

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 12.07.2023 16:46:23  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Автономные интеллектуальные  
системы»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

ДИСЦИПЛИНЫ

**«СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ»**

для подготовки магистров

по направлению

09.04.04 «Программная инженерия»

по программе

**«Автономные интеллектуальные системы»**

Санкт-Петербург

2023

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

к.т.н., доцент Татаринов Ю.С.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МОЭВМ  
15.02.2022, протокол № 2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФКТИ, 24.02.2022, протокол № 2

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФКТИ
Обеспечивающая кафедра	МОЭВМ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	5
Курс	1
Семестр	1
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	52
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	128
Всего (академ. часов)	180
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (курс)	1

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ»**

Параллельные многопроцессорные вычислительные системы находят в последнее время широкое применение – это и суперкомпьютеры и многопроцессорные серверы с масштабируемыми СУБД, и вычислительные кластеры и, используемые для организации трудоемких вычислительных экспериментов, и Intranet-сети масштаба предприятия, позволяющие разделять информационные и вычислительные ресурсы. У параллельных многопроцессорных вычислительных систем различные архитектура и операционное окружение, но при программировании в них часто возникают одинаковые проблемы. Применение многопроцессорных систем требует учета и освоения определенной специфики параллельных вычислений. В данном курсе рассматриваются архитектуры и классификация параллельных вычислительных систем и особенности параллельного программирования.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«PARALLEL COMPUTING SYSTEMS»**

Parallel multiprocessor computer systems, such as supercomputers and multiprocessor servers with scalable database, computing clusters used for the organization of labor-intensive computational experiments and Intranet-enterprise networks that allow sharing information and computing resources, have been widely used recently. Parallel multiprocessor computer systems have different architectures and operating environment but they often have same programming problems. The use of multiprocessor systems requires understanding and consideration of specific nature of parallel computing. This course examines the architecture and classification of parallel computing and parallel programming features.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Целью дисциплины является получение теоретических знаний о классификации, архитектуре параллельных вычислительных систем и формальных моделей, и практических навыков по применению средств моделирования и верификации систем параллельной обработки данных для решения задач профессиональной деятельности.
2. Задачами дисциплины является приобретение знаний, умений и навыков по применению многопроцессорных систем, учету и освоению определенной специфики параллельных вычислений.
3. Получение знаний о моделях параллельного программирования, о методах и средствах оценки эффективности параллельных программ.
4. Формирование умений создавать оптимальные виртуальные параллельные вычислительные структуры для различного рода задач параллельной обработки данных и работать в программной среде параллельного программирования.
5. Приобретение навыков работы в средах параллельного программирования, разработки и отладки параллельных алгоритмов и программ, с учетом модели параллельного вычислителя.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе знаний, полученных при освоении программы бакалавриата или специалитета.

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Математические методы распознавания образов»
2. «Управление разработкой промышленного программного обеспечения»

3. «Алгоритмы беспилотного транспорта»

4. «Алгоритмы компьютерной математики»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-9	Способен выбирать технологии и средства разработки программного обеспечения, включая системы управления исходным кодом
<i>ПК-9.2</i>	<i>Выбирает методы взаимодействия компонентов программного обеспечения</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1			
2	Тема 1. Многопроцессорные вычислительные системы	2	4		10
3	Тема 2. Модели параллельного программирования	1	2		10
4	Тема 3. Сети передачи данных	1	4		10
5	Тема 4. Модели распределенных вычислений	2	4		10
6	Тема 5. Взаимодействия асинхронных параллельных процессов	2	4		11
7	Тема 6. Коллективные операции передачи данных	2	4		12
8	Тема 7. Передача данных	1	4		10
9	Тема 8. Управление группами процессов	2	4		10
10	Тема 9. Физические и Виртуальные топологии вычислительной системы	2	4		10
11	Заключение	1		1	35
	Итого, ач	17	34	1	128
	Из них ач на контроль	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	180/5			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Общий обзор дисциплины, специфика, области применения, терминология.
2	Тема 1. Многопроцессорные вычислительные системы	Области использования многопроцессорных вычислительных систем. Оценки эффективности параллельных вычислений
3	Тема 2. Модели параллельного программирования	Архитектура и классификация параллельных многопроцессорных вычислительных систем и моделей параллельного программирования. Вычислительные системы с массовым параллелизмом
4	Тема 3. Сети передачи данных	Организация взаимодействия между процессами, сети передачи данных. Виды параллелизма и фундаментальные требования к параллельной программе



№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
5	Тема 4. Модели распределенных вычислений	Технология MessagePassingInterface (MPI) -классическая модель программирования MPP. Преимущества, основные понятия и определения (параллельная программа, операции передачи данных, коммутаторы, типы данных, виртуальные топологии)
6	Тема 5. Взаимодействия асинхронных параллельных процессов	Механизмы и дисциплины взаимодействия асинхронных параллельных процессов. Анализ динамики их взаимодействия -тупики и ловушки. Формальные модели и средства описания, анализа и верификации параллельных программ
7	Тема 6. Коллективные операции передачи данных	Коллективные операции передачи данных, синхронизация вычислений. Методы и особенности
8	Тема 7. Передача данных	Передача данных между двумя процессами, режимы передачи, блокирующие и неблокирующие обмена данными
9	Тема 8. Управление группами процессов	Методы управления группами процессов и коммутаторами. Особенности
10	Тема 9. Физические и Виртуальные топологии вычислительной системы	Физические и виртуальные топологии вычислительной системы. Оптимизация виртуальной и физической архитектуры вычислительной системы. Декартовы топологии и топологии графа
11	Заключение	Итоговый обзор дисциплины, перспективы развития.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

## 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Введение в среду ОС UNIX и MPI.	2
2. Запуск параллельной программы на различном числе одновременно работающих процессов, упорядочение вывода результатов.	2
3. Исследование функций обмена данными «точка-точка» в библиотеке MPI.	2
4. Использование аргументов – джокеров при передаче данных.	2
5. Разработка масштабируемых параллельных программ.	20
6. Исследование эффективности параллельных программ, реализующих четыре классических параллельных алгоритмов перемножения матриц (ленточные алгоритмы, алгоритм Фокса и алгоритм Кэннона).	6
Итого	34

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной

дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	33
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	30
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	30
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>128</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Мараховский, Вячеслав Борисович. Моделирование параллельных процессов. Сети Петри [Текст] : курс для систем. архитекторов, программистов, систем. аналитиков, проектировщиков слож. систем управления / В. Б. Мараховский, Л. Я. Розенблюм, А. В. Яковлев, 2014. -398 с.	30
2	Немнюгин С. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем [Электронный ресурс] / С. Немнюгин, О. Стесик, 2014. -400 с.	неогр.
3	Организация процессов в операционной системе LINUX [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / [А. Б Верховинский, С. В. Иванов, Г. В. Разумовский, В. С. Фомичев], 2012. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
Дополнительная литература		
1	Питерсон, Джеймс. Теория сетей Петри и моделирование систем [Текст] / Дж. Питерсон ; пер. с англ. М.В. Горбатовой [и др.] ; под ред. В.А. Горбатова, 1984. -264 с.	60

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Учебные материалы по MPI. Режим доступа: <a href="http://parallel.ru/tech/tech_dev/mpi.html">http://parallel.ru/tech/tech_dev/mpi.html</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=7350>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Системы параллельной обработки данных» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен.

#### Экзамен

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Выставляется студенту, продемонстрировавшему существенные пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий
Удовлетворительно	Выставляется студенту, продемонстрировавшему знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой, обладающему необходимыми знаниями, но допустившему неточности в ответах на аттестационном испытании и при выполнении учебных заданий
Хорошо	Выставляется студенту, продемонстрировавшему полное знание учебного материала, успешно выполнившему предусмотренные программой задачи, освоившему основную рекомендованную литературу, показавшему систематический характер знаний по дисциплине и способному к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебы и профессиональной деятельности
Отлично	Выставляется студенту, продемонстрировавшему всестороннее систематическое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, освоившему основную литературу и ознакомившемуся с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины, усвоившему взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала

## Особенности допуска

Студенты, получившие оценку не менее ”удовлетворительно” по всем контрольным точкам (контрольные работы), допускаются к экзамену. Экзамен проводится по билетам.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Типовые задачи взаимодействия асинхронных процессов.
2	Классификация многопроцессорных систем. ВС с разделяемой общей памятью.
3	Классификация многопроцессорных систем. ВС с распределенной областью памяти.
4	Управление группами процессов в MPI
5	Блокирующие и неблокирующие операции в MPI.
6	Спецификация дисциплины межпроцессного взаимодействия с использованием сетей Петри
7	Системы параллельной обработки данных на базе машин SMP и NUMA
8	Системы параллельной обработки данных на базе мультипроцессоров
9	Преимущества, основные понятия и определения параллельной программы
10	Проверка состояния неблокирующей операции передачи данных
11	Преимущества, основные понятия и определения операций передачи данных
12	Преимущества, основные понятия и определения коммутаторов
13	Преимущества, основные понятия и определения типов данных
14	Преимущества, основные понятия и определения виртуальных топологий
15	Оптимизация виртуальной архитектуры вычислительной системы.
16	Декартовы топологии и топологии графа
17	Оптимизация физической архитектуры вычислительной системы.
18	Методы управления группами процессов

### Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

Дисциплина **Системы параллельной обработки данных**

1. Анализ современных тенденций развития вычислительных систем. Основные области и особенности применения многопроцессорных ВС.
2. Основные проблемы параллельного программирования.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

### **Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ**

Контрольные работы состоят в развернутом письменном ответе на вопросы. На каждой контрольной работе студент должен дать ответы на 2 вопроса.

Примеры вопросов в билете:

1. Технология Message Passing Interface (MPI) - классическая модель программирования MPP.
2. Декартовы топологии и топологии графа.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1	Тема 1. Многопроцессорные вычислительные системы	
2	Тема 2. Модели параллельного программирования	
3	Тема 3. Сети передачи данных	
4	Тема 4. Модели распределенных вычислений	
5	Тема 5. Взаимодействия асинхронных параллельных процессов	
6		
7		
8		Контрольная работа
9	Тема 6. Коллективные операции передачи данных	
10	Тема 7. Передача данных	
11	Тема 8. Управление группами процессов	
12	Тема 9. Физические и Виртуальные топологии вычислительной системы	
13		
14		
15		
16		
17		Контрольная работа

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

#### на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), а также 2 контрольные работы, по результатам которых студент получает допуск на экзамен.

Текущий контроль включает в себя проведение 2 контрольных работ, которые оцениваются по четырехбалльной шкале:

«5» - на заданные вопросы даны исчерпывающие ответы,

«4» - вопросы раскрыты не полностью,

«3» - ответы в принципе правильны, но в формулировках имеются суще-



ственные ошибки,

«2» - отсутствуют ответы на вопросы или содержание ответа не совпадает с поставленным вопросом.

В ходе проведения практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, персональный компьютер IBM-совместимый Pentium или выше, проектор, экран, меловая или маркерная доска	1) Linux Альт Образование 10 и выше; 2) P7-Офис 7 и выше либо LibreOffice 7 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест, оборудованных компьютерами IBM-совместимыми Pentium или выше, – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, экран, меловая или маркерная доска, персональный компьютер IBM совместимый Pentium или выше	1) Linux Альт Образование 10 и выше; 2) P7-Офис 7 и выше либо LibreOffice 7 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Linux Альт Образование 10 и выше; 2) P7-Офис 7 и выше либо LibreOffice 7 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>
1	14.02.2023	Программа актуальна, изменения не требуются.	14.02.2023 г., протокол заседания УМК № 2	к.т.н., доцент, Ю.С. Татаринов	