
УТВЕРЖДЕНА

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

**Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Архитектура СУБД»**

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	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 СУБД» 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 (модуля) «Архитектура СУБД» 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 «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 «Базы данных», «Алгоритмы и структуры данных. Часть 2», «Разработка на Rust» или «Язык программирования C++. Часть 1» или «Язык программирования Java. Часть 1».

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
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	Самостояте льная работа	
		Лекции	Семинары (практическ ие 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 В+-дерево: структура и поиск В+-дерево: вставка и удаление
3	Выполнение запросов	Реляционная 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 СУБД» 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 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.

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 СУБД»

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 СУБД» 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 СУБД»: $0,1 \times \text{среднее за домашние задания} + 0,4 \times \text{проект} + 0,1 \times \text{аудиторная работа} + 0,4 \times \text{зачет с оценкой}$.

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	Какая архитектурная модель позволяет разделять клиентское приложение и сервер обработки данных в современных СУБД?	Клиент-серверная модель / трёхуровневая архитектура	УК-1
2	Как организуется физическое хранение записей таблицы на диске в большинстве реляционных СУБД?	Страницы с кортежами / slotted pages	УК-1
3	Какая структура данных используется для ускорения поиска по ключевому полю в СУБД?	Индекс (В-дерево, хеш-индекс, LSM-дерево)	УК-1
4	Какая модель выполнения операторов лежит в основе большинства СУБД и позволяет комбинировать их как итераторы?	Итераторная модель (volcano model)	УК-1
5	Какой раздел математики лежит в основе реляционной модели данных?	Теория множеств и реляционная алгебра	ОПК-1
6	Какой математический метод применяется для оценки числа строк, удовлетворяющих условию WHERE в SQL-запросе?	Оценка селективности и кардинальности	ОПК-1
7	Какой раздел дискретной математики используется при построении логических планов выполнения запросов?	Булева алгебра и логика предикатов	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 при выполнении JOIN?	Merge join	ОПК-4
10	Какой алгоритм используется для минимизации количества операций ввода-вывода при выполнении запроса?	Cost-based optimization (оптимизация по стоимости)	ОПК-4
11	Какой алгоритм управления памятью применяется в буферном пуле для вытеснения наименее используемых страниц?	LRU (Least Recently Used) или его модификации	ОПК-4
12	Какой механизм обеспечивает атомарность и долговечность транзакций в СУБД?	Write-Ahead Logging (WAL)	ОПК-6
13	Какой подход позволяет нескольким транзакциям читать данные одновременно без блокировок?	MVCC (многоверсионный контроль доступа)	ОПК-6
14	Какой алгоритм используется для восстановления базы данных после сбоя?	ARIES (анализ, повтор, откат)	ОПК-6
15	Какой принцип изоляции позволяет транзакции видеть «снимок» данных на момент начала?	Snapshot Isolation	ОПК-6
16	Какая математическая модель используется для оценки производительности альтернативных планов выполнения запроса?	Модель стоимости на основе статистики и I/O	ПК-3

17	Какой метод применяется для прогнозирования времени выполнения запроса при росте объёма данных?	Масштабируемый анализ (scaling analysis)	ПК-3
18	Какой подход к проектированию позволяет оценить поведение СУБД при увеличении нагрузки?	Моделирование на основе теории массового обслуживания	ПК-3
19	Какой способ структурирования используется при описании архитектуры СУБД в технической документации?	Модульное описание: хранение, выполнение, транзакции, оптимизация	ПК-3
20	Какой метод применяется для сравнения эффективности различных стратегий выполнения запроса?	Сравнение стоимостных моделей и эвристик	ПК-3