**Правительство Российской Федерации**

**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Структурные свойства параллельных систем

Structural properties of parallel systems

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: 066022

Санкт-Петербург

2020

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Дисциплина «Структурные свойства параллельных систем» является одной из важных дисциплин цикла, формирующего подготовку в области высокоэффективных вычислений на современных вычислительных системах. Она представляет собой комплекс знаний, умений и навыков, позволяющих овладеть основами параллельных вычислений на современных многоядерных компьютерах, а также углубить знания о влиянии архитектуры вычислительной системы на погрешность вычислений, на устойчивость вычислений относительно погрешностей округления.   
Отдельные параметры курса могут варьироваться по степени сложности в зависимости от уровня подготовки обучающихся. Дисциплина построена на принципах компетентностного, деятельностного подхода к вычислениям как средству обоснованного проведения различных расчетов, с применением высокопроизводительных компьютеров, что предполагает распределение содержания обучения по следующим видам деятельности: изучение основных концепций параллельного программирования, изучение средств распараллеливания, изучение элементов программирования, составление алгоритмов, проведение простейших вычислений, анализ ошибок, связанных с различными погрешностями, в том числе, с алгебраически допустимым изменением порядка вычислений.   
Основным методологическим принципом построения программы дисциплины, равно как и всей концепции обучения основам распараллеливания в целом, является принцип поэтапного системного накопления знаний и формирования необходимых компетенций по модели: от простого и/или знакомого - к сложному и/или незнакомому, а основной методологической стратегией прохождения отдельных разделов программы является ступенчатость и цикличность, предусматривающие постепенный возврат к ранее усвоенному материалу на более высоком языковом и концептуальном уровне.  
Цели изучения дисциплины: обучение методам распараллеливания вычислений с использованием мощных вычислительных систем, развитие у обучающихся доказательного, логического мышления; знакомство с различными языками, применяемыми на упомянутых системах, подготовка к самостоятельному решению различных алгоритмических задач с использованием этих систем.  
  
Результатом учебных занятий явятся усвоение методов распараллеливания вычислений с использованием мощных вычислительных систем, развитие у обучающихся доказательного, логического мышления; знакомство с различными языками, применяемыми на упомянутых системах, возможность самостоятельно решать простые алгоритмические задачи с использованием этих систем.

**1.2. Требования к подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Для успешного освоения дисциплины обучающийся должен иметь предварительную подготовку по дисциплинам — информатики и программирования, изучаемых на I-II курсах математико-механического факультета СПбГУ.

**1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

Обучающийся должен знать содержание дисциплины и обладать достаточно полным представлением о возможностях применения разделов дисциплины в различных прикладных областях науки и техники; уметь проводить вычисления на современных высокопроизводительных вычислительных системах с общей памятью в соответствии с программой дисциплины.  
Дисциплина «Структурные свойства параллельных систем» развивает способности дальнейшего освоения методов распараллеливания вычислений, способами и средствами организации параллельных потоков на вычислительных системах с распределенной и общей памятью, развития навыков работы с компьютером как средством управления информацией.

Дисциплина участвует в формировании компетенций обучающихся по образовательной программе, установленных учебным планом для данной дисциплины.

**1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий**

Аудиторная учебная работа: лекции в объеме 2 часа в неделю в 6-м учебном семестре, в конце семестра предусмотрены консультация и экзамен. Интерактивная форма учебных занятий (4 часа в течение семестра) заключается в дискуссии по некоторым разделам дисциплины.

**Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий**

**2.1. Организация учебных занятий**

**2.1.1 Основной курс**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины,  практики и т.п. | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | Объём активных и интерактивных  форм учебных занятий | Трудоёмкость |
| лекции | семинары | консультации | практические  занятия | лабораторные работы | контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | промежуточная  аттестация | итоговая аттестация | под руководством преподавателя | в присутствии  преподавателя | сам. раб. с использованием  методических материалов | текущий контроль (сам.раб.) | промежуточная аттестация (сам.раб.) | итоговая аттестация  (сам.раб.) |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 6 | 30 |  | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 46 |  | 28 |  | 4 | 3 |
|  | 1-25 |  | 1-25 |  |  |  |  |  | 1-25 |  |  |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО | 30 |  | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 46 |  | 28 |  |  | 3 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Формы текущего контроля успеваемости | | Виды промежуточной аттестации | | Виды итоговой аттестации  (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) | |
| Формы | Сроки | Виды | Сроки | Виды | Сроки |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | |
| Семестр 6 |  |  | экзамен, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

Период обучения (модуль): Семестр 6

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование темы (раздела, части) | Вид учебных занятий | Количество часов |
| I. | Организация памяти вычислительных систем | лекции | 6 |
| по методическим материалам | 4 |
| II. | Коммуникационная среда SCI | лекции | 4 |
| по методическим материалам | 4 |
| III. | Коммуникационная среда MYRINET | лекции | 4 |
| по методическим материалам | 4 |
| IV. | Коммуникационная среда Raceway | лекции | 4 |
| по методическим материалам | 4 |
| V. | О шине PCI фирмы INTEL | лекции | 4 |
| по методическим материалам | 4 |
| VI. | Коннектор шин PCI (SRC3266DE) | лекции | 4 |
| по методическим материалам | 4 |
| VII. | Обзор коммуникационных сред | лекции | 4 |
| по методическим материалам | 4 |
| VIII. | Промежуточная аттестация | Консультация | 2 |
| Промежуточная аттестация (экзамен) | 2 |

Тема 1: Организация памяти вычислительных систем.

(1) Об архитектуре ВС. Способы размещения данных и доступ к ним.

(2) Технология MemoryChannel.

(3) Внутрикристаллическая кэш-память.

(4) Организация когерентности при однопроцессорном подходе.

i. Многоуровенная память.

ii. Локальность данных.

iii. Кэш-память как ассоциативная память.

iv. Типовая иерархия памяти в однопроцессорных ВС.

v. Три типа кэш-памяти. Принципы работы с кэшем. Способы внесения изменений в кэш.

vi. Контроллер кэша. "Попадание" и "промах" в кэш.

(5) Многопроцессорный подход. Сосредоточенная память.

i. Алгоритм MESI. Управление режимом. Бит WT, сигнал INV.

(6) Многопроцессорный подход. Распределенная память.

i. Прямой подход. Поддержка когерентности кэшей.

ii. Алгоритм DASH. Три глобальных и три локальных состояния строки и работа с ними.

Тема 2: Коммуникационная среда SCI.

(1) Механизм работы SCI.

(2) Структура коммуникационной среды на базе SCI.

(3) Логическая структура SCI. Транзакции SCI.

(4) Архитектура SCI.

(5) Форматы пакетов.

(6) Когерентность кэшей в SCI.

(7) Функциональна организация.

(8) Прием пакетов.

(9) Передача пакетов.

(10) Управление потоком.

(11) Реализация SCI фирмой Dolphin.

(12) Реализация SCI фирмой CrayResearch.

Тема 3: Коммуникационная среда MYRINET

(1) Основные характеристики среды.

(2) Адаптеры в MYRINET.

(3) Коммутаторы в MYRINET.

(4) Маршрутизация пакетов.

(5) Логическая организация.

(6) Приливно-отливной буфер.

(7) Блокировки.

(8) О физической реализации.

Тема 4: Коммуникационная среда Raceway.

(1) Введение.

(2) Адаптеры и коммутаторы среды.

(3) Функциональные свойства.

(4) Форматы данных и маршрутизация.

Тема 5: О шине PCI фирмы INTEL.

(1) Введение.

(2) Основные черты шины PCI.

(3) Особенности шины PCI.

(4) Стандартная архитектура персонального компьютера с шиной PCI.

(5) Типы сигналов на шине.

(6) Адресация.

(7) Конфигурирование.

(8) Дополнение: о некоторых стандартах.

Тема 6: Коннектор шин PCI (SRC3266DE).

(1) Возможности коннектора.

(2) Структура и работа.

i. Интерфейсы транспортных колец.

ii. Кэш незавершенных транзакций.

iii. Счетчик числа повторений. Тайм-аут-счетчик. Регистр выбора линка.

(3) Архитектура SRC.

Тема 7: Обзор коммуникационных сред.

(1) Реализация протоколов.

(2) Пропускная способность.

(3) Выбор коммуникационной среды.

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Все обучающиеся должны быть обеспечены литературой, рекомендованной по дисциплине.

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

При выполнении самостоятельной работы необходимо знать содержание дисциплины, уметь формулировать определения основных понятий, уметь применять различные методы для решения конкретных задач. При подготовке к самостоятельной работе целесообразно использовать рекомендованную обязательную и дополнительную литературу, а также сведения из сети Интернет.   
Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы:  
Организация памяти вычислительных систем.  
Технология Memory Channel.  
Организация когерентности при однопроцессорном подходе.  
Многопроцессорный подход. Сосредоточенная память. Алгоритм MESI.   
Многопроцессорный подход. Распределенная память. Прямой подход.   
Распределенная память. Алгоритм DASH.   
Коммуникационная среда SCI.  
Коммуникационная среда MYRINET.  
Коммуникационная среда Raceway.  
О шине PCI фирмы INTEL.  
Коннектор шин PCI (SRC3266DE).  
Телекоммуникационные технологии.  
Выбор коммуникационной среды.

**3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

Методика проведения экзамена.

Экзамен проводится в устной форме. Билет содержит 2 вопроса из списка вопросов к экзамену. На подготовку к ответу в аудитории отводится не менее 1 академического часа.

После ответа на вопросы билета, преподаватель вправе задать дополнительные вопросы по любой теме из списка вопросов, вынесенных на экзамен. В качестве дополнительных, используются вопросы, не требующие длительного вывода и трудоемких вычислений, в том числе определения, основные формулы, основные графики. Так же в качестве дополнительного вопроса может быть предложена задача по следующим темам: «Алгоритм и его распараллеливание», «Отыскание обратной матрицы», «Роль топологической сортировки при распараллеливании», «Конвейерная обработка как способ распараллеливания», «Преимущества технологии Open MP», «Особенности технологии распараллеливания MPI».

Оценка **A** («отлично») ставится обучающемуся, полностью овладевшему теоретическим материалом и продемонстрировавшему принципы его применения на практике. При ответе на все вопросы продемонстрировано понимание предмета вопроса, ответы полные и правильные; возможно исправление неточности после указания преподавателя.

Оценка **B** («хорошо») ставится обучающемуся, полностью овладевшему теоретическим материалом и в основном продемонстрировавшему принципы его применения на практике. При ответе на все вопросы продемонстрировано понимание предмета вопроса, большинство ответов полные и правильные; на остальные вопросы полный и правильный ответ получен после просьбы уточнить какие-то моменты, поступившей от преподавателя.

Оценка **С** («хорошо») ставится обучающемуся, достаточно полно овладевшему теоретическим материалом и в основном продемонстрировавшему принципы его применения на практике. При ответе на все вопросы продемонстрировано понимание предмета вопроса, большинство ответов полные и правильные; на остальные вопросы полный и правильный ответ получен после указания преподавателем на конкретные ошибки, неточности и неполноту.

Оценка **D** («удовлетворительно») ставится обучающемуся, имеющему пробелы в овладении теоретическим материалом или в его применении на практике, если эти пробелы не являются решающими. Ответ на один из вопросов содержит некоторые непринципиальные ошибки или не полный, причем это не было исправлено даже после указания на это преподавателя.

Оценка **E** («удовлетворительно») ставится обучающемуся, имеющему пробелы как в овладении теоретическим материалом, так и в его применении на практике, если эти пробелы не являются решающими. Ответы на несколько вопросов содержат некоторые непринципиальные ошибки или не полные, причем это не было исправлено даже после указания на это преподавателем.

Оценка **F** («неудовлетворительно») ставится обучающемуся, имеющему существенные пробелы в овладении теоретическим материалом и в его применении на практике. Ответ на один из вопросов содержит принципиальные ошибки, или только частичный (в том числе, отсутствует), или при ответе не продемонстрировано понимание предмета вопроса.

**3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)**

**Компетенции, впервые формируемые дисциплиной:**

Нет.

**Компетенции, развиваемые дисциплиной:**

ОПК-1 — способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности.

ОПК-3 — способен применять современные информационные технологии, в том числе отечественные, при создании программных продуктов и программных комплексов различного назначения.

ОПК-4 — способен участвовать в разработке технической документации программных продуктов и программных комплексов.

ОПК-5 — способен инсталлировать и сопровождать программное обеспечение для информационных систем и баз данных, в том числе отечественного производства.

ПКА-1 — способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий.

ПКП-1 — способность проводить под научным руководством исследование на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности.

ПКП-2 — способен решать задачи в области развития науки, техники и технологии с учетом нормативного правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности.

ПКП-4 — способен применять современные информационные технологии при проектировании, реализации, оценке качества и анализа эффективности программного обеспечения для решения задач в различных предметных областях.

ПКП-5 — способен использовать основные методы и средства автоматизации проектирования, реализации, испытаний и оценки качества при создании конкурентоспособного программного продукта и программных комплексов, а также способен использовать методы и средства автоматизации, связанные с сопровождением, администрированием и модернизацией программных продуктов и программных комплексов.

ПКП-6 — способен использовать знания направлений развития компьютеров с традиционной (нетрадиционной) архитектурой; современных системных программных средств: операционных систем, операционных и сетевых оболочек, сервисных программ; тенденции развития функций и архитектур проблемно-ориентированных программных систем и комплексов в профессиональной деятельности.

ПКП-8 — способен использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования.

УКБ-3 — способен понимать сущность и значение информации в развитии общества, использовать основные методы получения и работы с информацией с учетом современных технологий цифровой экономики и информационной безопасности.

**Компетенции, полностью сформированные по результатам освоения дисциплины:**

Нет.

Для каждой компетенции применяется линейная шкала оценивания, определяемая долей успешно выполненных заданий, проверяющих данную компетенцию

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Организация памяти вычислительных систем.
2. Технология Memory Channel.
3. Организация когерентности при однопроцессорном подходе.
4. Многопроцессорный подход.
5. Сосредоточенная память.
6. Алгоритм MESI.
7. Многопроцессорный подход.
8. Распределенная память.
9. Прямой подход.
10. Распределенная память.
11. Алгоритм DASH.
12. Коммуникационная среда SCI.
13. Коммуникационная среда MYRINET.
14. Коммуникационная среда Raceway.
15. О шине PCI фирмы INTEL.
16. Коннектор шин PCI (SRC3266DE).
17. Телекоммуникационные технологии.
18. Выбор коммуникационной среды.

*Проверяемые компетенции: ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ПКА-1, ПКП-1, ПКП-2, ПКП-4, ПКП-5, ПКП-6, ПКП-8, УКБ-3*

*Сформированность компетенций считается пропорционально доле успешных ответов на вопросы и выполненности заданий.*

**3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

Для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса применяется анкетирование в соответствии с методикой и графиком, утвержденными в установленном порядке.

**3.2. Кадровое обеспечение**

**3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

К преподаванию дисциплины могут быть допущены преподаватели, имеющие диплом о высшем образовании по соответствующему направлению.

**3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

Учебно-вспомогательный и инженерно-технический персонал должен иметь соответствующее образование и обладать навыками организации работы с пользовательскими программными продуктами в локальной сети компьютерного класса и в Интернете.

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

**3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные стандартным оборудованием, используемым для обучения в СПбГУ в соответствии с требованиями материально-технического обеспечения.

**3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

Стандартное оборудование, используемое для обучения в СПбГУ.

MS Windows, MS Office, Mozilla FireFox, Google Chrome, Acrobat Reader DC, WinZip, Антивирус Касперского.

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

Не требуется

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

Не требуется

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Фломастеры цветные, губки, бумага формата А4, канцелярские товары, картриджи принтеров, диски, флеш-накопители и др. в объёме, необходимом для организации и проведения занятий, по заявкам преподавателей, подаваемым в установленные сроки.

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список обязательной литературы**

1. В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. Параллельные вычисления. СПб. 2002.  
2. В.В. Корнеев. Вычислительные системы. М. 2004.

**3.4.2 Список дополнительной литературы**

1. В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. Сетевые операционные системы. СПб., 2009.  
2. А. П. Пятибратов, Л. П. Гудыно, А. А. Кириченко. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. М.: Финансы и статистика, 2003.

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

1. Сайт Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ: <http://www.library.spbu.ru/>
2. Электронный каталог Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ: <http://www.library.spbu.ru/cgi-bin/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS>
3. Перечень электронных ресурсов, находящихся в доступе СПбГУ: <http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/>
4. Перечень ЭБС, на платформах которых представлены российские учебники, находящиеся в доступе СПбГУ: <http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/browse?name=rures&resource%20type=8>

**Раздел 4. Разработчики программы**

Демьянович Юрий Казимирович, д.ф-м.н., профессор, зав. кафедрой параллельных алгоритмов, y.demjanovich@spbu.ru