
УТВЕРЖДЕНА

Решением Ученого совета
АНО ВО «Центральный университет»
«25» мая 2026 г.
Протокол №2

**Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Распределенные системы»**

Направление подготовки: 02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки: Математика и компьютерные науки

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Срок освоения программы: 4 года

Год набора: 2026

**Москва
2026**

Содержание

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)	3
2. Перечень планируемых результатов обучения	5
3. Тематический план	7
4. Содержание дисциплины (модуля)	7
5. Учебно-методическое обеспечение	8
6. Материально-техническое обеспечение	8
7. Методические и оценочные материалы	10

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Распределенные системы» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», профиль «Математика и компьютерные науки», утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 807 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины «Распределённые системы» позволяет понять принципы построения масштабируемых, надёжных и отказоустойчивых вычислительных сред, что является ключевым требованием современных ИТ-продуктов и сервисов.

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки бакалавриата по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», профиль «Математика и компьютерные науки» и входит в вариативную часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений, как дисциплина по выбору.

Дисциплина (модуль) является выборной и доступна для изучения на 3 или 4 курсе в 5, 6, 7 или 8 семестре на выбор после успешного освоения дисциплин «Архитектура компьютера и операционные системы», «Многопоточная синхронизация», «Алгоритмы и структуры данных. Часть 2».

Цель изучения дисциплины (модуля): подготовить специалистов, способных разрабатывать, оптимизировать и поддерживать распределённые архитектуры и сервисы, используя современные технологии и методологии.

Задачи изучения дисциплины (модуля):

- анализировать фундаментальные концепции распределённых вычислений (кластеризация, репликация, согласованность данных);
- изучать и сравнивать архитектурные стили (client-server, peer-to-peer, микросервисы, сервис-ориентированная архитектура);
- проектировать системы с учётом требований к масштабируемости, надёжности и безопасности;
- осваивать протоколы взаимодействия и модели согласования (REST, gRPC, RPC, CAP-теорема, консенсус-алгоритмы);
- внедрять механизмы распределённого кеширования, балансировки нагрузки и отказоустойчивости;
- реализовывать и оценивать стратегии мониторинга, логирования и диагностики в распределённых средах;
- применять технологии оркестрации и контейнеризации (Kubernetes, Docker Swarm) для управления сервисами;
- разрабатывать и тестировать распределённые приложения, используя инструменты автоматизации и CI/CD.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

знать:

- модели распределённых систем и типы отказов;
- проблему глобального времени, роль протоколов синхронизации времени;
- алгоритм снятия распределённых снимков состояния системы без глобальной остановки;
- модели согласованности;
- CAP-теорему;
- стратегии репликации;
- алгоритмы консенсуса на концептуальном уровне;
- механизмы обнаружения отказов;

— подходы к согласованию без координатора;

уметь:

— применять модели отказов и сетевые модели при анализе поведения распределённой системы;

— формально описывать и сравнивать гарантии согласованности для конкретных сценариев;

— анализировать компромиссы при выборе между согласованностью, доступностью и устойчивостью к разделению;

— сравнивать стратегии репликации по гарантиям согласованности, доступности и задержке;

— проектировать простые бесконфликтные реплицируемые типы данных и обосновывать применимость подходов без координатора;

— разбирать архитектурные решения реальных систем через изученные концепции;

владеть:

— навыками формального рассуждения о корректности и безопасности распределённых протоколов;

— методами сравнительной оценки алгоритмов репликации и консенсуса;

— подходами к проектированию отказоустойчивых систем с учётом фундаментальных ограничений асинхронных сред;

— навыками анализа сценариев отказов в протоколах распределённой фиксации транзакций и определения условий блокировки системы;

— навыками реализации базовых алгоритмов репликации и консенсуса в виде работающего программного кода.

2. Перечень планируемых результатов обучения

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) при проведении учебных занятий в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками Университета и в форме самостоятельной работы обучающихся:

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)
УК-1.	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1.	Знает методы поиска и анализа информации в области разработки, основные принципы критической оценки источников информации и их релевантности
		УК-1.2.	Умеет критически оценивать источники информации и синтезировать данные из различных источников для решения задач, применять системный подход к анализу и решению комплексных проблем
		УК-1.3.	Имеет практический опыт работы с современными инструментами и технологиями для обработки информации, формулировании и структурировании задач на основе полученной информации
ОПК-1.	Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности	ОПК-1.1.	Знает основные концепции и теории в области математического анализа и смежных дисциплин; методы и подходы, используемые в различных областях математики
		ОПК-1.2.	Умеет применять математические методы для решения профессиональных задач
		ОПК-1.3.	Имеет практический опыт разработки и реализации математических моделей в профессиональной деятельности
ОПК-4.	Способен находить, анализировать, реализовывать программно и	ОПК-4.1.	Знает базовые основы современного математического аппарата,

	использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем		связанного с проектированием, разработкой, реализацией и оценкой качества программных продуктов и программных комплексов в различных областях человеческой деятельности
		ОПК-4.2.	Умеет использовать этот математический аппарат в профессиональной деятельности
		ОПК-4.3.	Имеет практический опыт применения современного математического аппарата, связанного с проектированием, разработкой, реализацией и оценкой качества программных продуктов и программных комплексов в различных областях человеческой деятельности
ОПК-6.	Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	ОПК-6.1.	Знает алгоритмы разработки, компьютерные программы, а также алгоритмы вычислительной математики
		ОПК-6.2.	Умеет разрабатывать математические программные продукты и комплексы с использованием современных технологий программирования
		ОПК-6.3.	Имеет практический опыт разработки интеллектуальных информационных систем для визуализации результатов исследований
ПК-3.	Способен использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	ПК-3.1.	Знает основные методы математического и алгоритмического моделирования, а также их применение для решения теоретических и прикладных задач
		ПК-3.2.	Умеет разрабатывать и применять математические модели и алгоритмы для решения различных задач, анализируя полученные результаты
		ПК-3.3.	Имеет практический опыт использования методов математического и алгоритмического моделирования в реальных проектах или исследованиях

3. Тематический план

№п/ п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		Очная форма				
		Аудиторная работа		Контроль	Самосто ятельна я работа	
		Лекции	Семинары (практическ ие занятия)			
1	Модели и отказы	4	4		16	Аудиторная активность
2	Время и порядок событий	6	4	2	26	Контроль теоретических знаний Аудиторная активность
3	Согласованность	4	4		16	Аудиторная активность
4	Репликация и кворумы	4	4		16	Аудиторная активность
5	Консенсус	6	4	2	26	Контроль теоретических знаний Аудиторная активность
6	Отказоустойчивость	6	4	2	26	Проект Аудиторная активность
	Экзамен			4		
Итого:		30	24	10	126	
Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)		190				
Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)		5				

4. Содержание дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание дисциплины (модуля) по темам
1	Модели и отказы	Введение в распределённые системы Модели сети и отказов
2	Время и порядок событий	Физические часы и проблема глобального времени Причинность и порядок событий Глобальное состояние распределённой системы
3	Согласованность	Модели согласованности Теоремы о согласованности и доступности
4	Репликация и кворумы	Стратегии репликации данных Кворумные системы
5	Консенсус	Задача консенсуса: постановка и невозможность Алгоритмы консенсуса на практике Распределённая фиксация транзакций
6	Отказоустойчивость	Управление составом кластера и обнаружение отказов Подходы без центрального координатора Безопасность при разделении сети и итоговая интеграция

5. Учебно-методическое обеспечение

Университет располагает полным набором лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, включая продукты отечественного производства.

Каждый студент в течение всего периода обучения получает индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде университета. Эти системы предоставляют возможность доступа к ресурсам из любой точки, где есть подключение к сети Интернет, как на территории университета, так и за его пределами.

Студентам обеспечен удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Основная литература:

1. Бабичев, С. Л. Распределённые системы : учебник для вузов / С. Л. Бабичев, К. А. Коньков. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 507 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11380-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт. — URL: <https://urait.ru/bcode/566315>.

2. Нечаев, А. М. Компьютерные сети : учебник и практикум для вузов / под науч. ред. А. М. Нечаева, А. Е. Трубина, А. Ю. Анисимова. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 515 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-21452-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт. — URL: <https://urait.ru/bcode/572239>.

Дополнительная литература:

1. Малявко, А. А. Параллельное программирование : учебное пособие для вузов / А. А. Малявко. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 135 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14116-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт. — URL: <https://urait.ru/bcode/538878>.

6. Материально-техническое обеспечение

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Изучение дисциплины (модуля) обеспечивается в учебных аудиториях, оснащенных:

- столами и стульями;
- компьютерной техникой;
- механическими калькуляторами;
- специализированным оборудованием, включая демонстрационное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, в том числе приспособленные для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Обучающимся предоставляется доступ (в том числе удаленный) к ресурсам информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронным ресурсам (в том числе электронным библиотечным системам, современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам):

№	Наименование портала (издания, курса, документа)	Ссылка
1.	Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
2.	База данных для IT-специалистов	https://habr.com
3.	База данных ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com
4.	Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации	https://minobrnauki.gov.ru/
5.	Федеральный портал «Российское образование»	https://www.edu.ru/
6.	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
7.	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов	http://school-collection.edu.ru/
8.	Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов	http://fcior.edu.ru/

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), в том числе комплект лицензионного программного обеспечения, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Наименование ПО	Производство	Лицензионное / свободно распространяемое
Операционные системы:		
Microsoft Imagine (Windows Client, Server)	зарубежное	лицензионное
Браузеры:		
Яндекс.Браузер	отечественное	свободно распространяемое
Google Chrome	зарубежное	свободно распространяемое
Офисные приложения:		
Microsoft Imagine (Visio, OneNote)	зарубежное	лицензионное
TeXstudio	зарубежное	свободно распространяемое
Adobe Acrobat Reader	зарубежное	свободно распространяемое
Программное обеспечение для планирования и учета времени:		
Toggle app	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления проектами:		
Microsoft Imagine (Project)	зарубежное	лицензионное
Системы управления базами данных:		
Microsoft Imagine (SQL Server)	зарубежное	лицензионное
Системы резервного копирования (backup):		
Acronis Backup Advanced for HyperV	зарубежное	лицензионное
Справочно-правовые системы:		
КонсультантПлюс: справочно-правовая система	отечественное	лицензионное
Средства антивирусной защиты:		
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition	отечественное	лицензионное
Среды разработки:		
Visual Studio Code	зарубежное	свободно распространяемое
Bash (Unix shell)	зарубежное	свободно распространяемое
Anaconda	зарубежное	свободно распространяемое

Robotic Operating System	зарубежное	свободно распространяемое
CopelliaSim	зарубежное	свободно распространяемое
Google Colaboratory	зарубежное	свободно распространяемое
Пакеты программных средств и библиотек:		
AutoPsy	зарубежное	свободно распространяемое
Interactive Disassembler (IDA)	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления библиографической информацией:		
Zotero	зарубежное	свободно распространяемое
Сервисы и службы:		
Bind	зарубежное	свободно распространяемое
Docker	зарубежное	свободно распространяемое

7. Методические и оценочные материалы

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Распределенные системы» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, аудиторная активность, контроль теоретических знаний, проект, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся по заданию преподавателя, направленные на развитие навыков профессиональной лексики, закрепление практических профессиональных компетенций, поощрение инициатив.

Лекция – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера.

В процессе лекций рекомендуется вести конспект лекций: кратко и схематично фиксировать основные идеи, выводы и обобщения лекции; выделять важные мысли, ключевые слова и термины. Необходимо отметить вопросы или материалы, которые вызывают затруднения, и попытаться найти ответы в рекомендованной литературе. Если разобраться в материале не удастся, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

Семинар – это форма учебной деятельности, проводимая в учебном заведении под руководством преподавателя, где студенты активно участвуют в обсуждениях, практических заданиях и других формах взаимодействия.

Для успешной подготовки к семинару рекомендуется заранее ознакомиться с темой занятия и основными материалами, чтобы иметь возможность активно участвовать в обсуждении. Также полезно подготовить вопросы и идеи для обсуждения, что поможет глубже понять материал и продемонстрировать заинтересованность.

Аудиторная работа – активная работа студента на семинаре, его ответы на вопросы преподавателя и участие в дискуссии.

Для успешного участия в семинаре студентам рекомендуется заранее ознакомиться с темой обсуждения, прочитать необходимые материалы и подготовить вопросы. Важно активно слушать и вовлекаться в дискуссию, высказывая свои мнения и аргументируя их. При ответах на вопросы преподавателя стоит быть уверенным, четким и логичным, опираясь на изученный материал. Также полезно поддерживать диалог с однокурсниками, чтобы обогатить обсуждение и расширить свои знания.

Контроль теоретических знаний — форма оценки уровня усвоения учебного материала, осуществляемая в виде устного опроса по основным разделам дисциплины (модуля).

В процессе подготовки студенту необходимо проанализировать учебные материалы, ознакомившись с лекциями, учебниками и дополнительными источниками, акцентируя

внимание на ключевых темах. Рекомендуется создать структурированные конспекты, выделяя основные идеи, термины и формулы.

Проект – исследовательская работа по дисциплине (модулю) и презентация результатов.

Для успешной подготовки к проекту рекомендуется: четко определить цели и задачи проекта; составить план работы, разбив проект на этапы с указанием сроков выполнения каждого из них; использовать разнообразные источники информации и инструменты для исследования темы; регулярно проверять прогресс и вносить коррективы в план, если это необходимо.

Самостоятельная работа – работа студентов, направленная на углубленное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины (модуля).

В процессе самостоятельной работы студенты взаимодействуют с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи студента включают работу с конспектами лекций (обработка текста), повторное изучение учебных материалов, планов и тезисов ответов, изучение дополнительных тем, выполнение учебно-исследовательских заданий и другое.

Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Критерии получения уровня и оценивания сформированности компетенций по дисциплине (модулю) «Распределенные системы»

Оценивание уровня учебных достижений, обучающихся по дисциплине (модулю), осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) осуществляется в форме *экзамена*, при этом проводится оценка компетенций, сформированных по дисциплине.

Для оценивания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется десятибалльная шкала оценивания, которая соотносится с традиционной пятибалльной шкалой следующим образом, если иное не указано в syllabus дисциплины:

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
10	Отлично	Студент полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину. Он самостоятельно и логически последовательно отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее важном. Умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя ключевые моменты и устанавливая причинно-следственные связи. Четко формулирует ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические
9	Отлично	
8	Отлично	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
		аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами.
7	Хорошо	Студент обладает знаниями предмета почти в полном объеме рабочей программы и самостоятельно, логически последовательно и всесторонне отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее значимых моментах. Он умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его ключевые аспекты и устанавливая причинно-следственные связи. Формулирует свои ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные ситуационные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.
6	Хорошо	
5	Удовлетворительно	Студент обладает базовыми знаниями по дисциплине (модулю), но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует неточные формулировки. В ходе ответов он допускает ошибки, касающиеся сути вопросов. Студент способен решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов исследования.
4	Удовлетворительно	
3	Не сдан	Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.
2	Не сдан	
1	Не сдан	

Дисциплина (модуль) «Распределенные системы» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Количество	Описание
Контроль теоретических знаний	10%	1	Устный опрос по основным разделам и (или) темам дисциплины (модуля)
Проект	40%	2	Исследовательская работа по дисциплине (модулю) и презентация результатов
Аудиторная работа	10%	1	Активная работа студента на занятии
Экзамен	40%	1	Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю)

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Распределенные системы»: $\langle 0,1 \times \text{среднее за домашние задания} + 0,4 \times \text{проект} + 0,1 \times \text{аудиторная работа} + 0,4 \times \text{зачет с оценкой} \rangle$.

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Раздел 1. Модели и отказы

1. Что такое распределённая система? Перечислите основные характеристики и вызовы при её проектировании.
2. Какие модели сети используются при анализе распределённых систем? В чём различие между синхронной, частично синхронной и асинхронной моделями?
3. Какие типы отказов возможны в распределённых системах? Приведите примеры каждого типа (отказ узла, канала, временной, двойной и др.).
4. Почему асинхронная модель считается наиболее реалистичной, но и наиболее сложной для разработки алгоритмов?

Раздел 2. Время и порядок событий

1. Почему в распределённых системах невозможно создать точное глобальное время? Какие проблемы это вызывает?
2. Что такое логические часы Лампорта? Как они используются для установления причинно-следственных связей между событиями?
3. Объясните, как работает векторное время. Чем оно отличается от логических часов?
4. Что включает в себя понятие «глобальное состояние» распределённой системы? Почему его корректная фиксация — нетривиальная задача?
5. Как алгоритм Чанди–Лампорта позволяет зафиксировать согласованное глобальное состояние?

Раздел 3. Согласованность

1. Что такое модель согласованности? Приведите примеры строгих и слабых моделей (например, строгая, последовательная, причинная согласованность).
2. В чём заключается разница между последовательной и линейной согласованностью?
3. Сформулируйте теорему CAP. Какие три свойства она описывает? Почему их нельзя обеспечить одновременно?
4. Что утверждает расширенная теорема PACELC? Как она дополняет CAP в условиях нормальной работы системы?

Раздел 4. Репликация и кворумы

1. Какие стратегии репликации данных существуют (однаправленная, двунаправленная, активная, пассивная)? В чём их преимущества и недостатки?
2. Что такое кворум в контексте репликации? Как выбираются значения W (write quorum) и R (read quorum)?
3. При каком условии ($R + W > N$) обеспечивается отсутствие устаревших данных при чтении? Объясните на примере.
4. Как кворумные системы помогают балансировать между доступностью и согласованностью?

Раздел 5. Консенсус

1. Сформулируйте задачу консенсуса. Какие три свойства (ограничения) должен удовлетворять любой алгоритм консенсуса?
2. В чём заключается проблема FLP? Почему она важна для теории распределённых систем?
3. Опишите основные идеи алгоритма Paxos. Как он обеспечивает безопасность и прогресс в условиях отказов?
4. Чем отличается Raft от Paxos? Как Raft упрощает понимание и реализацию консенсуса?

5. Как работает двухфазная фиксация (2PC)? Какие у неё недостатки с точки зрения доступности?

Раздел 6. Отказоустойчивость

1. Какие механизмы используются для обнаружения отказов в распределённых системах? Что такое мониторинг на основе таймаутов и «сердцебиения»?

2. Как работает протокол Gossip? В каких системах он применяется и почему?

3. Что такое «разделение сети» (network partition)? Как система должна вести себя при его возникновении?

4. Объясните концепцию «безопасности при разделении» и «итоговой интеграции». Какие системы выбирают доступность, а какие — согласованность?

5. Какие подходы позволяют управлять составом кластера без центрального координатора?

Вопросы для подготовки к контролю теоретических знаний

— Исследуйте, как строки таблицы хранятся на диске в PostgreSQL (формат страницы, размер, выравнивание).

— Напишите отчёт с примером расчёта занимаемого места для конкретной таблицы.

1. Построение и анализ индексов

— Создайте B-дерево и хеш-индекс для одной таблицы.

— Сравните производительность поиска по каждому индексу.

— Объясните, в каких случаях каждый тип эффективен.

2. Изучение плана выполнения запроса

— Используя **EXPLAIN (ANALYZE)** в PostgreSQL, проанализируйте план выполнения сложного SQL-запроса.

— Определите узкие места (seq scan, nested loops и т.п.) и предложите оптимизацию.

3. Транзакции и изоляция

— Запустите две параллельные транзакции. Продемонстрируйте аномалию (например, "фантомное чтение").

— Повторите с другим уровнем изоляции — объясните разницу.

Примерное описание задания и критерии оценивания к проекту

Описание:

Создать упрощённую однопоточную СУБД с поддержкой:

— Хранения таблиц в виде файлов.

— Индексов (B-дерево или хеш).

— Парсинга и выполнения базовых SQL-запросов (SELECT, INSERT, WHERE).

— Простого оптимизатора (выбор индекса).

— Журнала транзакций (WAL) и восстановления после сбоя.

Формат сдачи:

— Исходный код (на Python, C++ или Java).

— Документация: архитектура, компоненты, примеры использования.

— Демонстрация работы (видео или живой запуск).

Примерные вопросы для подготовки к занятию

1. Какие уровни архитектуры СУБД выделяют? В чём отличие между ними?

2. Как данные организуются на диске: страницы, слоты, выравнивание?

3. Что такое формат хранения строк (например, в PostgreSQL — Heap Tuple)?

4. Как устроены B-деревья и для каких операций они используются в СУБД?

5. В чём разница между B-деревом и LSM-деревом? Где применяется каждое?

6. Что такое итераторная модель выполнения запросов? Как работает конвейер операторов?

7. Какие алгоритмы соединения таблиц существуют (nested loop, hash join, merge join)?
8. Что означает каждое из свойств ACID? Приведите пример нарушения одного из них.
9. Какие уровни изоляции транзакций определены в SQL? Какие аномалии они допускают?
10. Что такое блокировки, двухфазный протокол блокировок (2PL)?

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1	Какая архитектурная модель используется в большинстве современных СУБД для разделения клиента и сервера обработки данных?	Клиент-серверная модель / трёхуровневая архитектура	УК-1
2	Как организуется физическое хранение строк таблицы на диске в большинстве СУБД?	Страницы с кортежами / slotted pages	УК-1
3	Какая структура данных позволяет ускорить поиск по ключу за счёт предварительной индексации?	Индекс (B-дерево, хеш-индекс, LSM-дерево)	УК-1
4	Какая модель выполнения лежит в основе большинства СУБД и позволяет комбинировать операторы запроса?	Итераторная модель (volcano model)	УК-1
5	Какой математический аппарат используется для оценки селективности условий в SQL-запросах?	Статистика по столбцам (гистограммы, плотность, кардинальность)	ОПК-1
6	Какой раздел дискретной математики применяется при построении логического плана запроса?	Теория реляционной алгебры	ОПК-1
7	Какой вероятностный метод используется для оценки числа строк, удовлетворяющих условию фильтрации?	Оценка кардинальности на основе селективности	ОПК-1
8	Какой алгоритм соединения таблиц использует построение хеш-таблицы для одной из таблиц?	Hash join	ОПК-4
9	Какой алгоритм применяется для слияния отсортированных наборов данных при соединении таблиц?	Merge join	ОПК-4
10	Какой метод используется для минимизации дисковых операций при выполнении запросов?	Оптимизация на основе стоимости (cost-based optimization)	ОПК-4
11	Какой алгоритм управления памятью применяется в буферном пуле для вытеснения старых страниц?	LRU (Least Recently Used) или его модификации	ОПК-4
12	Какой подход к обработке транзакций позволяет обеспечить атомарность и долговечность?	Write-Ahead Logging (WAL)	ОПК-6
13	Какой механизм используется для поддержки параллельного доступа к данным без блокировок?	MVCC (многоверсионный контроль доступа)	ОПК-6
14	Какой алгоритм лежит в основе восстановления данных после сбоя?	ARIES (повтор, откат, LSN)	ОПК-6

15	Какой принцип используется для обеспечения согласованности при одновременном доступе нескольких транзакций?	Изоляция (isolation levels, блокировки или MVCC)	ОПК-6
16	Какая математическая модель используется для оценки производительности плана выполнения запроса?	Модель стоимости на основе статистики и I/O	ПК-3
17	Какой метод применяется для прогнозирования производительности запроса при изменении объёма данных?	Масштабируемый анализ на основе математических моделей	ПК-3
18	Какой подход к проектированию позволяет оценить поведение СУБД при росте нагрузки?	Моделирование на основе теории массового обслуживания	ПК-3
19	Какой способ структурирования технической документации используется при описании архитектуры СУБД?	Модульное описание: хранение, индексация, выполнение, транзакции	ПК-3
20	Какой метод применяется для анализа и сравнения альтернативных планов выполнения запроса?	Сравнение стоимостных моделей и эвристик	