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

Кафедра № 44

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы
старший преподаватель
(должность, уч. степень, звание)
Д.В. Куртяник
(инициалы, фамилия)
(подпись)
«16» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы разработки высокопроизводительных систем»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	09.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Информатика и вычислительная техника
Наименование направленности/ специализации	Компьютерные технологии, системы и сети
Форма обучения	заочная
Год приема	2026

Санкт-Петербург – 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

ст. преп.	«16» февраля 2026 г	А.В. Аксенов
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 44
«16» февраля 2026 г, протокол № 5-25/26

Заведующий кафедрой № 44

д.т.н.,проф.	«16» февраля 2026 г	М.Б. Сергеев
(уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №4 по методической работе

доц.,к.т.н.	«16» февраля 2026 г	А.А. Фоменкова
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Методы разработки высокопроизводительных систем» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» направленности/специализации «Компьютерные технологии, системы и сети». Дисциплина реализуется кафедрой «№44».

Дисциплина не является обязательной при освоении обучающимся образовательной программы и направлена на углубленное формирование следующих компетенций:

ПК-4 «Способен проектировать программное обеспечение»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проектированием высокопроизводительных программных систем, измерением задержки и пропускной способности полного пути обработки данных, организацией памяти, параллельными архитектурами, контрактами компонентов и оценкой масштабируемости; учебные реализации выполняются на C17 с использованием GCC/MinGW и OpenMP.

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

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме зачета (7 семестр), дифференцированного зачета (8 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский »

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Получение обучающимися знаний о принципах построения высокопроизводительных программных систем, архитектурах и методах их проектирования; развитие умений применять типовые решения и шаблоны для обработки данных с заданными задержкой и пропускной способностью; приобретение навыков проектирования структур данных, схем баз данных и программных интерфейсов, измерения производительности и обоснования архитектурных компромиссов. В технологическом треке «Разработка высокопроизводительных систем» дисциплина связывает корректный системный компонент с параллельной обработкой и масштабируемой архитектурой; C17 и OpenMP используются для учебной проверки проектных решений.

1.2. Дисциплина является факультативной дисциплиной по направлению 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-4 Способен проектировать программное обеспечение	ПК-4.З.1 знать принципы построения и виды архитектуры программного обеспечения ПК-4.З.2 знать методы и средства проектирования программного обеспечения ПК-4.У.1 уметь использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения ПК-4.В.1 владеть навыками проектирования структур данных, баз данных, программных интерфейсов

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Разработка на языке С»,
- «Алгоритмы и структуры данных».

- «_____»,
- «_____»,
- …

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	
		№7	№8

1	2	3	4
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	2/ 72	2/ 72
Из них часов практической подготовки	8	4	4
Аудиторные занятия, всего час.	16	8	8
в том числе:			
лекции (Л), (час)	8	4	4
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	8	4	4
лабораторные работы (ЛР), (час)			
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)			
экзамен, (час)			
Самостоятельная работа, всего (час)	128	64	64
***Вид промежуточной аттестации*:** зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Зачет, Дифф. зач.,	Зачет,	Дифф. зач.,

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/КР (час)	СР (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Архитектура высокопроизводительного программного обеспечения Тема 1.1. Требования к производительности и архитектурные решения Тема 1.2. Модульная архитектура и контракты интерфейсов	1	1			12
Раздел 2. Измерение и анализ производительности Тема 2.1. Метрики и воспроизводимый вычислительный эксперимент Тема 2.2. Поиск узких мест обработки данных	1	1			13
Раздел 3. Иерархия памяти и структуры данных Тема 3.1. Пространственная и временная локальность Тема 3.2. Организация массивов и схем хранения данных	1	1			14
Раздел 4. Оптимизация вычислений и движения данных Тема 4.1. Выбор алгоритма и сокращение затрат обработки Тема 4.2. Векторизация и оптимизация компилятором	1	1			13
Раздел 5. Проектирование вычислительного компонента Тема 5.1. Типовые архитектурные решения и					12

программные интерфейсы Тема 5.2. Документирование и проверка проектного решения					
Итого в семестре:	4	4			64
Семестр 8					
Раздел 6. Декомпозиция параллельных вычислений Тема 6.1. Параллелизм данных и задач Тема 6.2. Ускорение, эффективность и стоимость взаимодействия	1	1			12
Раздел 7. Многопоточная обработка с общей памятью Тема 7.1. Параллельные циклы OpenMP Тема 7.2. Распределение данных и редукции	1	1			13
Раздел 8. Синхронизация и корректность Тема 8.1. Гонки данных и критические секции Тема 8.2. Проектирование потокобезопасных интерфейсов	1	1			14
Раздел 9. Шаблоны параллельной архитектуры Тема 9.1. Рабочие потоки и конвейер Тема 9.2. Очереди, сообщения и интерфейсы стадий	1	1			13
Раздел 10. Масштабируемость и выбор решения Тема 10.1. Нагрузочная оценка и границы масштабирования Тема 10.2. Сравнение архитектур и защита решения					12
Итого в семестре:	4	4			64
Итого	8	8	0	0	128

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	Раздел 1. Архитектура высокопроизводительного программного обеспечения Тема 1.1. Требования к производительности и архитектурные решения. Задержка, пропускная способность, объём данных и ограничения ресурсов. Вычислительная

	нагрузка и нагрузка ввода-вывода. Последовательная, многопоточная и распределённая архитектуры. Выбор структуры обработки по сценарию нагрузки и требованиям. Тема 1.2. Модульная архитектура и контракты интерфейсов. Разделение приёма данных, вычислений, хранения и выдачи результата. Границы компонентов, зависимости и контракты интерфейсов. Владение данными, обработка ошибок и бюджет времени по стадиям. C17 используется для учебных реализаций компонентов.
2	Раздел 2. Измерение и анализ производительности Тема 2.1. Метрики и воспроизводимый вычислительный эксперимент. Базовая реализация и проверка правильности. Сценарий нагрузки, объём входных данных, прогрев и повторные измерения. Медиана и разброс; процентиль задержки. Фиксация конфигурации, условий и результатов эксперимента. Тема 2.2. Поиск узких мест обработки данных. Профиль времени выполнения, горячие участки и затраты на ввод-вывод. Различие времени вычислительного ядра и полного пути обработки. Ожидание ресурсов и очереди. Сопоставление загрузки процессора, памяти и скорости обработки; ограничения выводов по измерениям.
3	Раздел 3. Иерархия памяти и структуры данных Тема 3.1. Пространственная и временная локальность. Регистры, кеш и оперативная память. Пространственная и временная локальность. Последовательный и косвенный доступ, рабочий набор и кеш-промахи. Ограничение скорости обработки пропускной способностью памяти. Тема 3.2. Организация массивов и схем хранения данных. Массив структур и структура массивов. Выравнивание, блочная обработка и сокращение перемещений данных. Логическая схема хранения результатов эксперимента: сущности, ключи, связи и индексы. Выбор структуры по операциям доступа.
4	Раздел 4. Оптимизация вычислений и движения данных Тема 4.1. Выбор алгоритма и сокращение затрат обработки. Алгоритмическая сложность и профиль нагрузки. Вынос инвариантов, устранение копирований, блочный обход и пакетная обработка. Соотношение вычислений, доступа к памяти и ввода-вывода. Проверка эквивалентности преобразований. Тема 4.2. Векторизация и оптимизация компилятором. Скалярные и векторные вычисления, зависимости данных и выравнивание. Уровни оптимизации GCC и сообщения о векторизации как средства проверки гипотезы. Численная

	корректность и неопределённое поведение. Оценка эффекта по полному времени обработки.
6	Раздел 6. Декомпозиция параллельных вычислений Тема 6.1. Параллелизм данных и задач. Общая и распределённая память. Независимые задачи, граф зависимостей и гранулярность. Разбиение по данным и по задачам. Модель взаимодействия потоков и обмена сообщениями между узлами; область применимости каждой модели. Тема 6.2. Ускорение, эффективность и стоимость взаимодействия. Ускорение, эффективность и закон Амдала. Последовательная доля, баланс нагрузки и накладные расходы. Задержка обмена, объём передаваемых данных и размер порции работы. Расчётная оценка границ масштабирования без обязательной реализации распределённой среды.
7	Раздел 7. Многопоточная обработка с общей памятью Тема 7.1. Параллельные циклы OpenMP. Параллельная область OpenMP, число потоков и независимость итераций. Организация параллельных циклов для пакетной обработки записей. Сохранение последовательной версии и одинаковых входных данных для проверки и сравнения. Тема 7.2. Распределение данных и редукции. Общие и частные данные, редукция результата. Статическое и динамическое распределение итераций. Неравномерность нагрузки, расходы планирования и ограничения пропускной способности памяти. Корректность при разных числах потоков.
8	Раздел 8. Синхронизация и корректность Тема 8.1. Гонки данных и критические секции. Гонки данных и нарушения согласованности. Взаимное исключение, атомарная операция и барьер. Выбор границ критической секции. Сопоставление стоимости синхронизации и полезной работы; проверка инвариантов общего состояния. Тема 8.2. Проектирование потокобезопасных интерфейсов. Владение общим объектом и контракты конкурентного доступа. Сокращение общего состояния, локальные накопители и ложное разделение кеш-линий. Документирование модели синхронизации, ошибок и порядка завершения.
9	Раздел 9. Шаблоны параллельной архитектуры Тема 9.1. Рабочие потоки и конвейер. Пул рабочих потоков и шаблон «производитель–потребитель». Стадии приёма, преобразования и выдачи записей. Выбор числа

	исполнителей и баланс производительности стадий. Границы применения многопоточного конвейера и распределённого разбиения. Тема 9.2. Очереди, сообщения и интерфейсы стадий. Ограниченная очередь, пакетирование и обратное давление. Контракты сообщений, владение данными и порядок обработки. Завершение, распространение ошибок и освобождение ресурсов. При разнесении стадий по узлам — сериализация, стоимость передачи и границы отказа.

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
Семестр 7					
1	Архитектура компонента обработки записей и требования к задержке и пропускной способности	Самостоятельное решение задач	1	1	1
2	Измерение полного времени обработки записей и локализация узкого места	Самостоятельное решение задач	1	1	2
3	Сравнение размещения записей и обхода данных; проектирование схемы результатов эксперимента	Самостоятельное решение задач	1	1	3
4	Оптимизация алгоритма и перемещения данных с проверкой корректности и измерением эффекта	Самостоятельное решение задач	1	1	4
Семестр 8					
6	Декомпозиция обработки записей и оценка ускорения с учётом обмена данными	Самостоятельное решение задач	1	1	6

7	Реализация и сравнение последовательной и параллельной обработки пакета записей с OpenMP	Самостоятельное решение задач	1	1	7
8	Устранение гонки в статистике обработки и сравнение способов синхронизации	Самостоятельное решение задач	1	1	8
9	Проектирование конвейера обработки записей с ограниченной очередью и обратным давлением	Самостоятельное решение задач	1	1	9
Всего			8		

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 подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

4.5. Выполнение курсового проекта/ 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 7, час	Семестр 8, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	80	40	40
Курсовое проектирование (КП, КР)			
Расчетно-графические задания (РГЗ)			
Выполнение реферата (Р)			
Подготовка к текущему контролю	16	8	8

успеваемости (ТКУ)			
Домашнее задание (ДЗ)			
Контрольные работы заочников (КРЗ)	20	10	10
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	12	6	6
Всего:	128	64	64

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

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)
https://diveintosystems.org/book/ Режим доступа: свободный.	Matthews, S. J. Dive into Systems / S. J. Matthews, T. Newhall, K. C. Webb. — Version 1.2. — Dive into Systems, LLC, 2023. — Текст : электронный (на английском языке).	
https://pages.cs.wisc.edu/~remzi/OSTEP/ Режим доступа: свободный.	Arpaci-Dusseau, R. H. Operating Systems: Three Easy Pieces / R. H. Arpaci-Dusseau, A. C. Arpaci-Dusseau. — Version 1.10. — Arpaci-Dusseau Books, 2023. — Текст : электронный (на английском языке).	
https://urait.ru/bcode/585284 Режим доступа: для авторизованных пользователей.	Малявко, А. А. Параллельное программирование на основе технологий OpenMP, CUDA, OpenCL, MPI : учебник для вузов / А. А. Малявко. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 135 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14116-0. — Текст :	

	электронный.	

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
https://gcc.gnu.org/onlinedocs/	Официальная документация GCC: сборка программ на C, параметры оптимизации, диагностические сообщения. Свободный доступ.
https://gcc.gnu.org/onlinedocs/libgomp/	Официальное руководство GNU libgomp: параллельные конструкции OpenMP, управление потоками, редукции и синхронизация. Свободный доступ.

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
1	Электронная информационно-образовательная среда ГУАП «Интегрированная среда обучения» (https://pro.guap.ru/) разработана сотрудниками ГУАП (введена в эксплуатацию приказом ГУАП от 06.06.2017 № 05-215/17), перечень модулей и их функциональное назначение изложены по ссылке https://guap.ru/it/system/iso
2	Официальный сайт образовательной организации в сети «Интернет» (https://guap.ru/), разработан сотрудниками ГУАП (введен в эксплуатацию Приказом ГУАП от 23.03.2023 № 05-145/23)
3	GCC/MinGW — свободно распространяемый набор средств сборки программ на языке C17. Компилятор GCC распространяется на условиях GNU GPL версии 3 или более поздней; сведения: https://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc/Copying.html. Используется для сборки, диагностики и оптимизации учебных программ. Поддержка OpenMP обеспечивается средствами GCC и GNU libgomp (https://gcc.gnu.org/onlinedocs/libgomp/).

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
1	образовательая платформа «Юрайт» (https://urait.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	
2	Аудитория для проведения практических занятий	
3	Помещение для самостоятельной работы	

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
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты; Задачи.
Зачет	Список вопросов; Тесты; Задачи.

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 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий.
«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;

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
	– владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий.
«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. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий.
«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. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий.

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 экзамена	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
Семестр 7		
1	Объясните различия последовательной, многопоточной и распределённой архитектур. Укажите модель памяти, взаимодействие компонентов и ограничения масштабирования.	ПК-4.З.1
2	Охарактеризуйте модульную архитектуру обработки данных. Объясните разделение приёма, вычислений, хранения и выдачи результата, контракты и бюджет задержки.	ПК-4.З.1
3	Объясните влияние иерархии памяти на быстродействие программы. Раскройте локальность, рабочий набор и последствия кеш-промахов.	ПК-4.З.1
4	Сравните массив структур и структуру массивов. Укажите различия размещения данных и подходящие профили доступа.	ПК-4.З.1
5	Объясните роль контрактов программных интерфейсов.	ПК-4.З.1

	Раскройте предусловия, постусловия и владение памятью.	
6	Объясните порядок проектирования производительного компонента: требования, базовая версия, измерение, изменение и проверка результата.	ПК-4.З.2
7	Охарактеризуйте воспроизводимое измерение производительности. Укажите сценарий нагрузки, повторные запуски, медиану, разброс и процентиль задержки.	ПК-4.З.2
8	Объясните поиск узкого места полного пути обработки данных. Сопоставьте время вычислений, ожидание, перемещение данных и ввод-вывод.	ПК-4.З.2
9	Охарактеризуйте выбор алгоритма, блочной и пакетной обработки. Раскройте сокращение копирований и проверку эквивалентности преобразований.	ПК-4.З.2
10	Объясните возможности и ограничения векторизации. Укажите зависимости данных, сообщения GCC, численную корректность и оценку эффекта измерением.	ПК-4.З.2
11	Для двух алгоритмов обработки записей примените шаблон «Стратегия». Задайте общий контракт и порядок замены реализации; покажите вариант интерфейса на C.	ПК-4.У.1
12	Для библиотеки обработки массивов примените разделение интерфейса и реализации. Задайте функции создания, обработки и освобождения объекта.	ПК-4.У.1
13	Для матрицы 1024×1024 в построчном размещении предложите типовой блочный обход. Объясните выбор границ блоков и обработку неполного блока.	ПК-4.У.1
14	Для обработки миллиона записей примените пакетный интерфейс и сокращение копирований. Укажите границы пакета, структуру результата и проверку корректности.	ПК-4.У.1
15	Для двух форматов входных записей примените адаптер к единому интерфейсу обработки. Определите преобразования и обработку недопустимых значений.	ПК-4.У.1
16	Спроектируйте структуру записи измерения: идентификатор датчика, время и значение. Задайте типы полей, правила инициализации и интерфейс проверки записи.	ПК-4.В.1
17	Спроектируйте непрозрачный тип массива данных на C. Представьте публичные прототипы функций, правила владения памятью и коды ошибок.	ПК-4.В.1
18	Разработайте интерфейс вычислительного ядра с заменяемым алгоритмом. Задайте сигнатуру функции, размеры данных и контракт результата.	ПК-4.В.1
19	Спроектируйте хранение миллиона пар «ключ–значение» с преобладанием точечного поиска. Обоснуйте индекс, структуру записи и интерфейс поиска.	ПК-4.В.1
20	Спроектируйте интерфейс стенда измерений. Определите параметры запуска, структуру результата и способ сохранения условий эксперимента.	ПК-4.В.1
Семестр 8		
21	Охарактеризуйте архитектуры с общей и распределённой памятью. Объясните передачу данных, синхронизацию и характерные накладные расходы.	ПК-4.З.1

22	Объясните закон Амдала и стоимость взаимодействия исполнителей. Раскройте последовательную долю, гранулярность, объём обмена и предельное ускорение.	ПК-4.З.1
23	Охарактеризуйте архитектуру «производитель–потребитель». Объясните роль очереди, ограничения ёмкости и обратного давления.	ПК-4.З.1
24	Объясните архитектуру пула рабочих потоков. Укажите способ выдачи задач, балансировки и завершения работы.	ПК-4.З.1
25	Сравните параллелизм данных, многопоточный конвейер и разнесение стадий по узлам. Раскройте зависимости, передачу данных и ограничения выбора.	ПК-4.З.1
26	Объясните средства OpenMP для проектирования параллельных циклов. Раскройте параллельную область, распределение итераций и атрибуты данных.	ПК-4.З.2
27	Сравните статическое и динамическое распределение итераций. Объясните влияние неравномерной нагрузки и расходов планирования.	ПК-4.З.2
28	Объясните назначение редукции, атомарной операции, критической секции и барьера. Укажите область применимости каждого средства.	ПК-4.З.2
29	Охарактеризуйте методы выявления ошибок конкурентного доступа. Раскройте анализ общих данных, сценариев выполнения и проверку инвариантов.	ПК-4.З.2
30	Объясните нагрузочную оценку масштабируемости. Укажите размер задачи, число потоков, пропускную способность, распределение задержки и признаки насыщения.	ПК-4.З.2
31	Для массива из 100000 независимых значений примените параллельный цикл OpenMP с редукцией суммы. Укажите общие и частные данные.	ПК-4.У.1
32	Для задач разной длительности примените пул рабочих потоков. Опишите выдачу задач и правило завершения после обработки всей очереди.	ПК-4.У.1
33	Для последовательности «чтение — преобразование — запись» примените конвейер. Определите сообщения и условия передачи между стадиями.	ПК-4.У.1
34	Для общего счётчика завершённых задач выберите типовое средство синхронизации. Сравните атомарное обновление и критическую секцию.	ПК-4.У.1
35	Для потока из 1000 записей в секунду и стадии обработки 800 записей в секунду примените ограниченную очередь. Оцените рост очереди и предложите обратное давление.	ПК-4.У.1
36	Разработайте структуру задания для пула потоков. Опишите полезные данные, идентификатор, результат и владение объектом.	ПК-4.В.1
37	Спроектируйте контракт очереди между стадиями приёма и обработки. Укажите операции, владение данными, заполнение, закрытие и передачу ошибки.	ПК-4.В.1
38	Спроектируйте потокобезопасный счётчик статистики. Укажите операции, инвариант согласованности и границы синхронизации.	ПК-4.В.1
39	Спроектируйте схему хранения результатов эксперимента:	ПК-4.В.1

	программа, набор данных, число потоков, повтор, время. Задайте ключи и связи.	
40	Спроектируйте интерфейсы конвейера обработки записей и модель разнесения стадий по узлам. Задайте сообщения, сериализацию, порядок завершения и границы отказа.	ПК-4.В.1

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

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

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ 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
1	Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа. *Прочитайте текст и выберите один правильный ответ.* Какое свойство описывает временную локальность обращений к памяти? 1) Повторный доступ к недавно использованным данным 2) Доступ только к соседним адресам 3) Размещение всех данных в одном файле 4) Однократное чтение каждого элемента	ПК-4.З.1
2	Задание закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов. *Прочитайте текст и выберите правильные ответы.* Выберите два свойства архитектуры «производитель–потребитель» с ограниченной очередью. 1) Разделение получения и обработки данных 2) Отсутствие необходимости согласовывать доступ 3) Ограниченная ёмкость промежуточного буфера 4) Неограниченное накопление данных в памяти	ПК-4.З.1
3	Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа. *Прочитайте текст и выберите один правильный ответ.* Какой метод позволяет обнаружить участок, на который приходится основная доля времени выполнения программы? 1) Изменение имён переменных 2) Профилирование выполнения 3) Перестановка объявлений функций 4) Форматирование исходного текста	ПК-4.З.2
4	Задание закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов. *Прочитайте текст и выберите правильные ответы.* Выберите два действия, необходимые для корректного сравнения производительности реализаций. 1) Использовать одинаковые входные данные 2) Сравнивать запуск с вводом и запуск без ввода 3) Выполнять повторные измерения 4) Исключить проверку правильности результата	ПК-4.З.2
5	Закрытое задание на установление соответствия.	ПК-4.У.1

	Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции левого столбца, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию правого столбца, обозначенную цифрой. Запишите выбранные цифры в порядке букв левого столбца. Выберите типовое решение для каждой ситуации. А) Смена вычислительного алгоритма без изменения вызывающего кода Б) Обработка большого числа независимых задач фиксированным числом исполнителей В) Разделение чтения, преобразования и записи по стадиям Г) Приведение двух форматов входных данных к единому интерфейсу 1) Конвейер 2) Адаптер 3) Стратегия 4) Пул рабочих потоков	
6	Закрытое задание на установление последовательности. *Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо.* Установите порядок шагов оптимизации после получения работоспособной исходной программы. Переход к следующему шагу разрешён после завершения предыдущего. 1) Изменить выявленный узкий участок 2) Получить базовые измерения и определить узкое место 3) Проверить эквивалентность изменённого результата исходному 4) Повторить измерения и сравнить с базовыми	ПК-4.У.1
7	Задание открытого типа Б. *Прочитайте текст и запишите развёрнутый обоснованный ответ.* Спроектируйте публичный интерфейс ограниченной очереди целых чисел на C. Нужны создание, добавление, извлечение и уничтожение. Укажите владение памятью и поведение при заполнении и пустой очереди.	ПК-4.В.1
8	Задание открытого типа Б. *Прочитайте текст и запишите развёрнутый обоснованный ответ.* Спроектируйте схему хранения результатов измерений производительности. Для каждого запуска известны реализация, набор данных, число потоков, номер повтора и время. Укажите ключи и ограничения, исключающие смешение разных экспериментов.	ПК-4.В.1

Примечание: система оценивания тестовых заданий.

Тип	Характеристика заданий	Оценка тестовых заданий (балльная шкала)
1	Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырёх предложенных и обоснованием выбора считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа. Задание с выбором одного верного ответа из четырёх	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл. Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

	предложенных считается верным, если правильно указана цифра	
2	Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развёрнутым обоснованием выбора считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов. Задание с выбором нескольких верных ответов из четырёх предложенных считается верным, если правильно указаны цифры	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл. Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.
3	Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца)	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл. Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.
4	Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр.	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл. Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.
5	Задание открытого типа с развёрнутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте.	Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла. Допущена одна ошибка или неточность, или ответ правильный, но не полный – 1 балл. Допущено более 1 ошибки или ответ неправильный, или ответ отсутствует – 0 баллов.

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

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
1	Контрольная работа: измерение и оптимизация вычислительного компонента обработки данных (7-й семестр).
2	Контрольная работа: параллельная обработка данных и сравнение производительности последовательного и многопоточного решений (8-й семестр).

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.

Структура предоставления лекционного материала:

– постановка задачи;

– основные сведения по теме лекции;

– результаты и выводы.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах

Учебным планом не предусмотрено.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

– закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;

– развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;

– овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;

– выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;

– обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

На практических занятиях обучающийся проектирует компоненты и архитектуру обработки данных, проверяет корректность и измеряет производительность учебных реализаций на C17; для многопоточных циклов применяется OpenMP. Общий прикладной пример — обработка записей: от последовательного компонента к параллельной обработке и конвейеру. По заданию представляются архитектурная схема, контракты, исходный код для реализуемого варианта, условия эксперимента и результаты сравнения. Обязательны одинаковые входные данные и проверка правильности результата; измеряется как вычислительное ядро, так и полный путь обработки. Распределённые варианты рассматриваются через модель обмена и расчёт стоимости взаимодействия. При защите обосновываются задержка, пропускная способность, использование ресурсов и границы масштабирования; выявленные ошибки исправляются.

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

Учебным планом не предусмотрено.

11.5. Методические указания для обучающихся по выполнению курсового проекта/ курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено.

11.6. 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.

Для обучающихся по заочной форме обучения выполнение контрольных работ является элементом текущего контроля успеваемости и самостоятельной работы.

В процессе выполнения самостоятельной работы у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет ему 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-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ.

11.7. 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.

Текущий контроль проводится при проверке и защите практических заданий и контрольной работы за семестр. Исходный код и краткое пояснение загружаются в ЭИОС ГУАП. Обучающийся демонстрирует результат и отвечает на вопросы преподавателя; преподаватель фиксирует оценивание в ЭИОС. Для допуска к промежуточной аттестации необходимо защитить обязательные практические задания и контрольную работу соответствующего семестра.

11.8. 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».

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Форма проведения промежуточной аттестации — устная с выполнением практического задания. Обучающийся получает вопросы и практическое задание, готовит решение, устно отвечает преподавателю и представляет результат выполнения задания. Разрешается пользоваться официальной документацией по изученным средствам.

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