

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
Декан ФИиВТ

УТВЕРЖДАЮ /А.А. Кречетов/
(Ф.И.О. декана (директора института))

14.02.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б.1.2.4 Параллельное программирование

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки
(специальность)

09.03.04 Программная инженерия

Квалификация выпускника

Бакалавр

(бакалавр/магистр/специалист)

Направленность

Разработка программных систем

Курс 3
Семестр 5

Распределение учебного времени

Трудоемкость по учебному плану	144 / 4	часов/зачетных единиц
Лекции	18	часов
Лабораторные работы	36	часов
Практические занятия	-	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	54	часов
Контактная работа по экзамену	-	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	90	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	-	часов
Экзамен	-	семестр
Зачет	-	семестр
БРК, ДЗ	5	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 09.03.04 Программная инженерия

Программу составили:

заведующий кафедрой с ученой степенью кандидата наук	ИиСП	СОГЛАСОВАНО	А.В. Бородин
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина
Кафедра информатики и системного программирования

05.02.2024	протокол №	7
(дата)		

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	А.В. Бородин
		(И.О. Фамилия)

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)
кафедрой(ами).

СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	А.В. Бородин
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит
выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.А. Кречетов
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Егошин Алексей Борисович, ген. директор ООО "Цитрус"

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 12.03.2024 г.

Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ПК-2 Владение навыками использования различных технологий разработки программного обеспечения	ПК-2.1 Знает современные технологии разработки ПО (структурное, объектно-ориентированное)	знания: Знает современные технологии разработки ПО (структурное, объектно-ориентированное). умения: навыки:
	ПК-2.2 Умеет использовать современные технологии разработки ПО	знания: умения: Умеет использовать современные технологии разработки ПО. навыки:
	ПК-2.3 Имеет навыки использования современных технологий разработки ПО	знания: умения: навыки: Имеет навыки использования современных технологий разработки ПО.
2. ПК-9 Владение навыками моделирования, анализа и использования формальных методов конструирования программного обеспечения	ПК-9.1 Знает основы моделирования и формальные методы конструирования программного обеспечения	знания: Знает основы моделирования и формальные методы конструирования программного обеспечения. умения: навыки:
	ПК-9.2 Умеет использовать формальные методы конструирования программного обеспечения	знания: умения: Умеет использовать формальные методы конструирования программного обеспечения. навыки:
	ПК-9.3 Владеет методами формализации и моделирования программного обеспечения	знания: умения: навыки: Владеет методами формализации и моделирования программного обеспечения.

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Распределенное программирование (ПК-2), Технология разработки программного обеспечения (ПК-2), Компьютерная графика (ПК-9);

практиках: Производственная практика. Проектно-технологическая практика (ПК-2), Преддипломная практика (ПК-9); государственной итоговой аттестации в форме: Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-2), Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-9)

Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: дискуссионные, имитационное моделирование, исследовательские, лекционные занятия, практические и лабораторные занятия, процедуры самообучения

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, классическая лекция, проблемная лекция

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Потоки. Прimitives синхронизации.	58	ПК-2, ПК-9
Лекция. Лекция №1. Введение в параллельное программирование. Асинхронные операции как часть параллельного программирования. Потоки, примитивы синхронизации в C++. Привязка к ядрам.	2	
Лекция. Лекция №2. Проблемы многопоточных приложений.	2	
Лекция. Лекция №3. Примитивы синхронизации потоков.	2	
Лабораторная работа. Лабораторная работа №1. Практические приемы построения многопоточных приложений.	4	
Лабораторная работа. Лабораторная работа №2. Синхронизация потоков.	4	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение 1. Проработка лекций. 2. Подготовка к лабораторным работам. 3. Изучение параллельной обработки массивов данных при помощи потоков	44	ПК-2, ПК-9
Организация параллельных вычислений	86	
Лекция. Лекция №4. Параллельные вычисления в контексте процессов.	4	
Лекция. Лекция №5. Пул потоков.	2	
Лекция. Лекция №6. Особенности параллельного программирования на OpenMP.	2	
Лекция. Лекция №7. Особенности параллельного программирования на Task Parallel Library.	2	
Лекция. Лекция №8. Особенности параллельного программирования на PLINQ.	2	
Лабораторная работа. Лабораторная работа №3. Параллельное программирование с использованием процессов.	4	

Лабораторная работа. Лабораторная работа №4. Сетевое взаимодействие.	4
Лабораторная работа. Лабораторная работа №5. OpenMP.	8
Лабораторная работа. Лабораторная работа №6. Thread support library.	6
Лабораторная работа. Лабораторная работа №7. Параллельное программирование на C#.	6
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение 1. Проработка лекций. 2. Подготовка к лабораторным работам. 3. Изучение параллельной обработки массивов данных с использованием PLINQ	46
Иная контактная работа:	0

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

Занятия лекционного типа дают систематизированные знания по дисциплине, концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации.

Подготовка к **занятиям семинарского типа** включает ознакомление с планом лабораторного занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины.

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины, оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Изучение дисциплины включает выполнение лабораторных работ. Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является балльно-рейтинговый контроль.

Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ		
1.	Сердюк, Ю. П. Параллельное программирование для многоядерных процессоров [Электронный ресурс] / Сердюк Ю. П., Петров А. В. 2-е изд. Москва: ИНТУИТ, 2016. - 170 с.	https://e.lanbook.com/book/100357
2.	Левин, М. П. Параллельное программирование с использованием OpenMP [Электронный ресурс] / Левин М. П. 2-е изд. Москва: ИНТУИТ, 2016. - 133 с. ISBN 978-5-94774-857-4.	https://e.lanbook.com/book/100358
3.	Антонов, А. С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI [Электронный ресурс] / Антонов А. С. 2-е изд. Москва: ИНТУИТ, 2016. - 83 с.	https://e.lanbook.com/book/100359
4.	Туральчук, К. А. Параллельное программирование с помощью языка C# [Электронный ресурс] / Туральчук К. А. 2-е изд. Москва: ИНТУИТ, 2016. - 189 с.	https://e.lanbook.com/book/100360
5.	Операционные системы. Программное обеспечение [Электронный ресурс] : учебник. Санкт-Петербург: Лань, 2020. - 248 с. ISBN 978-5-8114-4290-4.	https://e.lanbook.com/book/131045
6.	Староверова, Н. А. Операционные системы [Электронный ресурс] : учебник / Н. А. Староверова. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 308 с. ISBN 978-5-8114-4000-9.	https://e.lanbook.com/book/207089
ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ		
1.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru
2.	Научная электронная библиотека «Киберленинка»	http://cyberleninka.ru

6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	427 (III)	Мобильный телефон Samsung Galaxy A7 (2), Мобильный телефон Samsung Galaxy S9+ (2), Ноутбук Apple MacBook Pro13 with Retina display and Touch Bar Mid2017 (1), Планшет Apple iPad 2018 (1), Проектор мультимедийный Hitachi CP- RX94 (1), Смартфон APPLE iPhone 8 Plus 64 Gb, MQ8L2RU/A,	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio

		серый (1), Смартфон APPLE iPhone X 64 Gb, MQAD2RU/A, серебристый (1), Шлем виртуальной реальности HTC Vive (2), Комплект учебной мебели (1)	Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
2.	429 (III)	ПК RAMEC GALE/i7-3770/B75M2x4DDR3/GTX650/500S ATA3/монит.LCD PHILIPS 23,6" клав.,мышь (8), Принтер HP LaserJet Professional P1102 (1), Проектор VIEWSONIC PJD6550LW белый (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
3.	521 (I)	Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
4.	522 (I)	Анализатор спектра NS-30A (1), Антенна M102 в компл. с кабелем ВЧ TNCm-SMAm (1), Блок питания лаборат. НУ 3003 D-3 (1), Внешний HDD WD 2TB 3.0 , 3.5"USB (1), Внешний накопитель 1 Seagate Original USB 3.0 4 Tb (1), Внешний накопитель флешка USB TRANSCEND Jetflash 780 64 Gb (1), Гигабитный управляемый коммутатор на 16 портов (1), Измеритель CN -801 HP (1), Кондиционер AEG ACS-09HR (1), Многофункциональный измерительный прибор (1), Монитор 20 "Beng FP 202W (2),	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач

	<p>Монитор LCD Samsung 17" SM 713N (1), МФУ Canon i-SENSYS MF 4018 (1), МФУ 1 Лазерный Canon i-Sensys MF226 (1), Набор ВЧ переходников (1), Ноутбук Dell Latitude E6520 Intel Core I5 Processor 2520M 15,6" (2), Ноутбук TOSHIBA Satellite L655-1H2-RU (1), Паяльная станция AOYUE 968 (1), Переключатель ZX80-DR230 (1), Персональный компьютер 3 Atlant A2X4/4G(3)/512Mb/монитор Pyama 2209/3Y (1), ПК RAMEC GALE LCD LG 23"/Intel i5 4590/MSI B85M-E45/2x4DDR3/GT740 2Gb/500Gb/клав,мышь (28), Преобразователь SP-200-24-AC-DC в кожухе 199x99x50мм (1), Приемопередающая программно-конфигурируемая радиоплатформа G32 (1), Принтер Canon LBP 2900 лазерный с кабелем (1), Проектор мультимедийный Hitachi CP-EX250 (1), Проектор мультимедийный Hitachi CP-EX251N (1), Сист. блок Pen D 945 3.4 DDR 2 1024*2/FDD 3.5/250 Gb/DVD-RW/кл+мышь+коврик (1), Системный блок CPU Intel Core i7-6700/ASRod Z-170/32 Gb/GTX 1070/200 Gb/Wi-Fi +клав, мышь (1), Станок сверлильный 350 Вт (1), Универсальная приёмопередающая платформа для проектирования СВЧ-систем компл.mgx92 (1), Усилитель LZY-22 (1), Усилитель ZHL-3A-S (1), Комплект учебной мебели (1)</p>
--	---

Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ	отлично

7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

1. Что называется горизонтальным масштабированием базы данных?

1. Разбиение базы данных на несколько баз, одинаковых по структуре, но разных по наполнению.
2. Разбиение базы данных на несколько баз, разных по структуре и наполнению.
3. Изменение структуры хранения одной или нескольких таблиц внутри одной базы данных с целью ускорения доступа к данным путем разделения разных данных по

разным физическим файлам.

4. Изменение структуры хранения одной или нескольких таблиц внутри одной базы данных с целью ускорения доступа к данным путем расположения данных в одном физическом файле.
2. Что называется вертикальным масштабированием базы данных?
 1. Разбиение базы данных на несколько баз, одинаковых по структуре, но разных по наполнению.
 2. Разбиение базы данных на несколько баз, разных по структуре и наполнению.
 3. Изменение структуры хранения одной или нескольких таблиц внутри одной базы данных с целью ускорения доступа к данным путем разделения разных данных по разным физическим файлам.
 4. Изменение структуры хранения одной или нескольких таблиц внутри одной базы данных с целью ускорения доступа к данным путем расположения данных в одном физическом файле.
 3. Какая директива компилятора объявляет начало блока OMP
 1. `#omp`
 2. `#pragma omp`
 3. `#block omp`
 4. `#start omp`
 4. Какой аббревиатуры уровня параллелизма не существует
 1. SPMP
 2. SPMD
 3. MPMD
 4. SIMD
 5. Какие циклы нельзя распараллелить при помощи `#pragma omp for`
 1. Простые циклы
 2. Циклы, содержащие рекурсивные зависимости
 3. Вложенные циклы
 4. Циклы, вызывающие какие-то функции
 6. Какая функция используется для ожидания завершения потока в библиотеке TPL, если `std::thread t;`
 1. `t.wait();`
 2. `t.stay();`
 3. `t.sleep();`
 4. `t.join();`

7. Что произойдет если в одном из потоков программы будет создано исключение.
 1. Поток завершится с ошибкой, программа продолжит работу.
 2. Поток завершится с ошибкой, программа завершится с ошибкой.
 3. Поток будет перезапущен, программа продолжит работу.
 4. Поток завершится с ошибкой, ошибка будет записана в системный лог, программа продолжит работу.

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

8. Закон Мура. Кризисы развития программного обеспечения. Меры качества параллельных программ. Закон Амдала.
9. Способы реализации параллельных вычислений. Многозадачность. Вытесняющая и не вытесняющая многозадачность.
10. Потоки. Стек потока. Основные операции с потоком. Диаграмма состояний потока. Главный поток приложения. Его особенности.
11. Parallelism vs concurrency. Сходство и различие параллельных и конкурентных вычислений. Обзор основных проблем параллельного программирования.
12. Проблемы доступа к общим ресурсам на примере «Проблемы обедающих философов». Пути решения указанных проблем. Deadlock. Причины. Симптомы. Меры предупреждения.
13. Примитивы синхронизации потоков. Простые блокирующие методы. Семафоры. Мьютексы. Критические секции. События.
14. Модели параллельных вычислителей. Системы с общей памятью. Системы с распределенной памятью. Гибридная модель.
15. Модель параллельных вычислений. Системы с общей памятью. Системы с распределенной памятью. Особенности. Способы реализации.
16. Взаимодействие через оконные сообщения, Pipes, MailSlots, Sockets. Достоинства и недостатки.
17. Сокеты. Сетевая модель OSI. Схема клиент-серверного взаимодействия. Способы адресации сервера. TCP фрагментирование.
18. Основные этапы разработки параллельной программы
19. Параллелизм задач и параллелизм данных. Сходства и различия.
20. Шаблоны выполнения параллельных вычислений. SPMD, Master/Worker, Fork/Join, Pipeline, Loop parallelism, Event based.
21. OpenMP – параллелизация циклов, условия возможности распараллеливания циклов. Основные директивы: parallel,
22. OpenMP – типы переменных, private, shared, reduction, особенности работы. Условный параллелизм.
23. Thread Support Library – особенности работы и основные операции объекта std::thread
24. Thread Support Library – особенности работы и основные операции объекта std::future

- 25. Thread Support Library – особенности работы и основные операции объекта `std::shared_future`
- 26. Thread Support Library – особенности работы и основные операции объекта `std::packaged_task`
- 27. Thread Support Library – особенности работы и основные операции объекта `std::promise`
- 28. Thread Support Library – особенности работы и основные операции объектов `std::mutex`, `std::shared_timed_mutex`
- 29. Thread Support Library – особенности работы и основные операции объектов `std::shared_lock`, `std::unique_lock`
- 30. Thread Support Library – особенности работы и основные операции объектов `std::atomic`, `std::atomic_flag`
- 31. Особенности работы и основные операции объекта `Thread`
- 32. Особенности работы и основные операции объекта `ThreadPool`
- 33. Синхронизация потоков, оператор `lock`
- 34. Особенности работы и основные операции объектов `AutoResetEvent` и `ManualResetEvent`
- 35. Особенности работы и основные операции объекта `TaskI`, `CancellationToken`
- 36. LINQ, PLINQ – особенности параллельного выполнения операций
- 37. Горизонтальное и вертикальное масштабирование приложений и баз данных
- 38. Способы ускорения работы с подсистемой IO