МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ)

Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
базового высшего образования
по направлению подготовки
09.03.01 Информатика и вычислительная техника,
утвержденной директором ФГАОУ ВО РУТ
(МИИТ) Париновым Д.В.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Проектирование баз данных и масштабируемых систем хранения

Направление подготовки: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль): Технологии разработки программного обеспечения

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде электронного документа выгружена из единой корпоративной информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)
ID подписи: 937226
Подписал: директор центра Проневич Ольга Борисовна
Дата: 12.11.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Дисциплина формирует способность проектировать и реализовывать архитектуру данных нагруженного бизнес-приложения в условиях импортозамещения и острого дефицита инженеров слоя данных. Студент осваивает выбор моделей хранения и согласованности, проектирование схем, индексов, миграций и партиционирования, построение устойчивого взаимодействия компонентов с данными на стеке Java и PostgreSQL. На практике выполняется единая курсовая работа: проектируется слой данных сервиса обработки транспортных заданий, проверяется его корректность при конкуренции и отказах, измеряется производительность, доказывается восстановимость по показателям RPO и RTO. Выпускник получает защищаемый инженерный артефакт и опыт доказательной разработки, востребованный работодателями транспортной и цифровой отраслей.

Целью освоения дисциплины является формирование способности проектировать архитектуру данных нагруженного бизнес-приложения, выбирать модели хранения и согласованности, реализовывать устойчивое взаимодействие компонентов с данными, планировать эволюцию схем и экспериментально подтверждать производительность, масштабируемость и восстановимость решения.

Для достижения поставленной цели в рамках дисциплины решается комплекс задач, направленных на формирование у обучающихся способности: Связывать паттерны доступа, объём, задержку, целостность и ограничения системы с выбором модели и технологии хранения. Проектировать модель данных, индексы, партиционирование, кэширование, миграции и жизненный цикл данных. Определять границы транзакций и согласованности, обеспечивать идемпотентность и корректную обработку повторной доставки и частичного отказа. Реализовывать на Java и языке запросов версионируемые контракты данных и событий. Формировать воспроизводимый профиль нагрузки и доказательно оценивать оптимизацию. Выполнять резервное копирование и восстановление с проверкой целостности и фактических показателей RPO и RTO. Документировать альтернативы, компромиссы, риски и границы гарантий архитектуры данных.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ДПК-БП-4 - Способен проектировать и реализовывать архитектуру данных нагруженного бизнес-приложения;

ППК-Р4 - Способен использовать базы данных при создании программных модулей и компонентов.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

- архитектуры современных систем управления баз данных, включая SQL и noSQL;
- синтаксис языка работы с выбранной базой данных, особенности программирования на этом языке;
- современные среды программирования для работы с базами данных;
- современные подходы к проектированию реляционных и нереляционных баз данных;
- нормативно-технические документы (стандарты и регламенты), определяющие требования к оформлению моделей баз данных выбранной архитектуры;
- внутреннее устройство СУБД выбранной архитектуры;
- методы и средства мониторинга и оптимизации производительности СУБД выбранной архитектуры.

Уметь:

- применять выбранные языки работы с базами данных;
- использовать выбранную среду программирования для работы с данными в базе;
- использовать методы и средства выбранного языка программирования для работы с базами данных;
- выбирать тип базы данных в зависимости от решаемой задачи;
- проектировать и актуализировать структуру базы данных для программных моделей и компонентов;
- применять нормативно-технические документы (стандарты и регламенты), определяющие требования к оформлению модели баз данных;
- применять инструментарий для создания и актуализации моделей баз данных;
- применять методы и средства мониторинга производительности запросов к базе данных;
- вырабатывать варианты оптимизации производительности запросов в базе данных;
- проводить оценку и обоснование рекомендуемых решений по оптимизации производительности запросов в базе данных.

Владеть:

- навыками разработки и развёртывания версионируемых миграций схемы базы данных в действующем сервисе;
- навыками реализации идемпотентной обработки заданий и транзакционной публикации событий на Java с использованием JDBC;
- навыками проведения воспроизводимых нагрузочных измерений и доказательной оптимизации запросов по планам выполнения;
- навыками резервного копирования и восстановления базы данных до заданной точки с проверкой целостности и оценкой фактических RPO/RTO.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 академических часа(ов).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №6
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	64	64
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 44 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Архитектура слоя данных нагруженного бизнес-приложения Рассматриваемые вопросы: - роль слоя данных в архитектуре бизнес-приложения; - требования к объёму, задержке, целостности и сроку хранения данных; - классы критичности данных и их влияние на проектные решения; - гарантии слоя данных и понятие доказанной архитектуры.
2	Паттерны доступа и профиль нагрузки Рассматриваемые вопросы: - типовые паттерны чтения и записи в транспортных расчётных сервисах; - фоновая и пакетная обработка заданий; - формирование профиля нагрузки при неполных исходных данных; - количественная формализация качественных требований.
3	Модели хранения данных и критерии их выбора Рассматриваемые вопросы: - реляционная, документная, ключ–значение и колоночная модели; - мультимодельные возможности PostgreSQL; - выбор модели хранения под паттерн доступа; - отечественный стек СУБД и импортозамещение.
4	Согласованность данных и компромиссы распределённого хранения Рассматриваемые вопросы: - строгая и итоговая согласованность; - теорема CAP и её практическая интерпретация; - границы гарантий согласованности в проектных решениях; - запись об архитектурном решении (ADR) как форма фиксации компромиссов.
5	Проектирование реляционной модели данных Рассматриваемые вопросы: - модель «сущность–связь» и её отображение на схему PostgreSQL; - нормальные формы и аномалии; - осознанная денормализация под паттерн доступа; - ограничения целостности как элемент архитектуры.
6	Эволюция схемы и жизненный цикл данных Рассматриваемые вопросы: - версионируемые миграции схемы; - стратегии развёртывания изменений без простоя; - обратная совместимость схемы и контрактов; - архивирование, удержание и удаление данных.
7	Транзакции и уровни изоляции Рассматриваемые вопросы: - свойства ACID и их реализация в PostgreSQL; - уровни изоляции и аномалии конкурентного доступа; - проектирование транзакционных границ операции; - выбор уровня изоляции под требования целостности.
8	Конкурентный доступ: MVCC и блокировки Рассматриваемые вопросы: - многоверсионное управление конкурентным доступом;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- типы блокировок и их влияние на пропускную способность; - взаимоблокировки и способы предотвращения; - диагностика конкуренции в расчётных процессах.
9	Идемпотентность и обработка повторов Рассматриваемые вопросы: - повторные запуски и повторная доставка как норма эксплуатации; - проектирование идемпотентного обработчика; - таблицы дедупликации и ключи идемпотентности; - версии результата и их хранение.
10	Событийные контракты и частичные отказы Рассматриваемые вопросы: - версионирование схемы события; - транзакционная публикация по шаблону outbox; - семантика доставки сообщений; - матрица состояний операции при частичных отказах.
11	Внутреннее устройство PostgreSQL и планы запросов Рассматриваемые вопросы: - организация хранения и исполнения запросов; - статистика и работа планировщика; - чтение планов EXPLAIN/ANALYZE; - локализация узких мест запроса.
12	Индексирование и оптимизация запросов Рассматриваемые вопросы: - типы индексов и их применимость; - составные, частичные и покрывающие индексы; - селективность и стоимость поддержки индексов; - доказательная оценка оптимизации по измерениям до и после.
13	Партиционирование и жизненный цикл больших таблиц Рассматриваемые вопросы: - декларативное партиционирование в PostgreSQL; - выбор ключа и стратегии партиционирования; - миграция на партиционированную структуру; - влияние партиционирования на запросы и обслуживание.
14	Масштабирование слоя данных Рассматриваемые вопросы: - вертикальное и горизонтальное масштабирование; - репликация и распределение чтения; - шардирование и его компромиссы; - кэширование и согласованность кэша с базой.
15	Методика нагрузочного эксперимента Рассматриваемые вопросы: - воспроизводимый профиль нагрузки; - метрики задержки, пропускной способности и ресурсов; - сопоставимость прогонов и контроль условий эксперимента; - оформление отчёта измерений.
16	Резервное копирование и восстановление Рассматриваемые вопросы: - логическое и физическое резервное копирование; - журнал предзаписи и восстановление до точки во времени;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- показатели RPO/RTO и их связь с критичностью данных; - проверка целостности после восстановления и эксплуатационная инструкция.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Реестр паттернов доступа сервиса обработки транспортных заданий Студент анализирует описание расчётного сервиса и выделяет операции чтения и записи с их частотой и объёмом. Он разделяет подтверждённые факты и предположения о нагрузке, формулирует уточняющие вопросы заказчику. Результатом является реестр паттернов доступа с исходными ограничениями по задержке и целостности для каждой операции.
2	Профиль нагрузки и классы критичности данных Студент преобразует качественные требования заказчика в количественные целевые показатели слоя данных. Он распределяет данные сервиса по классам критичности и обосновывает различия в требованиях к их сохранности. Итогом становится проект профиля нагрузки и таблица целевых показателей для последующей проверки.
3	Сравнение вариантов хранения и первая запись об архитектурном решении Студент сравнивает реляционный, документный и мультимодельный варианты хранения по критериям своего профиля нагрузки. Он оценивает отечественные СУБД как кандидатов на развёртывание и фиксирует отклонённые альтернативы. Результатом является первая запись об архитектурном решении с планом проверки выбранного варианта.
4	Проектирование концептуальной модели данных Студент выделяет сущности, связи и атрибуты по описанию расчётного процесса и строит модель в нотации «сущность–связь». Он согласует границы агрегатов данных с операциями сервиса и проверяет модель на покрытие всех паттернов доступа. Итогом является концептуальная схема с пояснениями к спорным проектным решениям.
5	Нормализация и ограничения целостности схемы Студент отображает концептуальную модель на реляционную схему PostgreSQL и приводит отношения к требуемой нормальной форме. Он проектирует первичные и внешние ключи, ограничения и правила удаления, анализируя аномалии на контрольных примерах. Обоснованная денормализация рассматривается отдельно с оценкой её цены. Результатом является логическая схема с полным набором ограничений целостности.
6	Проектирование эволюции схемы и жизненного цикла данных Студент планирует последовательность миграций для введения новой версии результата расчёта в действующий сервис. Он выбирает стратегию развёртывания без простоя и проверяет обратную совместимость изменений на сценариях чтения и записи. Дополнительно проектируются правила архивирования и удержания данных. Итогом является план миграций и регламент жизненного цикла данных.
7	Проектирование транзакционных границ операции Студент декомпозирует операцию выполнения задания на шаги и определяет границы транзакций для каждого сценария. Он выбирает уровни изоляции и анализирует аномалии конкурентного доступа на временных диаграммах параллельных запусков. Результатом является схема транзакционных границ с обоснованием выбранных уровней изоляции.
8	Анализ конкуренции и проектирование идемпотентной обработки Студент моделирует конкурирующие запуски одного задания и выявляет состояния гонки в предложенной схеме взаимодействия. Он проектирует ключ идемпотентности, таблицу дедупликации и порядок фиксации версии результата. Решение проверяется на сценариях потери

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	подтверждения и повторной доставки. Итогом является проект идемпотентного обработчика с описанием его гарантий.
9	Проектирование событийного контракта и публикации результата Студент описывает схему события результата расчёта и правила её версионирования при изменении состава данных. Он проектирует транзакционную публикацию события по шаблону outbox и согласует её с границами транзакции операции. Результатом является контракт события и схема публикации с указанием семантики доставки.
10	Матрица состояний операции при частичных отказах Студент строит полную матрицу состояний операции выполнения задания, включая таймауты, гибель обработчика и повторную обработку. Для каждого отказа он определяет безопасное поведение и компенсирующие действия без нарушения целостности. Итогом является матрица состояний и перечень проверяемых отказных сценариев.
11	Проектирование отказных проверок и анализ границ гарантий Студент превращает матрицу состояний в план воспроизводимых отказных проверок на учебном стенде. Он определяет ожидаемый результат каждой проверки и критерии её успешности по состоянию данных. Отдельно формулируются границы гарантий решения и остаточные риски. Результатом является протокол планирования проверок и раздел границ гарантий курсовой работы.
12	Диагностика запросов по планам выполнения Студент отбирает критичные запросы сервиса и анализирует их планы выполнения на учебном снимке базы. Он локализует узкие места по показаниям планировщика и фактическим измерениям, отделяя причины от симптомов. Итогом является реестр проблемных запросов с гипотезами оптимизации и планом их проверки.
13	Проектирование индексов и оценка стоимости оптимизации Студент проектирует составные и частичные индексы под выявленные узкие места и оценивает их селективность. Он рассчитывает стоимость поддержки каждого индекса для операций записи и сравнивает варианты по совокупному эффекту. Результатом является обоснованный набор изменений с планами и измерениями до и после.
14	Проектирование партиционирования и стратегии масштабирования Студент выбирает ключ и стратегию партиционирования для растущей таблицы результатов расчётов и планирует миграцию на новую структуру. Он сравнивает варианты дальнейшего масштабирования, включая репликацию чтения и кэширование, по компромиссам согласованности. Итогом является проект партиционирования и запись об архитектурном решении по масштабированию.
15	Проектирование резервного копирования и восстановления Студент определяет целевые показатели RPO и RTO по классам критичности данных своего сервиса. Он выбирает способы резервного копирования и проектирует процедуру восстановления до заданной точки в отдельный контур. Проверка целостности по контрольным суммам включается в процедуру как обязательный этап. Результатом является эксплуатационная инструкция восстановления с критериями приёмки.
16	Сквозной отказной эксперимент и оценка пределов архитектурного решения Студент моделирует комбинированный сценарий, в котором рост нагрузки совпадает с отказом обработчика в момент публикации результатов расчёта. Он прослеживает поведение системы по матрице состояний от момента отказа до восстановления штатной обработки и сопоставляет фактические показатели с целевыми. По итогам эксперимента он определяет условия, при которых решение перестаёт выполнять заявленные гарантии, и предлагает варианты их укрепления. Результатом является протокол сквозного эксперимента с выводами о пределах применимости архитектуры.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение рекомендованной литературы.
2	Подготовка к практическим работам.
3	Выполнение курсовой работы.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

Проектирование и доказательная реализация слоя данных сервиса тарификации перевозок

Проектирование и доказательная реализация слоя данных сервиса планирования маршрутов транспортных заданий

Проектирование и доказательная реализация слоя данных сервиса диспетчеризации и распределения заданий между исполнителями

Проектирование и доказательная реализация слоя данных сервиса приёма и обработки телематических событий

Проектирование и доказательная реализация слоя данных сервиса электронных перевозочных документов

Проектирование и доказательная реализация слоя данных сервиса складского обеспечения рейсов

Проектирование и доказательная реализация слоя данных сервиса начислений и взаиморасчётов с перевозчиками

Проектирование и доказательная реализация слоя данных сервиса нормативно-справочной информации транспортных расчётов

Проектирование и доказательная реализация слоя данных сервиса интеграционного приёма внешних реестров перевозок

Проектирование и доказательная реализация слоя данных сервиса событийной публикации результатов расчётов

Проектирование и доказательная реализация слоя данных сервиса контроля SLA выполнения транспортных заданий

Проектирование и доказательная реализация слоя данных мультитенантного сервиса обработки заданий нескольких перевозчиков

Проектирование и доказательная реализация слоя данных сервиса расчёта сроков доставки и котировок

Проектирование и доказательная реализация слоя данных сервиса претензий и перерасчётов по отклонениям

Проектирование и доказательная реализация слоя данных сервиса отчётности по выполненным транспортным заданиям

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Карпова, Т. С. Базы данных: модели, разработка, реализация : учебное пособие / Т. С. Карпова. — 2-е изд. — Москва : ИНТУИТ, 2016. — 403 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	URL: https://e.lanbook.com/book/100575 (дата обращения: 11.11.2026).
2	Баженова, И. Ю. Основы проектирования приложений баз данных : учебное пособие / И. Ю. Баженова. — 2-е изд. — Москва : ИНТУИТ, 2016. — 237 с. — ISBN 5-94774-539-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	URL: https://e.lanbook.com/book/100315 (дата обращения: 11.11.2026).
3	Рогов Е. В. PostgreSQL 18 изнутри / Е. В. Рогов. – М.: ДМК Пресс, 2026. – 682 с. – ISBN 978-5-93700-499-4.	URL: https://postgrespro.ru/education/books/internals (дата обращения: 28.10.2026).
4	Моргунов Е. П. PostgreSQL. Основы языка SQL: учебное пособие / Е. П. Моргунов; под ред. Е. В. Рогова, П. В. Лузанова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 336 с. – ISBN 978-5-9775-4022-3.	URL: https://postgrespro.ru/education/books/sqlprimer (дата обращения: 28.10.2026).

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

ЭБС «Лань»: https://e.lanbook.com/ (учебные пособия по проектированию баз данных).

Официальная документация PostgreSQL: https://www.postgresql.org/docs/ (транзакции, индексы, партиционирование, резервное копирование, PITR).

Документация Postgres Pro на русском языке: https://postgrespro.ru/docs/postgresql/.

Документация PostgreSQL JDBC Driver: https://jdbc.postgresql.org/documentation/.

Документация Flyway (управление миграциями схемы): https://documentation.red-gate.com/fd.

Документация Astra Linux: https://wiki.astralinux.ru/.

Документация Р7-Офис: https://support.r7-office.ru/.

Документация Pandas и Matplotlib: https://pandas.pydata.org/docs/, https://matplotlib.org/stable/.

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Операционные системы: Astra Linux / РЕД ОС / ALT Linux.

Офисные пакеты: Р7-Офис / МойОфис (для подготовки записей об архитектурных решениях, протоколов измерений, эксплуатационной инструкции и презентации к защите).

Система управления версиями: Git, отечественные хостинги GitVerse / GitFlic.

СУБД: PostgreSQL, Postgres Pro Standard (входит в Единый реестр российского ПО), штатные средства psql, EXPLAIN/ANALYZE, pg_stat_statements, pg_dump, pg_basebackup, WAL-архивирование и PITR.

Клиенты и проектирование схем: DBeaver Community Edition, pgAdmin.

Среда разработки: IntelliJ IDEA Community Edition / VS Code, OpenJDK 17+, Maven, JUnit 5.

Миграции схемы: Flyway Community / Liquibase Community.

Нагрузочный эксперимент: Apache JMeter (JDBC), k6.

Анализ измерений: Python 3, Pandas, Matplotlib, JupyterLab (Anaconda Distribution).

Контейнеризация стенда: Docker / Podman (основной контур и отдельный контур восстановления).

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные компьютерной техникой и наборами демонстрационного оборудования.

Для практических занятий – наличие персональных компьютеров вычислительного класса.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 6 семестре.

Курсовая работа в 6 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

старший преподаватель кафедры
«Цифровые технологии управления
транспортными процессами»
Института железнодорожного
транспорта И.С. Разживайкин

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЦТУТП В.Е. Нутович

Директор ЦС IT - программ ВИШ О.Б. Проневич

Председатель учебно-методической
комиссии Н.А. Андриянова