ЦЕНТРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДЕНА

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

Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Архитектура системы управления базами данных»

Направление подготовки: *02.03.01 Математика и компьютерные науки*

Направленность (профиль) подготовки: *Разработка*

Квалификация (степень) выпускника: *бакалавр*

Форма обучения: *очная*

Срок освоения программы: *4 года*

Год набора: *2024*

Москва
2024

Электронный документ

Содержание

1. **Краткая характеристика дисциплины (модуля)** 3
2. **Перечень планируемых результатов обучения** 4
3. **Тематический план** 6
4. **Содержание дисциплины (модуля)** 6
5. **Учебно-методическое обеспечение** 7
6. **Материально-техническое обеспечение** 7
7. **Методические и оценочные материалы** 9

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

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

Изучение дисциплины (модуля) «Архитектура системы управления базами данных» позволяет обеспечить подготовку специалистов, способных проектировать, оптимизировать и администрировать эффективные, масштабируемые и отказоустойчивые системы хранения данных в современных информационных приложениях.

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 «Разработка» 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 курсе в 6 семестре после успешного освоения дисциплин «Базы данных», «Алгоритмы и структуры данных. Часть 2», «Разработка на Rust» или «Разработка на C++» или «Разработка на Java».

Цель изучения дисциплины (модуля): формирование у студентов глубокого понимания устройства и принципов работы современных систем управления базами данных.

Задачи изучения дисциплины (модуля):

— изучить архитектурные модели (включая клиент-сервер и распределённые СУБД);

— понять внутренние компоненты: ядро, оптимизатор, хранилище, менеджер транзакций;

— освоить обработку и оптимизацию запросов;

— изучить механизмы транзакций, параллелизма и восстановления;

— рассмотреть модели хранения (B-деревья, LSM, колоночные и др.);

— познакомиться с репликацией, шардированием, NoSQL и NewSQL;

— научиться анализировать производительность и надёжность СУБД.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

знать:

— многоуровневую архитектуру субд;

— принципы физической организации данных на диске;

— структуры индексирования;

— итераторную модель выполнения запросов и алгоритмы реляционных операций;

— основы оптимизации запросов;

— acid-свойства транзакций, уровни изоляции sql, аномалии параллельного доступа;

— принципы журналирования и алгоритм восстановления;

уметь:

— проектировать и реализовывать компоненты хранилища;

— строить конвейер выполнения запросов на основе итераторной модели;

— реализовывать менеджер транзакций;

владеть:

— навыком чтения и интерпретации внутренней документации и исходного кода реальных субд.

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
УК-2.	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1.	Знает действующие правовые нормы, регулирующие деятельность в области решения задач, основные методы и подходы к определению круга задач
		УК-2.2.	Умеет определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения задач, учитывая имеющиеся ресурсы и ограничения
		УК-2.3.	Имеет практический опыт применения знаний о правовых нормах и ресурсах в реальных ситуациях, разработки и реализации решений в соответствии с установленными ограничениями
ОПК-1.	Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры,	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

	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-1.3.	Имеет практический опыт разработки и реализация математических моделей в профессиональной деятельности
ПК-1.	Способен формулировать задачи с математической точностью, обосновывать утверждения строго и анализировать полученные результаты в области математики и компьютерных наук	ПК-1.1.	Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических наук, программирования и информационных технологий
		ПК-1.2.	Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в математике и информатике
		ПК-1.3.	Имеет опыт работы с задачами в области математики и компьютерных наук, включая применение математических методов для решения практических задач
ПК-2.	Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности в области разработки, опираясь на информационную и библиографическую культуру, используя информационно-коммуникационные технологии и учитывая основные требования информационной безопасности	ПК-2.1.	Знает основные принципы информационной и библиографической культуры, а также правила и стандарты информационной безопасности
		ПК-2.2.	Умеет эффективно использовать информационно-коммуникационные технологии для решения стандартных задач профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности
		ПК-2.3.	Имеет практический опыт работы с информационными ресурсами и инструментами в рамках своей профессиональной деятельности в области разработки, соблюдая требования информационной безопасности

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	Архитектура и хранение данных	6	6	2	30	Домашнее задание Проект Аудиторная работа
2	Индексирование	6	6	2	30	Домашнее задание Проект Аудиторная работа
3	Выполнение запросов	8	8	2	30	Домашнее задание Проект Аудиторная работа
4	Транзакции и надежность	10	10	4	28	Проект
	Зачет с оценкой			2		
	Итого:	***30***	***30***	***12***	***118***	
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	Архитектура и хранение данных	Введение в архитектуру СУБД Файловый менеджер и дисковая организация Буферный пул Организация записей на странице Обзор устройств хранилища в SQLite и PostgreSQL. На семинаре контрольная
2	Индексирование	Хеш-индекс и B+-дерево: структура и поиск B+-дерево: вставка и удаление
3	Выполнение запросов	Релящионная алгебра, итераторная модель и алгоритмы слияния Сортировка и агрегация Оптимизация запросов. На семинаре контрольная
4	Транзакции и надежность	Транзакции и ACID Блокировки и управление параллелизмом Журналирование и восстановление Коллоквиум Защита итогового проекта

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. Советов, Б. Я. Базы данных : учебник для вузов / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский, В. Д. Чертовской. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 403 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18479-2. — URL: https://urait.ru/bcode/559898

2. Нестеров, С. А. Базы данных : учебник и практикум для вузов / С. А. Нестеров. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 258 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18107-4. — URL: https://urait.ru/bcode/536687

Дополнительная литература:

1. Илюшечкин, В. М. Основы использования и проектирования баз данных : учебник для вузов / В. М. Илюшечкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 213 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03617-6. — URL: https://urait.ru/bcode/559613

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) «Архитектура системы управления базами данных» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, домашние задания, аудиторная работа, 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.

Домашнее задание – набор задач по темам недели.

При работе над домашними заданиями важно внимательно ознакомиться с требованиями и сроками выполнения. Рекомендуется разбивать задания на этапы, чтобы избежать перегрузки и лучше усвоить материал, использовать различные источники информации, включая учебники и онлайн-ресурсы, для более глубокого понимания темы.

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.

Бонусные баллы — это оценки, которые студенты могут получить за выполнение дополнительных заданий.

Формат бонусных баллов позволяет студентам улучшить общую оценку по дисциплине (модулю) и стимулирует углубленное изучение материала.

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) «Архитектура системы управления базами данных»

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
9	Отлично	
8	Отлично	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
		для практической 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) «Архитектура системы управления базами данных» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Количество	Описание
Домашнее задание	10%	5	Набор задач по темам недели
Проект	40%	1	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) «Архитектура системы управления базами данных»: «0,1 × среднее за домашние задания + 0,4 × проект + 0,1 × аудиторная работа + 0,4 × зачет с оценкой».

В рамках изучения дисциплины (модуля) возможно получение бонусных баллов.

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные домашние задания

1. **Анализ физического хранения**

— Исследуйте, как строки таблицы хранятся на диске в PostgreSQL (формат страницы, размер, выравнивание).
— Напишите отчёт с примером расчёта занимаемого места для конкретной таблицы.

2. **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.

3. **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.

4. **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	Укажите минимальную единицу обмена данными между дисковой подсистемой и буферным пулом СУБД.	Страница / Page	УК-1
2	Назовите алгоритм вытеснения страниц, основанный на времени последнего доступа.	LRU (Least Recently Used)	ПК-1
3	Укажите способ организации записей внутри страницы, позволяющий эффективно удалять данные.	Slotted Page / Страница со слотами	УК-1
4	Какое свойство B+-дерева гарантирует одинаковую глубину всех листовых узлов?	Сбалансированность / Balanced tree	УК-2
5	Укажите тип запросов, для которых наиболее эффективен хеш-индекс.	Равенство / Equality queries	УК-2
6	Как называется индекс, определяющий физический порядок хранения данных на диске?	Кластеризованный индекс / Clustered index	ОПК-1
7	Укажите метод, реализуемый операторами в итераторной модели выполнения запросов.	Open, Next, Close	ПК-2
8	Назовите алгоритм соединения, эффективный для предварительно отсортированных таблиц.	Merge Join / Слияние	ПК-2
9	Укажите алгоритм сортировки, используемый для данных, не помещающихся в оперативную память.	External Merge Sort / Внешняя сортировка слиянием	УК-1
10	Какой тип оптимизатора выбирает план на основе статистических оценок стоимости?	Cost-based Optimizer / Оптимизатор на основе стоимости	ОПК-1
11	Укажите математическую основу реляционной модели данных.	Теория множеств и реляционная алгебра	ОПК-1
12	Какой механизм обеспечивает атомарность транзакций при сбоях системы?	WAL (Write-Ahead Logging)	УК-1
13	Укажите протокол управления параллелизмом, предотвращающий каскадные откаты.	Strict Two-Phase Locking / Строгое двухфазное блокирование	УК-1
14	Как называется аномалия, при которой повторный запрос в рамках транзакции возвращает новые строки?	Фантомное чтение / Phantom Read	ПК-1
15	Сформулируйте основное правило журналирования WAL перед записью данных на диск.	Сначала лог, потом данные / Log before data	УК-1
16	Назовите алгоритм восстановления СУБД, состоящий из фаз анализа, повторения и отката.	ARIES	УК-2

17	Укажите единицу блокировки, соответствующую всей таблице целиком.	Таблица / Table lock	УК-2
18	Какой статистический параметр используется для оценки доли строк, удовлетворяющих условию?	Селективность / Selectivity	ОПК-1
19	Укажите архитектурный паттерн, разделяющий клиентское приложение и сервер СУБД.	Клиент-сервер / Client-Server	ПК-2
20	Какая модель используется для прогнозирования времени выполнения запроса на основе объема данных?	Математическая модель стоимости / Cost Model	ПК-2