ЦЕНТРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДЕНА

Решением Ученого совета
АНО ВО «Центральный университет»
«07» марта 2024 г.
Протокол №1

Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Распределенные системы»

Направление подготовки: *02.03.01 Математика и компьютерные науки*

Направленность (профиль) подготовки: *Программа двух дипломов НИУ ВШЭ и ЦУ «Прикладная математика и информатика»*

Квалификация (степень) выпускника: *бакалавр*

Форма обучения: *очная*

Срок освоения программы: *4 года*

Год набора: *2024*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 0215B0C000D1B3FEB44A37EE631E0C27D4
Владелец: Ивашкевич Евгений Васильевич
Действителен: с 13.01.2026 до 13.04.2027

Электронный документ

Москва
2024

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 «Программа двух дипломов НИУ ВШЭ и ЦУ «Прикладная математика и информатика», 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 «Программа двух дипломов НИУ ВШЭ и ЦУ «Прикладная математика и информатика» и входит в вариативную часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений, как дисциплина по выбору.

Дисциплина (модуль) является доступна для изучения на 3 курсе в 5 семестре после успешного освоения дисциплин (модулей): «Архитектура компьютера и операционные системы. Часть 1», «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 реализация математических моделей в профессиональной деятельности
ОПК-4.	Способен находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем	ОПК-4.1.	Знает базовые основы современного математического аппарата, 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	Самостоятельная работа	
		Лекции	Семинары (практические 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 удается, 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 ***зачета с оценкой***, 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 силлабусе 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
9	Отлично	
8	Отлично	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
		деятельности, и умеет связывать теоретические 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
Зачет с оценкой	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»: «0,1 × контроль теоретических знаний + 0,4 × проект + 0,1 × аудиторная работа + 0,4 × зачет с оценкой».

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)
Примерные вопросы для подготовки к занятию

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 (однонаправленная, 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).

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1	Укажите модель отказов, при которой узел просто перестаёт отвечать на запросы.	отказ по останову / fail-stop	УК-1

2	Укажите модель отказов, при которой узел может отправлять произвольные или искажённые данные.	византийский отказ / byzantine failure	УК-1
3	Назовите механизм упорядочивания событий без использования синхронизированного физического времени.	логические часы / часы Лампорта	ОПК-4
4	Укажите структуру данных для отслеживания причинно-следственных связей между событиями в системе.	векторные часы / vector clocks	ОПК-4
5	Укажите отношение порядка, определяющее причинную зависимость событий в распределённой системе.	happens-before / происходит-до	ПК-3
6	Назовите теорему, утверждающую невозможность одновременного обеспечения трёх свойств в распределённой системе.	CAP / теорема CAP	ОПК-1
7	Укажите модель согласованности, гарантирующую мгновенное применение операций для всех клиентов.	линеаризуемость / linearizability	ОПК-1
8	Назовите процесс хранения копий данных на нескольких узлах для повышения надёжности.	репликация / replication	УК-1
9	Укажите математическое условие кворума для гарантированного чтения актуальных данных.	R + W > N	ОПК-4
10	Укажите модель согласованности, допускающую временную рассинхронизацию данных между узлами.	итоговая согласованность / eventual consistency	УК-1
11	Назовите задачу достижения согласия между процессами в условиях возможных отказов.	консенсус / consensus	ОПК-6
12	Укажите теорему о невозможности решения задачи консенсуса в полностью асинхронной системе.	FLP / теорема FLP	ОПК-1
13	Назовите практический алгоритм консенсуса, использующий выбор лидера для упрощения логики.	Raft	ОПК-6
14	Укажите семейство протоколов консенсуса, основанных на предложении и принятии значений.	Paxos	ОПК-6
15	Назовите протокол атомарной фиксации распределённой транзакции с координатором.	2PC / двухфазная фиксация	ОПК-6
16	Укажите механизм обнаружения неработающих узлов в кластере на основе таймаутов.	детектор отказов / heartbeat	ОПК-4
17	Укажите ситуацию разрыва связи между частями кластера, приводящую к изоляции групп узлов.	разделение сети / network partition	ПК-3
18	Назовите протокол эпидемического распространения информации для обмена состояниями в кластере.	Gossip protocol / протокол сплетен	ОПК-4
19	Укажите алгоритм получения согласованного снимка глобального состояния системы.	Чанди-Лампорт / Chandy-Lamport	ПК-3

Электронный документ

20	Назовите процесс выбора координатора среди узлов кластера для управления репликацией.	выбор лидера / leader election	ОПК-6