

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ ИМ. М.В. КЕЛДЫША
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»**

Утверждена
Ученым советом
ИПМ им. М.В. Келдыша РАН,
протокол № 14-22 от «10» ноября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ:
«Параллельные вычисления»**

Научная специальность:
2.3.5 – Математическое обеспечение вычислительных систем,
комплексов и компьютерных сетей

Форма обучения:
очная

Дисциплина: «Параллельные вычисления»

Научная специальность:

2.3.5 – «Математическое обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей»

Форма обучения: очная

ИСПОЛНИТЕЛЬ (разработчик программы):

Поляков С.В., ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, д.ф.-м.н., в.н.с.

РЕЦЕНЗЕНТ:

Крюков В.А., ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, д.ф.-м.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РЕКОМЕНДОВАНА

Ученым советом ИПМ им. М.В. Келдыша РАН,
протокол № 14/22 от «10» ноября 2022 г.

Заведующий аспирантурой _____ / Меньшов И.С. /

Оглавление

| | |
|---|----|
| АННОТАЦИЯ | 4 |
| 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 4 |
| 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 5 |
| 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ | 6 |
| 3.1. <i>Структура дисциплины</i> | 6 |
| 3.2. <i>Содержание разделов дисциплины</i> | 7 |
| 3.3. <i>Лекционные занятия</i> | 8 |
| 3.4. <i>Семинарские занятия</i> | 8 |
| 4. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ | 9 |
| 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ | 12 |
| 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ | 13 |

АННОТАЦИЯ

Рабочая программа дисциплины «Параллельные вычисления» разработана и составлена на основании ФГТ - «Федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)» (Приказ Минобрнауки № 951 от 20.10.2021г.), в соответствии с учебными планами подготовки аспирантов ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (ИПМ им. М.В. Келдыша РАН) по научным специальностям 2.3.5 - «Математическое обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Дисциплина «Параллельные вычисления» реализуется в рамках Блока «Образовательный компонент программы подготовки научных и научно - педагогических кадров в аспирантуре ИПМ им. М.В. Келдыша РАН.

Основным источником материалов для формирования содержания программы являются: материалы конференций, симпозиумов, семинаров, Интернет-ресурсы, научные издания и монографические исследования и публикации.

Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану составляет 3 зач.ед. (108 часов), из них лекций – 4 часа, семинарских занятий – 10 часов, практических занятий – 0 часов и самостоятельной работы – 94 часа. Дисциплина реализуется на 3-м курсе, в 1-м семестре, продолжительность обучения – 1 семестр.

Текущая аттестация проводится не менее 2 раз в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренными настоящей программой.

Промежуточная оценка знания осуществляется в период зачетно-экзаменационной сессии в форме зачета.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи дисциплины «Параллельные вычисления» Цели:

- углубленное изучение теории и практики параллельного программирования;
- обучение практическим навыкам решения фундаментальных и прикладных задач науки техники с помощью современных суперкомпьютерных систем.

Задачи:

- формирование углубленных знаний в области теории и практики параллельного программирования для современных компьютерных и суперкомпьютерных систем;
- обучение принципам создания параллельных алгоритмов и программ любого уровня сложности, ориентированных на научно-технические приложения;
- практическое применение полученных знаний при выполнении выпускной аспирантской работы, направленной на получение степени кандидата наук.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Параллельные вычисления» направлен на формирование определённых знаний, умений и компетенций.

а) универсальных (УК):

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том

числе в междисциплинарных областях;

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения;
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективах по решению научных и научно-образовательных задач;
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на родном и иностранном языке;
- способность к принятию самостоятельных мотивированных решений в нестандартных ситуациях и готовность нести ответственность за их последствия.

б) общепрофессиональных (ОПК):

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области информатики и вычислительной техники;
- владение культурой научного исследования в области информатики и вычислительной техники, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий;
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области информатики и вычислительной техники с учетом правил соблюдения авторских прав;
- готовность организовать работу исследовательского коллектива в области информатики и вычислительной техники;
- способность планировать, осуществлять и оценивать учебно-воспитательный процесс в образовательных организациях высшего образования;
- способность обоснованно выбирать и эффективно использовать образовательные технологии, методы и средства обучения с целью обеспечения планируемого уровня личностного и профессионального развития обучающегося;
- способность разрабатывать комплексное методическое обеспечение преподаваемых учебных дисциплин (модулей).

в) профессиональных (ПК):

- владение методологией и практическими навыками параллельного программирования;
- применение суперкомпьютерного моделирования к решению актуальных задач науки и техники на базе новейших достижений информационно-коммуникационных технологий;
- планирование самостоятельной научно-исследовательской деятельности и деятельности коллектива исследователей в области информатики и вычислительной техники;
- организация учебно-воспитательного процесса в образовательных организациях высшего образования.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Иметь представление:

- об общей постановке проблем компьютерного и суперкомпьютерного моделирования в различных областях науки и техники;
- о современных тенденциях развития компьютерных и суперкомпьютерных архитектур;
- об источниках знаний и методологии обучения в области параллельного программирования и параллельных вычислений.

Знать:

- основы теории параллельного программирования и суперкомпьютерных вычислений;
- современные подходы к многопоточному программированию;
- современные подходы к программированию распределённых вычислений;
- структуру и последовательность проведения вычислительного эксперимента;
- современные подходы к разработке больших программ и комплексов для вычислительных систем с гибридной архитектурой;
- современные параллельные методы решения задач линейной алгебры и численного анализа.

Уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты курса: понятия, суждения, умозаключения, законы, тенденции;
- представлять панораму универсальных методов и алгоритмов в области параллельных вычислений;
- работать на современном компьютерном оборудовании, управляемом различными операционными системами;
- абстрагироваться от несущественных влияний программной среды и создавать переносимые параллельные приложения;
- планировать оптимальное проведение вычислительного эксперимента на компьютерных и суперкомпьютерных системах.

Владеть:

- методологией математического моделирования при решении сложных научно-технических задач;
- навыками планирования, постановки, реализации и обработки результатов вычислительного эксперимента;
- навыками самостоятельной и коллективной работы на современном компьютерном и суперкомпьютерном оборудовании.

Приобрести опыт:

- решения конкретных научно-технических задач с помощью параллельной вычислительной техники;
- преподавания курса параллельные вычисления в образовательных организациях высшего образования.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Структура дисциплины

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ

| Вид учебной работы | Трудоемкость | | | | | |
|--|--------------|-----------|--------|-------|------|-----------|
| | общая | | из них | | | |
| | зач.ед. | час. | Лекц. | Прак. | Сем. | Сам.р. |
| ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ по Учебному плану | | | | | | |
| <i>Аудиторные занятия</i> | 0.13 | 14 | | | | |
| Лекции (Л) | 0.04 | 4 | 4 | | | |
| Практические занятия (ПЗ) | - | - | | - | | |
| Семинары (С) | 0.09 | 10 | | | 10 | |
| Самостоятельная работа (СР) без учёта промежуточного контроля: | 0.87 | 94 | | | | 94 |
| Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение тем дисциплины | 0.87 | 94 | | | | 94 |
| Вид контроля: зачет | | | | | | |

3.2. Содержание разделов дисциплины

Общее содержание дисциплины

| № раздела | Наименование темы (раздела) | Содержание темы (раздела) | Форма текущей аттестации |
|-----------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|
|-----------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|

| | | | |
|----|---|--|-------|
| | Введение. | Введение в параллельные вычисления. Структура курса. | |
| 1. | Методология математического и компьютерного моделирования | Математическое моделирование. Вычислительная и прикладная математика. Вычислительный и компьютерный эксперимент. Введение в параллельные вычисления. | О |
| 2. | Обзор технологий параллельных вычислений | Последовательные и параллельные вычислительные системы. Гибридная архитектура современных вычислителей. Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ. Программное обеспечение параллельных вычислений. | О |
| 3. | Разработка параллельных программ на общей и распределенной памяти. Гибридные технологии. | Разработка многопоточных приложений на общей памяти. Стандарты POSIX threads и OpenMP. Разработка распределенных параллельных приложений на основе стандарта MPI. Разработка гибридных приложений, использующих графические процессоры с помощью технологий MPI, OpenMP, CUDA. | О, ДЗ |
| 4. | Практические методы решения математических задач с помощью параллельных вычислительных систем | Решение алгебраических уравнений и систем. Решение ОДУ. Решение краевых и начально-краевых задач для уравнений в частных производных. Решение экстремальных и спектральных задач. Решение задач механики сплошной среды в областях реальной геометрии. | О, ДЗ |

Примечание: О – опрос, Д – дискуссия (диспут, круглый стол, мозговой штурм, ролевая игра), ДЗ – домашнее задание (эссе и пр.). Формы контроля не являются жесткими и могут быть заменены преподавателем на другую форму контроля в зависимости от контингента обучающихся. Кроме того, на занятиях семинарских может проводиться работа с нормативными документами, изданиями средств информации и прочее, что также оценивается преподавателем.

3.3. Лекционные занятия

| № занятия | № Раздела (темы) | Краткое содержание Раздела (темы) | Кол-во часов |
|--------------|------------------|--|--------------|
| 1. | 1 | Математическое моделирование. Вычислительная и прикладная математика. Вычислительный и компьютерный эксперимент. Введение в параллельные вычисления. | 2 |
| 2. | 2 | Последовательные и параллельные вычислительные системы. Гибридная архитектура современных вычислителей. Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ. Программное обеспечение параллельных вычислений. | 2 |
| ВСЕГО | | | 4 |

3.4. Семинарские занятия

| № занятия | № Раздела (темы) | Краткое содержание Раздела (темы) | Кол-во часов |
|-----------|------------------|-----------------------------------|--------------|
|-----------|------------------|-----------------------------------|--------------|

| | | | |
|--------------|---|--|-----------|
| 1. | 3 | Разработка параллельных программ на общей и распределенной памяти. Гибридные технологии. Разработка многопоточных приложений на общей памяти. Стандарты POSIX threads и OpenMP. Разработка распределенных параллельных приложений на основе стандарта MPI. Разработка гибридных приложений, использующих графические процессоры с помощью технологий MPI, OpenMP, CUDA. Примеры. | 2 |
| 2. | 4 | Решение алгебраических уравнений и их систем. Компьютерные методы решения одного уравнения. Компьютерные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Компьютерные методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений. Примеры и их параллельная реализация. | 1.5 |
| 3. | 4 | Решение ОДУ и их систем. Постановки начальных и краевых задач для систем ОДУ 1-го порядка. Компьютерные методы решения задачи Коши. Компьютерные методы решения краевой задачи. Примеры и их параллельная реализация. | 1.5 |
| 4. | 4 | Решение краевых и начально-краевых задач для уравнений в частных производных. Постановки задач для эллиптических, параболических и гиперболических уравнений. Сеточные методы решения задач. Параллельные алгоритмы и их программная реализация. Примеры. | 1.5 |
| 5. | 4 | Решение экстремальных и спектральных задач. Постановка и компьютерные методы решения экстремальных задач. Постановка и компьютерные методы решения спектральных задач. Примеры. | 1.5 |
| 6. | 4 | Решение задач механики сплошной среды в областях реальной геометрии. Начально-краевые задачи механики жидкости и газа в областях реальной геометрии. Сеточные подходы. Параллельные алгоритмы и их программная реализация. | 2 |
| | | Примеры. | |
| ВСЕГО | | | 10 |

4. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Текущая аттестация аспирантов. Текущая аттестация аспирантов проводится в соответствии с локальным актом ИПМ им. М.В. Келдыша РАН - Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИПМ им. М.В. Келдыша РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса, а также оценки вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в дискуссиях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем, ведущим дисциплину. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины см. ниже.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, своевременность выполнения различных

видов заданий, посещаемость занятий;

- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров, практических занятий и самостоятельной работы.

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется с использованием нормативных оценок по 4-х бальной системе (5-отлично, 4-хорошо, 3-удовлетворительно, 2-не удовлетворительно).

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

| Форма контроля знаний | Вид аттестации | Примечание |
|--|----------------|---|
| Оценка выполнения ДЗ в течение всего курса | текущая | является обязательной частью для допуска к зачету |
| Оценка курсового домашнего задания в конце курса | промежуточная | является обязательной частью зачета |

Примерный перечень вопросов **текущей** аттестации.

1. Разработка многопоточных приложений на общей памяти.
2. Стандарты POSIX threads и OpenMP.
3. Разработка распределенных параллельных приложений на основе стандарта MPI.
4. Разработка гибридных приложений, использующих графические процессоры с помощью технологий MPI, OpenMP, CUDA.
5. Компьютерные методы решения одного уравнения.
6. Компьютерные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
7. Компьютерные методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений.
8. Постановки начальных и краевых задач для систем ОДУ 1-го порядка.
9. Компьютерные методы решения задачи Коши.
10. Компьютерные методы решения краевой задачи.
11. Постановки задач для эллиптических, параболических и гиперболических уравнений.
12. Сеточные методы решения задач. Параллельные алгоритмы и их программная реализация.
13. Постановка и компьютерные методы решения экстремальных задач.
14. Постановка и компьютерные методы решения спектральных задач.
15. Начально-краевые задачи механики жидкости и газа в областях реальной геометрии.
16. Сеточные подходы.

Примерный список тем курсовых заданий для **промежуточной** аттестации. Для выполнения курсового задания аспирант самостоятельно выбирает конкретную задачу и выполняет ее программную реализацию.

1. Построение параллельного алгоритма и его программная реализация для экстремальной задачи.
2. Построение параллельного алгоритма и его программная реализация для задач механики сплошной среды.
3. Построение параллельного алгоритма и его программная реализация для краевых задач уравнений в частных производных.
4. Построение параллельного алгоритма и его программная реализация для начально-краевых задач в частных производных.
5. Построение параллельного алгоритма и его программная реализация для задачи Коши.
6. Построение параллельного алгоритма и его программная реализация для системы линейных уравнений.
7. Построение параллельного алгоритма и его программная реализация для эллиптических уравнений в частных производных.

- | | |
|--------------------------|---|
| 8. Построение реализации | параллельного алгоритма и его программная реализация для параболических уравнений в частных производных. |
| 9. Построение реализации | параллельного алгоритма и его программная реализация для гиперболических. уравнений в частных производных |

Итоговая аттестация аспирантов. Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине проводится в соответствии с локальным актом ИПМ им. М.В. Келдыша РАН – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИПМ им. М.В. Келдыша РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме недифференцированного зачета в период зачетно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного. Обучающийся допускается к зачету в случае выполнения аспирантом всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной

задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание обучающегося на промежуточной аттестации осуществляется с использованием нормативных оценок на зачете – по 2-х бальной системе (зачет, незачет).

Оценивание аспиранта на итоговой аттестации в форме зачета

| Оценка | Требования к знаниям и критерии выставления оценок |
|---------|--|
| Незачет | основное содержание учебного материала не раскрыто; допущены грубые ошибка в определении понятий и при использовании терминологии; не даны ответы на дополнительные вопросы. |
| Зачет | раскрыто содержание материала, даны корректные определения понятий; допускаются незначительные нарушения последовательности изложения; допускаются небольшие неточности при использовании терминов или в логических выводах; при неточностях задаются дополнительные вопросы. |

Список вопросов к **итоговой** аттестации аспирантов.

1. Последовательные и параллельные вычислительные системы.
2. Гибридная архитектура современных вычислителей.
3. Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ.
4. Программное обеспечение параллельных вычислений.
5. Разработка многопоточных приложений на общей памяти.
6. Стандарты POSIX threads и OpenMP.
7. Разработка распределенных параллельных приложений на основе стандарта MPI.
8. Разработка гибридных приложений, использующих графические процессоры с помощью технологий MPI.
9. Разработка гибридных приложений, использующих графические процессоры с помощью технологий OpenMP.

10. Разработка гибридных приложений, использующих графические процессоры с помощью технологий CUDA.
11. Решение алгебраических уравнений и систем.
12. Решение ОДУ.
13. Решение краевых и начально-краевых задач для уравнений в частных производных.
14. Решение экстремальных и спектральных задач.
15. Решение задач механики сплошной среды в областях реальной геометрии.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002.
2. К.Ю. Богачев. Основы параллельного программирования. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.
3. Г.Р. Эндрюс. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. – М., Вильямс, 2003.
4. А.С. Антонов. Параллельное программирование с использованием технологии MPI. – М.: Изд-во Московского университета, 2004.
5. Воеводин В.В. Вычислительная математика и структура алгоритмов. – М.: Изд-во Московского университета, 2006.
6. А.С. Антонов. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP. – М.: Изд-во Московского университета, 2009.
7. Лацис А.О. Параллельная обработка данных. - М.: Академия, 2010.
8. Якововский М.В. Введение в параллельные методы решения задач: Учебное пособие / Предисл.: В. А. Садовничий. – М.: Изд-во Московского университета, 2012.

Дополнительная литература и Интернет-ресурсы

9. В.А. Евстигнеев. Применение теории графов в программировании. Под ред. А.П. Ершова. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985.
10. Дж. Ортега. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем. Пер. с англ. – М.: Мир, 1991.
11. А.Н. Коновалов. Введение в вычислительные методы линейной алгебры. – Новосибирск, ВО "Наука", Сибирская издательская фирма, 1993.
12. Дж. Голуб, Ч. Ван Лоун. Матричные вычисления: Пер. с англ. – М.: Мир, 1999.
13. М.В. Якововский. Распределенные системы и сети. - М.: МГТУ "СТАНКИН", 2000.
14. Yu. Saad. Iterative Methods for Sparse Linear Systems. - Second edition with corrections, 2000.
15. У. Стивенс. UNIX: взаимодействие процессов. – СПб.: Питер, 2002.
16. А.О. Лацис. Как построить и использовать суперкомпьютер. – М.: Бестселлер, 2003.
17. Dongarra J., Foster I., Fox J., et al. Sourcebook of Parallel Computing. San Francisco (CA, USA): Elsevier Science, 2003.
18. М.В. Якововский, Е.Ю. Кулькова. Решение задач на многопроцессорных вычислительных системах с разделяемой памятью. – М.: СТАНКИН, 2004.
19. В.П. Гергель. Теория и практика параллельных вычислений. – СПб.: "Интернет-университет информационных технологий - ИНТУИТ.ру", "БИНОМ. Лаборатория знаний", 2007.
20. Вл.В. Воеводин, С.А. Жуматий. Вычислительное дело и кластерные системы. – М.: Изд-во МГУ, 2007.
21. А.В. Боресков, А.А. Харламов. Основы работы с технологией CUDA. – М.: ДМК Пресс, 2010.

22. Дж. Сандерс, Э. Кэндрот. Технология CUDA в примерах: введение в программирование графических процессоров. – М.: ДМК Пресс, 2011.
23. А.В. Боресков и др. Предисл.: В.А. Садовничий. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA: Учебное пособие. – М.: Изд-во Московского университета, 2012.
24. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. – СПб.: Питер, 2021.
25. <http://www.parallel.ru> - информационно-аналитический центр по параллельным вычислениям
26. <http://top500.org> – Суперкомпьютеры мира
27. <http://supercomputers.ru> – Суперкомпьютеры России и СНГ.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Необходимое лабораторное оснащение

Учебный кластер из 12 персональных компьютеров и сервера.

Необходимое оборудование для лекций, семинаров и практических занятий

Компьютер и проектор, учебный кластер из 12 персональных компьютеров и сервера.

Необходимое программное обеспечение

Операционная система Linux, компилятор C/C++, среда визуального программирования Qt Designer, интерфейс параллельного программирования Open MPI.

Обеспечение самостоятельной работы

Доступ через Интернет к ресурсам учебного кластера.

ИСПОЛНИТЕЛЬ (разработчик программы):

Поляков С.В., ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, д.ф.-м.н., в.н.с.