

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 14

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

доц., к. т. н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

В.А. Ненашев

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«20» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Архитектура параллельных вычислительных систем»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	11.04.03
Наименование направления подготовки/ специальности	Конструирование и технология электронных средств
Наименование направленности	Проектирование и конструирование встраиваемых систем для космического и ракетного оборудования
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

к. т. н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

В.Л. Оленев

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 14

«19» февраля 2025 г, протокол № 6

Заведующий кафедрой № 14

к. т. н., доц.

(уч. степень, звание)

(подпись, дата)

В.Л. Оленев

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к. т. н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Н.В. Марковская

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Архитектура параллельных вычислительных систем» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/ специальности 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств» направленности «Проектирование и конструирование встраиваемых систем для космического и ракетного оборудования». Дисциплина реализуется кафедрой «№14».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-2 «Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования, искусственного интеллекта и обеспечивать их программную реализацию»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных архитектурами параллельных вычислительных систем, анализ проблемных ситуаций, тенденциями их развития и применения.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические/семинарские занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Формирование базовой системы знаний в области архитектуры параллельных вычислительных систем как базовых средств построения вычислительных платформ перспективных встроенных систем обработки информации и управления. Формируемые при изучении дисциплины знания и навыки позволят как проводить профессиональный анализ, сопоставление и выбор параллельных архитектур для применения в различных вычислительных системах, в том числе во встроенных системах обработки информации и управления, так и дадут основу квалификации для проектирования новых мультипроцессорных архитектур и перспективных технических решений для их реализации.

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования, искусственного интеллекта и обеспечивать их программную реализацию	ПК-2.3.1 знать методы разработки интеллектуальных алгоритмов решения научно-исследовательских задач ПК-2.У.1 уметь использовать алгоритмы решения исследовательских задач с использованием современных языков программирования, в том числе алгоритмы с использованием искусственного интеллекта ПК-2.В.1 владеть навыками разработки стратегии и методологии исследования конструкций электронных средств и технологических процессов

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- ЭВМ и периферийные устройства
- Схемотехника
- Электроника
- Программирование на языках Ассемблера
- Программирование на языках высокого уровня

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин.

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№3
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, 3Э/ (час)	2/ 72	2/ 72
Из них часов практической подготовки	17	17
Аудиторные занятия, всего час.	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа, всего (час)	38	38
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Зачет	Зачет

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 3					
Раздел 1. Классификация архитектур параллельных вычислительных систем.	2				
Раздел 2. Параллелизм на уровне машинных команд.	5		3		6
Раздел 3. SIMD параллелизм.	2		2		6
Раздел 4. Параллельные архитектуры с общим адресным пространством.	2		4		8
Раздел 5. Параллельные архитектуры с распределенной памятью.	4		4		8
Раздел 6. Параллельные архитектуры с GPU.	2		4		10
Итого в семестре:	17		17		38
Итого	17	0	17	0	38

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
---------------	---

1	Классификация архитектур параллельных вычислительных систем. Направления развития архитектур параллельных ВС. Классы параллельных ВС. Суперкомпьютеры.
2	Параллелизм на уровне машинных команд. Конвейерная организация микропроцессоров Суперскалярные архитектуры микропроцессоров VLIW-архитектуры микропроцессоров. Мультитредовые и многоядерные микропроцессоры
3	SIMD параллелизм. Принципы SIMD обработки. Примеры SIMD компьютеров. SIMD архитектуры микропроцессоров.
4	Параллельные архитектуры с общим адресным пространством. Архитектуры SMP. Протоколы поддержания когерентности кэш. Гетерогенные мультипроцессоры. Асимметричные мультипроцессоры. DSM-архитектуры. Архитектура NUMA и ccNUMA.
5	Раздел 5. Параллельные архитектуры с распределенной памятью. Кластерные ВС. Латентность передачи данных по сети. Особенности топологии коммуникационной сети ПВС. Топология гиперкуба. 2D-3D решетки. FatTree. Примеры. Технология hadoop. Распределённая файловая система hdfs. Парадигма map reduce. Hadoop streaming. Алгоритмы на map reduce. Графы в map-reduce.
6	Раздел 6. Параллельные архитектуры с GPU. Гибридная модель вычислений. Архитектура GPU. Unified Virtual Addressing. Compute Capability. Программная модель CUDA. . CUDA-потоки. Использование pinned-памяти. Разделяемая память. Типы памяти в CUDA. Регистры и локальная память. Оптимизация работы с разделяемой памятью. Параллельная редукция.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической	№ раздела
-------	---------------------------------	---------------------	---------------------	-----------

			подготовки, (час)	дисциплины
Семестр 3				
1	Параллелизм на уровне машинных команд.	3		2
2	SIMD параллелизм в архитектуре микропроцессоров			3
3	Параллельные архитектуры с общим адресным пространством.	4		4
4	Параллельные архитектуры с распределенной памятью.	4		5
5	Параллельные архитектуры с GPU.	4		6
Всего		17		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 3, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	14	14
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	14	14
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	10	10
Всего:	38	38

5. Перечень учебно-методического обеспечения
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
004 Г 96	Гусева, А. И. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации [Текст] :	38

	учебник / А. И. Гусева, В. С. Киреев. - М. : Академия, 2014. - 288 с.	
004 О-66	Орлов, С. А. Организация ЭВМ и систем. Фундаментальный курс по архитектуре и структуре современных компьютерных средств [Текст] : учебник для бакалавров и магистров / С. А. Орлов, Б. Я. Цилькер. - 3-е изд. - СПб. : ПИТЕР, 2014. - 688 с.	8
681.3 Т 18	Таненбаум, Эндрю. Архитектура компьютера. - 4-е изд. - М. и др. : Питер, 2005. - 698 с.	3
004.38(075) С 71	Сперанский, В. С. Сигнальные микропроцессоры и их применение в системах телекоммуникаций и электроники: учебное пособие/ В. С. Сперанский. - М.: Горячая линия - Телеком, 2008. - 168 с.,	20 экз.
(004.4 / Л 36)	Левин, М. П.. Параллельное программирование с использованием OpenMP: учебное пособие/ М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 120 с.	10
	Астапкович А.М., Шейнин Ю.Е. Встроенные системы управления. Учебное пособие. / ГУАП, СПб., 2011 г., 221 с.	
	В.Ф.Мелехин. Вычислительные машины, системы и сети. Учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.Ф.Мелехин, Е.Г.Павловский. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 550 с.	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов
информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.
Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
http://parallel.ru/	Лаборатория Параллельных информационных технологий Научно-исследовательского вычислительного центра Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова
http://coolfire.insomnia247.nl/c&mt/Herlihy,%20Shavit%20-%20The%20art%20of%20	Maurice Herlihy, Nir Shavit. The Art of Multiprocessor Programming. Morgan Kaufmann Publishers, 2008. 529 p.

multiprocessor%20programming.pdf	
----------------------------------	--

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	52-33а
2	Специализированная лаборатория «Встроенных компьютерных систем», включая учебно-исследовательские стенды «Встраиваемые многоядерные и параллельные вычислительные системы»	12-29

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену;

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
1	Классы параллельных ВС	ПК-2.3.1
2	Методы локального параллелизм. Параллелизм на уровне команд.	ПК-2.У.1
3	Конвейерная организация вычислений.	
4	Конвейерное распараллеливание выполнения команд.	
5	Примеры конвейера выполнения команд. Intel и MIPS.	ПК-2.В.1
6	Конфликты в конвейере.	

7	Обработка ветвлений в конвейере команд.	
8	Предсказание ветвлений в конвейерах.	
9	Суперскалярное распараллеливание выполнения команд.	
10	Суперскалярные архитектуры микропроцессоров	
11	VLIW-архитектуры микропроцессоров	
12	Мультитредовые микропроцессоры	
13	Многоядерные микропроцессоры	
14	SIMD параллелизм. Принципы SIMD обработки. Примеры SIMD компьютеров.	
15	SIMD архитектуры микропроцессоров	
16	Параллельные архитектуры с общим адресным пространством.	
17	Архитектуры SMP. Гетерогенные мультипроцессоры. Асимметричные мультипроцессоры.	
18	Протоколы поддержания когерентности кэш-ей.	
19	DSM-архитектуры. Архитектура NUMA и ccNUMA.	
20	Параллельные архитектуры с распределенной памятью.	
21	Кластерные ВС.	
22	Суперкомпьютеры	
23	Проекты петафлоповых компьютеров	
24	Латентность передачи данных по сети. Особенности топологии коммуникационной сети ПВС.	
25	Топологии систем связей параллельных ВС Топология гиперкуба. 2D-3D решетки. FatTree. Примеры.	
26	Методы коммутации и маршрутизации в параллельных ВС	
27	Гибридные архитектуры. PIM-архитектуры	
28	Модели потоков данных	
29	Архитектура параллельного вычислителя с управлением потоком данных	
30	Технология hadoop. Парадигма map reduce.	
31	Алгоритмы на map reduce. Графы в map-reduce	
32	Параллельные архитектуры с GPU.	
33	Архитектура GPU.	
34	CUDA-потоки. Типы памяти в CUDA.	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ.

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся, являются учебно-методические материалы по дисциплине.

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой