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	очная
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 (5 семестр), дифференцированного зачета (6 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	
		№5	№6
1	2	3	4
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	2/ 72	2/ 72
Из них часов практической подготовки	34	17	17

Аудиторные занятия, всего час.	68	34	34
в том числе:			
лекции (Л), (час)	34	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	34	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)			
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)			
экзамен, (час)			
Самостоятельная работа, всего (час)	76	38	38
***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 5					
Раздел 1. Архитектура высокопроизводительного программного обеспечения Тема 1.1. Требования к производительности и архитектурные решения Тема 1.2. Модульная архитектура и контракты интерфейсов	3	3			7
Раздел 2. Измерение и анализ производительности Тема 2.1. Метрики и воспроизводимый вычислительный эксперимент Тема 2.2. Поиск узких мест обработки данных	4	4			8
Раздел 3. Иерархия памяти и структуры данных Тема 3.1. Пространственная и временная локальность Тема 3.2. Организация массивов и схем хранения данных	4	4			9
Раздел 4. Оптимизация вычислений и движения данных Тема 4.1. Выбор алгоритма и сокращение затрат обработки Тема 4.2. Векторизация и оптимизация компилятором	3	3			7
Раздел 5. Проектирование вычислительного компонента Тема 5.1. Типовые архитектурные решения и программные интерфейсы Тема 5.2. Документирование и проверка проектного решения	3	3			7

Итого в семестре:	17	17			38
Семестр 6					
Раздел 6. Декомпозиция параллельных вычислений Тема 6.1. Параллелизм данных и задач Тема 6.2. Ускорение, эффективность и стоимость взаимодействия	3	3			7
Раздел 7. Многопоточная обработка с общей памятью Тема 7.1. Параллельные циклы OpenMP Тема 7.2. Распределение данных и редукции	4	4			8
Раздел 8. Синхронизация и корректность Тема 8.1. Гонки данных и критические секции Тема 8.2. Проектирование потокобезопасных интерфейсов	4	4			9
Раздел 9. Шаблоны параллельной архитектуры Тема 9.1. Рабочие потоки и конвейер Тема 9.2. Очереди, сообщения и интерфейсы стадий	3	3			7
Раздел 10. Масштабируемость и выбор решения Тема 10.1. Нагрузочная оценка и границы масштабирования Тема 10.2. Сравнение архитектур и защита решения	3	3			7
Итого в семестре:	17	17			38
Итого	34	34	0	0	76

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.
5	Раздел 5. Проектирование вычислительного компонента Тема 5.1. Типовые архитектурные решения и программные интерфейсы. Разделение интерфейса и реализации, шаблоны «Стратегия» и «Адаптер». Заменяемые алгоритмы

	обработки, контракты данных и ошибок. Пакетный интерфейс и его стоимость. Пример реализации на C через функции и непрозрачные структуры. Тема 5.2. Документирование и проверка проектного решения. Архитектурная схема, структуры данных и контракты. Проверка нормальных и граничных случаев. Воспроизводимый протокол сравнения альтернатив. Обоснование компромиссов между быстродействием, памятью, сложностью и сопровождаемостью.
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.
10	Раздел 10. Масштабируемость и выбор решения Тема 10.1. Нагрузочная оценка и границы масштабирования. Нагрузка, размер пакета, число потоков и пределы ресурсов. Ускорение, эффективность, пропускная способность и распределение задержки. Рост очереди, насыщение и деградация при перегрузке. Проверка правильности результата при сравнении. Тема 10.2. Сравнение архитектур и защита решения. Сопоставление последовательной, многопоточной и распределённой моделей по требованиям и стоимости взаимодействия. Архитектурная схема, спецификация интерфейса и воспроизводимый отчёт. Эксперимент для реализованных вариантов и расчётная оценка для проектных альтернатив; границы выводов.

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 5					
1	Архитектура компонента обработки записей и требования к задержке и пропускной способности	Самостоятельное решение задач	3	3	1

2	Измерение полного времени обработки записей и локализация узкого места	Самостоятельное решение задач	4	4	2
3	Сравнение размещения записей и обхода данных; проектирование схемы результатов эксперимента	Самостоятельное решение задач	4	4	3
4	Оптимизация алгоритма и перемещения данных с проверкой корректности и измерением эффекта	Самостоятельное решение задач	3	3	4
5	Проектирование заменяемых реализаций компонента и обоснование контракта интерфейса	Самостоятельное решение задач	3	3	5
Семестр 6					
6	Декомпозиция обработки записей и оценка ускорения с учётом обмена данными	Самостоятельное решение задач	3	3	6
7	Реализация и сравнение последовательной и параллельной обработки пакета записей с OpenMP	Самостоятельное решение задач	4	4	7
8	Устранение гонки в статистике обработки и сравнение способов синхронизации	Самостоятельное решение задач	4	4	8
9	Проектирование конвейера обработки записей с ограниченной очередью и обратным давлением	Самостоятельное решение задач	3	3	9
10	Нагрузочное сравнение реализаций и	Самостоятельное решение задач	3	3	10

	обоснование границ масштабирования архитектуры				
Всего			34		

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 5, час	Семестр 6, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	28	14	14
Курсовое проектирование (КП, КР)			
Расчетно-графические задания (РГЗ)			
Выполнение реферата (Р)			
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	20	10	10
Домашнее задание (ДЗ)	16	8	8
Контрольные работы заочников (КРЗ)			
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	12	6	6
Всего:	76	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. 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; – 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;

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
	– 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 5		
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. Раскройте предусловия, постусловия и владение памятью.	ПК-4.З.1
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 6		
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: программа, набор данных, число потоков, повтор, время. Задайте ключи и связи.	ПК-4.В.1
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. *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	ПК-4.У.1

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 предложенных считается верным, если правильно указана цифра	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл. Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.
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
	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.

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.

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.

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. Обучающийся загружает выполненные работы в ЭИОС ГУАП, представляет результат и отвечает на вопросы преподавателя; преподаватель фиксирует оценивание в ЭИОС.

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