.
25. Основные этапы разработки программы построения матрицы системы в формате MSR для задачи Дирихле для уравнения Пуассона в прямоугольнике для систем с общей памятью.
26. Основные этапы разработки программы построения правой части системы метода конечных элементов для уравнения Пуассона в прямоугольнике для систем с общей памятью.
27. Основные этапы разработки программы построения матрицы системы в формате MSR для задачи Дирихле для уравнения Пуассона в прямоугольнике для систем с распределенной памятью.
28. Основные этапы разработки программы построения правой части системы метода конечных элементов для уравнения Пуассона в прямоугольнике для систем с распределенной памятью.

Билеты формируются в виде двух вопросов (А, Б) из указанного списка и одной задачи (В), примеры задач см. далее.

Образцы билетов:

Билет №1.

- А. Методы построения триангуляции двумерных областей.
- Б. Организация вычислений в методе минимальных невязок для минимизации количества умножений матрицы на вектор.
- В. Написать многопоточную подпрограмму вычисления произведения разреженной матрицы формата MSR на вектор.

Билет №2

- А. Метод наименьших квадратов. Постановка задачи. Проблемы выбора базиса.
- Б. Основные этапы разработки программы построения матрицы системы в формате MSR для метода наименьших квадратов в прямоугольнике для систем с общей памятью.
- В. Написать многопоточную подпрограмму вычисления произведения разреженной матрицы формата CSR на вектор.

Билет №3

- А. Особенности хранения разреженных матриц для систем с распределенной памятью. Локальная и глобальная нумерация неизвестных.
- Б. Обобщенное решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Теорема существования и единственности, априорная оценка.
- В. Написать MPI подпрограмму вычисления предобуславливателя Якоби.

- Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения: листки с задачами для самостоятельного решения.

Примеры задач:

1. Написать многопоточную подпрограмму вычисления произведения разреженной матрицы формата CSR на вектор.
2. Написать многопоточную подпрограмму вычисления произведения разреженной матрицы формата MSR на вектор.
3. Написать MPI подпрограмму вычисления произведения разреженной матрицы формата CSR на вектор.
4. Написать MPI подпрограмму вычисления произведения разреженной матрицы формата MSR на вектор.
5. Написать многопоточную подпрограмму вычисления предобуславливателя Якоби.

6. Написать MPI подпрограмму вычисления предобуславливателя Якоби.
7. Написать многопоточную подпрограмму вычисления очередного приближения в методе наименьших невязок.
8. Написать MPI подпрограмму вычисления очередного приближения в методе наименьших невязок.
9. Написать многопоточную подпрограмму вычисления детерминированного скалярного произведения.
10. Написать MPI подпрограмму вычисления детерминированного скалярного произведения.
11. Написать многопоточную подпрограмму вычисления правой части в методе наименьших квадратов.
12. Написать MPI подпрограмму вычисления правой части в методе наименьших квадратов.
13. Написать многопоточную подпрограмму вычисления правой части в методе конечных элементов.
14. Написать MPI подпрограмму вычисления правой части в методе конечных элементов.

12. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы:

1. К.Ю. Богачев. Основы параллельных вычислений. Москва: ЦПИ при механико-математическом ф-те МГУ им. М.В.Ломоносова, 2002. 352 с.
2. К.Ю. Богачев. Основы параллельного программирования. Москва: Бинум, 2003. 342 с. ISBN: 5-94774-037-0.
3. В.В.Воеводин, Вл.В.Воеводин. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 608 с.

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):
 1. Справочная система для библиотек POSIX threads и MPI
- Описание материально-технической базы:
 1. аудиторный фонд механико-математического факультета

13. Язык преподавания.

русский

14. Преподаватель (преподаватели).
доцент Кирилл Юрьевич Богачев

Заведующий кафедрой
Вычислительной математики
профессор, д.ф.-м.н.

/Кобельков Г.М./