
УТВЕРЖДЕНА

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

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

Направление подготовки: 38.03.05 Бизнес-информатика

Направленность (профиль) подготовки: Бизнес и аналитика

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	9
6. Материально-техническое обеспечение	9
7. Методические и оценочные материалы	11

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Распределенные системы» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по специальности 38.03.05 Бизнес-информатика, профиль Бизнес и аналитика, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 838 от 29.07.2020 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 38.03.05 Бизнес-информатика, профиль Бизнес и аналитика и входит в вариативную часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений.

Дисциплина (модуль) является выборной и доступна для изучения на 3 или 4 курсе в 6, 7 или 8 семестре на выбор после успешного освоения дисциплин «Архитектура компьютера и операционные системы», «Многопоточная синхронизация», «Алгоритмы и структуры данных 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 аналитики, 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-2.	Способен проводить исследование и анализ рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий, выбирать рациональные решения для управления бизнесом	ОПК-2.1.	Знает основные тенденции и характеристики рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий
		ОПК-2.2.	Умеет проводить исследование и анализ рыночной информации для оценки потребностей бизнеса и выбора оптимальных решений
		ОПК-2.3.	Имеет практический опыт в разработке и внедрении стратегий управления бизнесом на основе анализа рынка информационных технологий
ПК-2.	Способен использовать соответствующий математический аппарат и инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования для решения задач профессиональной деятельности	ПК-2.1.	Знает основные математические методы и инструментальные средства, применяемые для обработки и анализа информации
		ПК-2.2.	Умеет эффективно использовать математический аппарат для систематизации данных и решения профессиональных задач
		ПК-2.3.	Имеет практический опыт работы с инструментами анализа информации в рамках исследовательских проектов
ПК-3.	Способен готовить научно-технические отчеты,	ПК-3.1.	Знает требования и стандарты оформления научно-технических

	презентации, научные публикации по результатам выполненных исследований		отчетов, презентаций и публикаций
		ПК-3.2.	Умеет структурировать и представлять результаты исследований в ясной и доступной форме
		ПК-3.3.	Имеет практический опыт подготовки и публикации научных материалов, отражающих результаты выполненных исследований
ПК-8	Способен под руководством специалиста более высокой категории осуществлять планирование и организацию проектной деятельности на основе стандартов управления проектами	ПК-8.1.	Знает принципы и стандарты управления проектами
		ПК-8.2.	Умеет разрабатывать планы и организовывать проектную деятельность в соответствии с установленными стандартами
		ПК-8.3.	Имеет практический опыт участия в проектной работе, включая планирование и координацию задач

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	5	4		21	Проект Контроль теоретических знаний Аудиторная активность
2	Время и порядок событий	5	4	2	21	Проект Контроль теоретических знаний Аудиторная активность
3	Согласованность	5	4	2	21	Проект Контроль теоретических знаний Аудиторная активность
4	Репликация и кворумы	5	4	2	21	Проект Контроль теоретических знаний Аудиторная активность
5	Консенсус	5	4		21	Проект Контроль теоретических знаний Аудиторная активность
6	Отказоустойчивость	5	4		21	Проект Контроль теоретических знаний 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, проект, аудиторная работа, 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 силлабусе дисциплины:

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Оценка за зачет	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
10	Отлично	Зачтено	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 аспекты
9	Отлично	Зачтено	
8	Отлично	Зачтено	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Оценка за зачет	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
			дисциплины (модуля) с практическими задачами.
7	Хорошо	Зачтено	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	Зачтено	
5	Удовлетворительно	Зачтено	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	Зачтено	
3	Не сдан	Не зачтено	Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.
2	Не сдан	Не зачтено	
1	Не сдан	Не зачтено	

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

Активность	Вес	Количество	Описание
Проект	40%	2	Набор задач по темам недели
Контроль теоретических знаний	10%	1	Исследовательская работа по дисциплине (модулю) и презентация результатов
Аудиторная работа	10%	1	Активная работа студента на занятии

Активность	Вес	Количество	Описание
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»: $0,4 \times \text{среднее за проект} + 0,1 \times \text{контроль теоретических знаний} + 0,1 \times \text{аудиторная работа} + 0,4 \times \text{экзамен}$.

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерное описание задания и критерии оценивания к проекту

1. Описание проекта

Тема: распределённый сервис хранения данных (Key-Value Store) с репликацией и согласованностью.

Цель: спроектировать, реализовать и протестировать минимальный набор функций распределённого хранилища, показать, как работают алгоритмы репликации и согласования (Raft, Paxos, простая majority-write и т.п.).

Что должно получиться

— **API** (REST, gRPC или аналог) с тремя операциями: **PUT(key, value)**, **GET(key)**, **DELETE(key)**.

— **Кластер** из 3-5 узлов, каждый работает на отдельном порту (можно запускать несколько процессов или контейнеров на одной машине).

— **Репликация** – запись считается подтверждённой только после того, как её получат минимум N из M узлов (коэффициент конфигурируется).

— **Согласованность** – чтение должно возвращать последнюю подтверждённую запись (strong consistency) либо eventual consistency – по выбору группы, но выбор нужно аргументировать.

— **Обнаружение отказов** – узел, переставший отвечать, считается недоступным, остальные продолжают обслуживать запросы.

— **Восстановление** – вновь запущенный или восстановившийся узел автоматически подхватывает недостающие данные.

Технологический стек (рекомендации)

— Язык программирования: Go, Java, Python, Rust – любой, который удобен команде.

— Сетевой слой: gRPC, HTTP/2, ZeroMQ.

— Хранилище: в памяти + периодический снимок (snapshot) в файл – достаточно просто.

— Контейнеризация (Docker) – упрощает запуск кластера.

— Тесты: юнит-тесты, а также интеграционные, проверяющие падения узлов и сетевые сбои.

Что сдаётся в конце

1. **Исходный код** (репозиторий Git).

2. **README** : инструкция сборки, запуска, проверки работоспособности.

3. **Документация архитектуры** – диаграммы, описание выбранных алгоритмов, объяснение принятых решений.

4. **Тестовый набор** – скрипты, Makefile или аналог для автоматического тестирования.

5. **Презентация** (10-15 мин) с демонстрацией работы, плюс видеозапись (по желанию).

Этапы выполнения

1. Сформировать команду (2-4 человека) и утвердить тему.

2. Проанализировать требования, нарисовать схему взаимодействия.

3. Сделать «Hello-World» сервис, работающий в одиночном режиме.
4. Организовать мульти-узловую инфраструктуру, добавить базовую репликацию.
5. Реализовать алгоритм согласования, обработку падений и восстановление.
6. Протестировать, отладить, написать документацию.
7. Подготовить презентацию и защитить проект.

2. Критерии оценивания:

1. Функциональность

- Корректность API.
- Реализация репликации и согласованности.
- Обработка отказов и восстановление узлов.

2. Архитектурный дизайн

- Обоснование выбранных алгоритмов (Raft, Paxos и т.п.).
- Чёткость схем взаимодействия, модульность кода.

3. Качество кода

- Читаемость, соответствие стиль-гайдам.
- Отсутствие «заплаток», чистая структура проекта.
- Наличие юнит-тестов (желательно покрытие не менее 70 %).

4. Тестирование и надёжность

- Автоматические интеграционные тесты.
- Имитация отказов (падения узлов, задержки, потеря пакетов).
- Стабильная работа под умеренной нагрузкой.

5. Документация

- Полный README с инструкциями сборки, запуска и проверки.
- Описание конфигураций, диаграммы (UML, sequence).

6. Презентация и защита

- Ясная демонстрация работы системы.
- Ответы на вопросы преподавателя/экспертов.
- Чёткое распределение ролей внутри команды.

Примерные вопросы для подготовки к занятию

Основы распределённых систем

— Что такое CAP-теорема? Приведите примеры систем, которые делают акцент на разные сочетания свойств.

- Чем отличается strong consistency от eventual consistency?

Алгоритмы согласования

— Как работает Raft? Какие роли (leader, follower, candidate) в нём существуют?

— В чём отличие Paxos от Raft? Когда предпочтительнее один алгоритм перед другим?

Репликация и шардирование

- Что такое primary-backup репликация? Как избежать ситуации «split-brain»?
- Как реализовать consistent hashing для распределения ключей по узлам?

Отказоустойчивость

- Как построить heartbeat-механизм для обнаружения падения узла?
- Что такое gossip-протокол и где он применяется?

Сетевые модели

— Чем отличаются synchronous и asynchronous модели коммуникации?

— Какие гарантии надёжности предоставляет TCP по сравнению с UDP в контексте распределённых систем?

Тестирование распределённых систем

- Какие типы fault-injection тестов следует выполнять?

— Как эмулировать сетевые задержки и потери пакетов (например, с помощью **tc / netem**)?

Docker / Kubernetes

— Как написать **docker-compose.yml** для запуска трёх узлов вашего сервиса?

— Какие шаги нужны, чтобы разместить сервис в кластере Kubernetes с автоматическим масштабированием?

Вопросы для подготовки к контролю теоретических знаний

1. Сформулируйте CAP-теорему и приведите реальный пример системы, жертвующей каждой парой свойств.
2. Что такое модель PACELC и как она расширяет CAP?
3. Определите atomic broadcast и объясните его важность для согласования.
4. В чём разница между linearizability и serializability?
5. Описание двухфазного коммита (2PC): плюсы, минусы, типичные сценарии.
6. Что такое vector clock и как он помогает обнаруживать конфликты?
7. Перечислите основные этапы алгоритма Raft (лог репликации, выборы, безопасность).
8. Как работает gossip-protocol и какие свойства он обеспечивает?
9. Что такое кворум в репликации? Приведите формулу для чтения/записи.
10. Что такое идемпотентная операция и почему она важна в распределённых запросах?

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1	Укажите основную архитектурную модель современных распределённых приложений.	Трёхуровневая клиент-серверная модель (presentation-logic-data tier) или микросервисная архитектура (service-oriented).	УК-1
2	Назовите типичный способ взаимодействия узлов в распределённом кластере.	RPC (gRPC, Thrift) или сообщения через брокер (Kafka, RabbitMQ).	УК-1
3	Укажите модель согласования времени между узлами, используемую в большинстве распределённых систем.	Протокол NTP (Network Time Protocol) или протокол PTP (Precision Time Protocol).	УК-1
4	Назовите основной подход к репликации данных в распределённых хранилищах.	Репликация уровня записи (write-ahead replication) с использованием кворума (quorum-based replication).	ОПК-2
5	Укажите алгоритм, обеспечивающий согласованность реплик при возникновении конфликтов.	Raft (или Paxos) – алгоритм консенсуса с лидером.	ОПК-2
6	Назовите свойство, гарантирующее, что после сбоя система может восстановить состояние.	Долговечность (Durability) + журналирование (Write-Ahead Log).	ОПК-2
7	Укажите способ обнаружения отказов узла в кластере.	Heartbeat-механизм (periodic “ping”) + таймаут-детектор.	ОПК-2
8	Перечислите один из методов обеспечения согласованности при параллельном доступе к распределённому ресурсу.	2-Phase Locking (2PL) либо Optimistic Concurrency Control (OCC) с валидацией.	ОПК-2

9	Укажите математическую модель, используемую для оценки вероятности возникновения разделения сети (network partition).	Вероятностная модель «Mean Time Between Failures» (MTBF) + модель отказов «Poisson process».	ПК-2
10	Назовите алгоритм, лежащий в основе восстановления состояния после сбоя в системах, использующих журнал.	ARIES (Algorithm for Recovery and Isolation Exploiting Semantics).	ПК-2
11	Укажите принцип организации ввода-вывода данных в распределённых файловых системах.	Блочный кеш (block cache) + предзапись (write-behind) + принцип «lazy write».	ПК-2
12	Перечислите метод защиты данных от потери при отказе узла в распределённом кластере.	Репликация с кворумом + периодическое создание снимков (snapshot).	ПК-2
13	Укажите стандарт описания архитектуры распределённой системы в технической документации.	IEEE 1471 (ISO/IEC/IEEE 42010) – «Architecture description».	ПК-3
14	Укажите способ структурирования отчёта о тестировании отказоустойчивости системы.	По сценариям: 1) отказ отдельного узла, 2) сетевой partition, 3) полное падение кластера, с метриками «time-to-recover», «data-loss», «throughput».	ПК-3
15	Укажите инструмент для визуального анализа топологии кластера и состояния узлов.	Prometheus + Grafana (дашборды), либо Consul UI, Zabbix, Nagios.	ПК-3
16	Укажите формат представления результатов нагрузочного тестирования распределённой системы.	Технический отчёт с таблицами и графиками (latency, throughput, error-rate) в формате PDF/HTML + CSV-файлы с метриками.	ПК-3
17	Укажите принцип проектирования масштабируемой распределённой системы.	Горизонтальное масштабирование (scale-out) через шардирование и добавление новых узлов без простоя.	ПК-8
18	Назовите подход к управлению версиями данных в распределённом хранилище.	MVCC (multiversion concurrency control) с snapshot-isolation.	ПК-8
19	Укажите этап жизненного цикла разработки распределённой системы, на котором реализуется механизм согласования.	Проектирование и реализация уровня «согласование/координация» (consensus layer) – после проектирования архитектуры, перед интеграционным тестированием.	ПК-8
20	Укажите инструмент, позволяющий просматривать и отлаживать исходный код реализации алгоритма консенсуса.	Git-репозиторий (GitHub, GitLab) + IDE с поддержкой отладки (IntelliJ, VS Code, GoLand) + unit-тесты с покрытием.	ПК-8