


Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет компьютерного проектирования
Кафедра проектирования информационно-компьютерных систем
Рефакторинг и оптимизация программного кода

Отчет
по лабораторной работе №2
на тему:

**РАСЧЕТ МЕТРИК ПРОЕКТА И КОДА
В ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМАХ
КАК ИНСТРУМЕНТ РЕФАКТОРИНГА**

Проверил	<u>10(десять)</u> (подпись)	А.В. Шелест
зачтено	<u>09.10.2025</u> (дата защиты)	
Выполнил	<u></u> (подпись)	П.А. Карлюк гр. 214302

Минск, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1 Ссылка на репозиторий <i>GitHub</i>	3
2 Схема БД и ее описание	3
2.1 База данных сервиса аутентификации	3
2.2 База данных сервиса организаций	5
2.3 База данных сервиса склада	7
2.4 База данных сервиса управления товарами и запасами	12
3 Вывод	20

1 ССЫЛКА НА РЕПОЗИТОРИЙ GITHUB

Ссылка на репозиторий сервера: <https://github.com/239fd/wmsProject/>.
Ссылка на репозиторий клиента: <https://github.com/239fd/wmsProjectClient>.

2 СХЕМА БД И ЕЕ ОПИСАНИЕ

База данных выступает ключевым элементом архитектуры программного средства, обеспечивая надёжное хранение, согласованность и целостность информации, необходимой для функционирования всех подсистем.

В контексте предметной области было выделено 4 различных базы данных для 4 различных сервисов.

2.1 База данных сервиса аутентификации

В рамках реализации базы данных было создано 3 таблицы. Схема базы данных представлена на рисунке 1.

user_read_model	user_login_audit	user_events
email: varchar(255) full_name: varchar(255) roles: user_role[] password_hash: varchar(255) provider: auth_provider provider_uid: varchar(128) photo: bytea organization_id: uuid warehouse_id: uuid is_active: boolean created_at: timestamp updated_at: timestamp	user_id: uuid login_time: timestamp ip_address: inet user_agent: varchar(512) provider: auth_provider	user_id: uuid event_type: varchar(50) event_data: jsonb event_version: integer created_at: timestamp
user_id: uuid	id: integer	event_id: integer

Рисунок 1 – Схема базы данных сервиса аутентификации

Таким образом была представлена схема базы данных сервиса аутентификации.

2.1.1 user_read_model. Данная таблица предназначена для хранения актуального, быстро доступного состояния данных пользователя, используемое для аутентификации, авторизации и отображения профиля. Далее в таблице 1 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 1 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>user_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. Уникальный идентификатор пользователя.
<i>email</i>	<i>VARCHAR(255)</i>	Электронная почта, используемая для входа (логин). Должна быть уникальной.
<i>full_name</i>	<i>VARCHAR(255)</i>	Полное имя пользователя.
<i>roles</i>	<i>user_role</i>	Тип роли пользователя.
<i>password_hash</i>	<i>VARCHAR(255)</i>	Хеш пароля.
<i>provider</i>	<i>auth_provider</i>	Тип провайдера аутентификации.
<i>provider_uid</i>	<i>VARCHAR(128)</i>	Уникальный <i>ID</i> пользователя, присвоенный внешним провайдером.
<i>organization_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на организацию, к которой привязан пользователь.
<i>warehouse_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на склад, к которому привязан пользователь.
<i>is_active</i>	<i>BOOLEAN</i>	Статус активности аккаунта.
<i>created_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время создания записи.
<i>updated_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время последнего обновления записи.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *user_read_model*.

2.1.2 *user_events*. Данная таблица используется для хранения полной истории всех изменений, произошедших с пользователем. Далее в таблице 2 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 2 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>event_id</i>	<i>SERIAL</i>	Первичный ключ. Уникальный, автоинкрементный <i>ID</i> события.
<i>user_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на пользователя, с которым произошло событие.
<i>event_type</i>	<i>VARCHAR(50)</i>	Тип события (например, ' <i>UserRegistered</i> ', ' <i>PasswordChanged</i> ', ' <i>RolesUpdated</i> ').
<i>event_data</i>	<i>JSONB</i>	Данные события в формате <i>JSONB</i> , содержащие детали изменения.
<i>event_version</i>	<i>INT</i>	Версия формата данных события.
<i>created_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время возникновения события.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *user_events*.

2.1.3 user_login_audit. Данная таблица переназначена для хранения журнала попыток входа для целей безопасности и мониторинга. Далее в таблице 3 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 3 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>id</i>	<i>SERIAL</i>	Первичный ключ. Уникальный, автоинкрементный <i>ID</i> записи аудита.
<i>user_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на пользователя, совершающего вход.
<i>login_time</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время попытки входа.
<i>ip_address</i>	<i>INET</i>	<i>IP</i> -адрес, с которого был произведен вход.
<i>user_agent</i>	<i>VARCHAR</i>	Браузер пользователя.
<i>provider</i>	<i>auth_provider</i>	Провайдер, через который осуществлялся вход.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *user_events*.

Схема базы данных сервиса аутентификации спроектирована с учетом приведения к третьей нормальной форме (3НФ), что необходимо для минимизации избыточности и поддержания целостности данных.

Первая нормальная форма (1НФ). Каждая таблица (сущность) в схеме находится в 1НФ. В каждой таблице есть явно определенный, отсутствуют повторяющиеся группы атрибутов, и все атрибуты атомарны.

Вторая нормальная форма (2НФ). Все таблицы находятся во 2НФ. Так как первичный ключ в каждой таблице является простым (не составным), это автоматически гарантирует, что все неключевые атрибуты функционально зависят от ключа целиком, и зависимость от его части исключена.

Третья нормальная форма (3НФ). Схема находится в 3НФ, поскольку выполняется условие 2НФ, и при этом неключевые атрибуты непосредственно (нетранзитивно) функционально зависят от ключей.

Таким образом, структура всех таблиц соответствует принципам 3НФ, обеспечивая высокую надежность и эффективность транзакций.

2.2 База данных сервиса организаций

Данный сервис предназначен для управления данными юридических лиц, выступающих в системе в качестве владельцев складов. Такое разделение обеспечивает изоляцию данных и автономию в управлении справочной информацией об организациях. В рамках реализации базы данных было создано 2 таблицы. Схема базы данных представлена на рисунке 2.

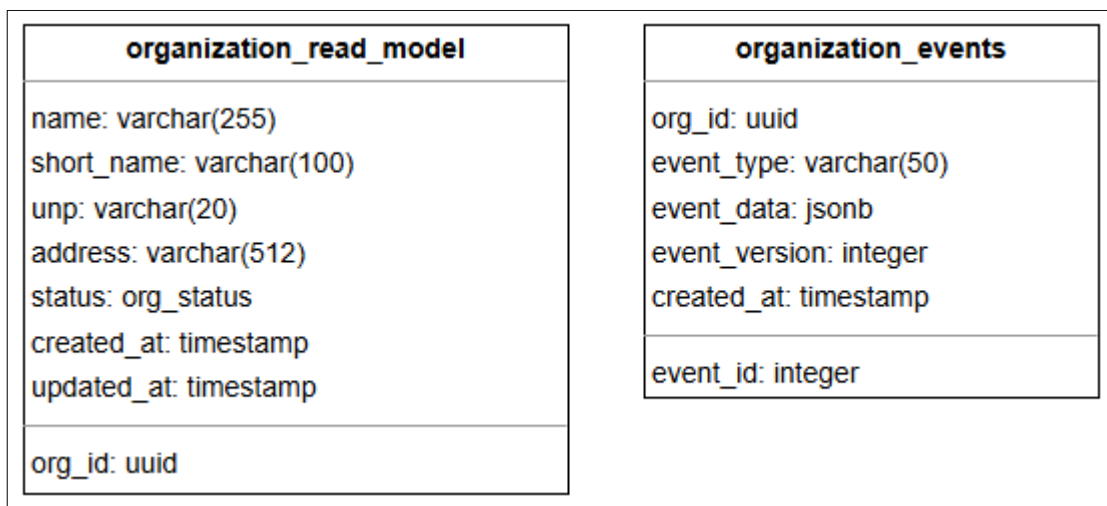


Рисунок 2 – Схема базы данных сервиса организаций

Таким образом была представлена схема базы данных сервиса организаций.

2.2.1. organization_read_model. Данная таблица представляет собой модель чтения, предназначенную для хранения актуального состояния и ключевых атрибутов организации. Далее в таблице 4 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 4 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>org_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. Уникальный идентификатор организации.
<i>name</i>	<i>VARCHAR(255)</i>	Полное наименование организации (Уникальное).
<i>short_name</i>	<i>VARCHAR(100)</i>	Сокращенное наименование организации.
<i>unp</i>	<i>VARCHAR(20)</i>	УНП (Учетный номер плательщика).
<i>address</i>	<i>VARCHAR(512)</i>	Юридический адрес организации.
<i>status</i>	<i>org_status</i>	Текущий статус организации (<i>ACTIVE</i> , <i>BLOCKED</i> , <i>ARCHIVED</i>).
<i>created_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время создания записи.
<i>updated_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время последнего обновления записи.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *organization_read_model*.

2.2.2 organization_events. Данная таблица предназначена для хранения полной, неизменяемой истории всех событий, произошедших с сущностью «Организация». Далее в таблице 5 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 5 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>event_id</i>	<i>SERIAL</i>	Первичный ключ. Уникальный, автоинкрементный <i>ID</i> события.
<i>org_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на организацию, с которой произошло событие.
<i>event_type</i>	<i>VARCHAR(50)</i>	Тип события (например, ' <i>OrganizationCreated</i> ', ' <i>AddressChanged</i> ').
<i>event_data</i>	<i>JSONB</i>	Данные события в формате <i>JSONB</i> , содержащие детали изменения.
<i>event_version</i>	<i>INT</i>	Версия формата данных события.
<i>created_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время возникновения события.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *organization_events*.

Схема базы данных сервиса организаций спроектирована с учетом приведения к третьей нормальной форме (3НФ). Каждая таблица находится в первой нормальной форме (1НФ), так как все атрибуты содержат атомарные значения и отсутствуют повторяющиеся группы. Все таблицы также находятся во второй нормальной форме (2НФ), поскольку их первичные ключи являются простыми, что автоматически исключает частичные функциональные зависимости. Схема соответствует и третьей нормальной форме (3НФ), потому что, например, в таблице *organization_read_model* все атрибуты (*name*, *unp*, *address*, *status*) описывают исключительно организацию и напрямую зависят от ее ключа *org_id*. Отсутствуют транзитивные зависимости, так как ни один неключевой атрибут не зависит от другого неключевого атрибута.

2.3 База данных сервиса склада

Данный сервис является ключевым компонентом *WMS* и предназначен для моделирования структуры склада (склады, стеллажи, ячейки и др.), а также управления их основными параметрами. Схема базы данных представлена на рисунке 3.

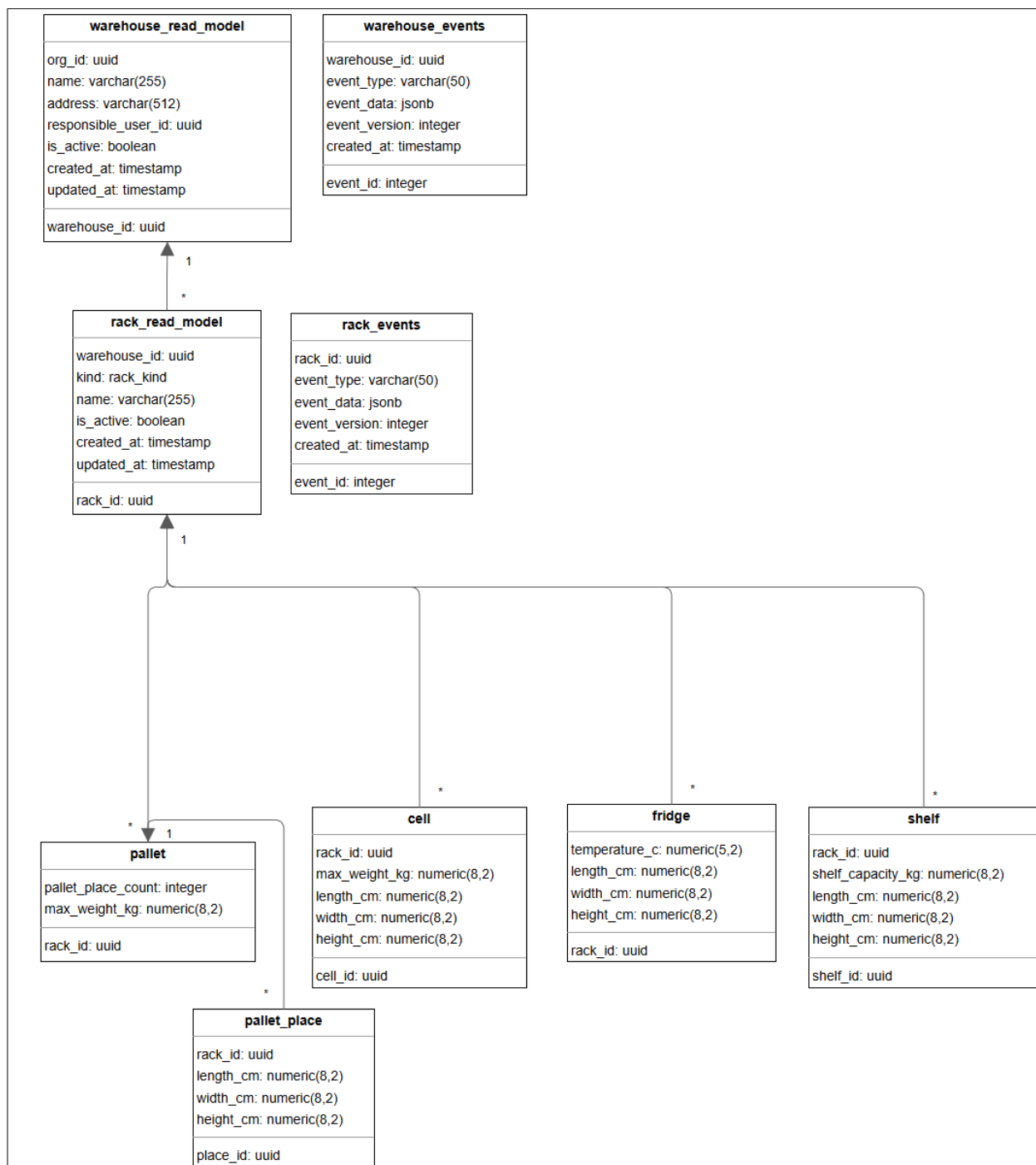


Рисунок 3 – Схема базы данных сервиса склада

Таким образом была представлена схема базы данных сервиса склада.

2.3.1 *warehouse_read_model*. Таблица предназначена для хранения актуальной информации о складе. Далее в таблице 6 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 6 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>warehouse_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. Уникальный идентификатор склада.
<i>org_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на организацию-владельца склада.
<i>name</i>	<i>VARCHAR(255)</i>	Название склада.
<i>address</i>	<i>VARCHAR(512)</i>	Адрес склада.
<i>responsible_user_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на ответственного пользователя.
<i>is_active</i>	<i>BOOLEAN</i>	Статус активности склада.
<i>created_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время создания записи.
<i>updated_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время последнего обновления записи.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *warehouse_read_model*.

2.3.2 *warehouse_events*. Таблица предназначена для хранения событий, связанных со складом. Далее в таблице 7 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 7 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>event_id</i>	<i>SERIAL</i>	Первичный ключ. Уникальный, автоинкрементный <i>ID</i> события.
<i>warehouse_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на склад, с которым произошло событие.
<i>event_type</i>	<i>VARCHAR(50)</i>	Тип события (например, 'WarehouseCreated').
<i>event_data</i>	<i>JSONB</i>	Данные события в формате <i>JSONB</i> .
<i>event_version</i>	<i>INT</i>	Версия формата данных события.
<i>created_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время возникновения события.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *warehouse_events*.

2.3.3 *rack_read_model*. Таблица предназначена для хранения общих данных о стеллаже. Далее в таблице 8 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 8 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>rack_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. Уникальный идентификатор стеллажа.

Продолжение таблицы 8

Поле	Тип данных	Описание
<i>warehouse_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ. Ссылка на склад, которому принадлежит стеллаж.
<i>kind</i>	<i>rack_kind</i>	Тип стеллажа: ' <i>SHELF</i> ', ' <i>CELL</i> ', ' <i>FRIDGE</i> ', ' <i>PALLET</i> '.
<i>name</i>	<i>VARCHAR(255)</i>	Название стеллажа.
<i>is_active</i>	<i>BOOLEAN</i>	Статус активности стеллажа.
<i>created_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время создания записи.
<i>updated_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время последнего обновления записи.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *rack_read_model*.

2.3.4 *rack_events*. Таблица предназначена для хранения событий, связанных со стеллажами. Далее в таблице 9 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 9 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>event_id</i>	<i>SERIAL</i>	Первичный ключ. Уникальный, автоинкрементный <i>ID</i> события.
<i>rack_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на стеллаж, с которым произошло событие.
<i>event_type</i>	<i>VARCHAR(50)</i>	Тип события (например, ' <i>RackCreated</i> ').
<i>event_data</i>	<i>JSONB</i>	Данные события в формате <i>JSONB</i> .
<i>event_version</i>	<i>INT</i>	Версия формата данных события.
<i>created_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время возникновения события.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *rack_events*.

2.3.5 *shelf*. Данная таблица хранит специфические параметры для стеллажей типа '*SHELF*'. Далее в таблице 10 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 10 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>shelf_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. Уникальный идентификатор полки.
<i>rack_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ. Ссылка на родительский стеллаж.
<i>shelf_capacity_kg</i>	<i>NUMERIC(8, 2)</i>	Максимальная грузоподъемность полки в кг.

<i>length_cm</i>	<i>NUMERIC(8, 2)</i>	Длина полки в см.
------------------	----------------------	-------------------

Продолжение таблицы 10

Поле	Тип данных	Описание
<i>width_cm</i>	<i>NUMERIC(8, 2)</i>	Ширина полки в см.
<i>height_cm</i>	<i>NUMERIC(8, 2)</i>	Высота полки в см.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *shelf*.

2.3.6 cell. Данная таблица хранит специфические параметры для стеллажей типа '*CELL*'. Далее в таблице 11 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 11 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>cell_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. Уникальный идентификатор ячейки.
<i>rack_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ. Ссылка на родительский стеллаж.
<i>max_weight_kg</i>	<i>NUMERIC(8, 2)</i>	Максимальный вес содержимого ячейки в кг.
<i>length_cm</i>	<i>NUMERIC(8, 2)</i>	Длина ячейки в см.
<i>width_cm</i>	<i>NUMERIC(8, 2)</i>	Ширина ячейки в см.
<i>height_cm</i>	<i>NUMERIC(8, 2)</i>	Высота ячейки в см.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *cell*.

2.3.7 fridge. Данная таблица хранит специфические параметры для стеллажей типа '*FRIDGE*'. Далее в таблице 12 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 12 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>rack_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. (Является внешним ключом к <i>rack_read_model</i>).
<i>temperature_c</i>	<i>NUMERIC(5, 2)</i>	Требуемая температура в градусах Цельсия.
<i>length_cm</i>	<i>NUMERIC(8, 2)</i>	Длина холодильника в см.
<i>width_cm</i>	<i>NUMERIC(8, 2)</i>	Ширина холодильника в см.
<i>height_cm</i>	<i>NUMERIC(8, 2)</i>	Высота холодильника в см.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *fridge*.

2.3.8 pallet. Данная таблица хранит специфические параметры для стеллажей типа '*PALLET*'. Далее в таблице 13 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 13 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>rack_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. (Является внешним ключом к <i>rack_read_model</i>).
<i>pallet_place_count</i>	<i>INT</i>	Количество паллетомест в стеллаже.
<i>max_weight_kg</i>	<i>NUMERIC</i> (8, 2)	Максимальный общий вес в паллетной зоне.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *pallet*.

2.3.9 pallet_place. Данная таблица хранит информацию о конкретных паллетоместах, которые являются частью паллетного стеллажа. Далее в таблице 14 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 14 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>place_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. Уникальный идентификатор паллетоместа.
<i>rack_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ. Ссылка на родительский паллетный стеллаж (<i>pallet</i>).
<i>length_cm</i>	<i>NUMERIC</i> (8, 2)	Длина паллетоместа в см.
<i>width_cm</i>	<i>NUMERIC</i> (8, 2)	Ширина паллетоместа в см.
<i>height_cm</i>	<i>NUMERIC</i> (8, 2)	Высота паллетоместа в см.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *pallet_place*.

Все таблицы соответствуют первой и второй нормальным формам (1НФ и 2НФ), так как атрибуты атомарны, а первичные ключи – простые, что исключает частичные зависимости. Схема также находится в третьей нормальной форме (3НФ). Структура спроектирована так, чтобы избежать транзитивных зависимостей. Например, в таблице *warehouse_read_model* адрес склада (*address*) зависит от *warehouse_id*, а не от *org_id* или *responsible_user_id*. Разделение данных о типах стеллажей (*shelf*, *cell*, *fridge*, *pallet*) в отдельные таблицы гарантирует, что специфические атрибуты (например, *temperature_c* для *fridge*) зависят только от ключа конкретной сущности, а не от общего *rack_id* транзитивно.

2.4 База данных сервиса управления товарами и запасами

Данный сервис отвечает за ведение номенклатуры, управление поставщиками, учет поставок, отгрузок, партий товаров и отслеживание их остатков на складе. Схема базы данных представлена на рисунке 4.

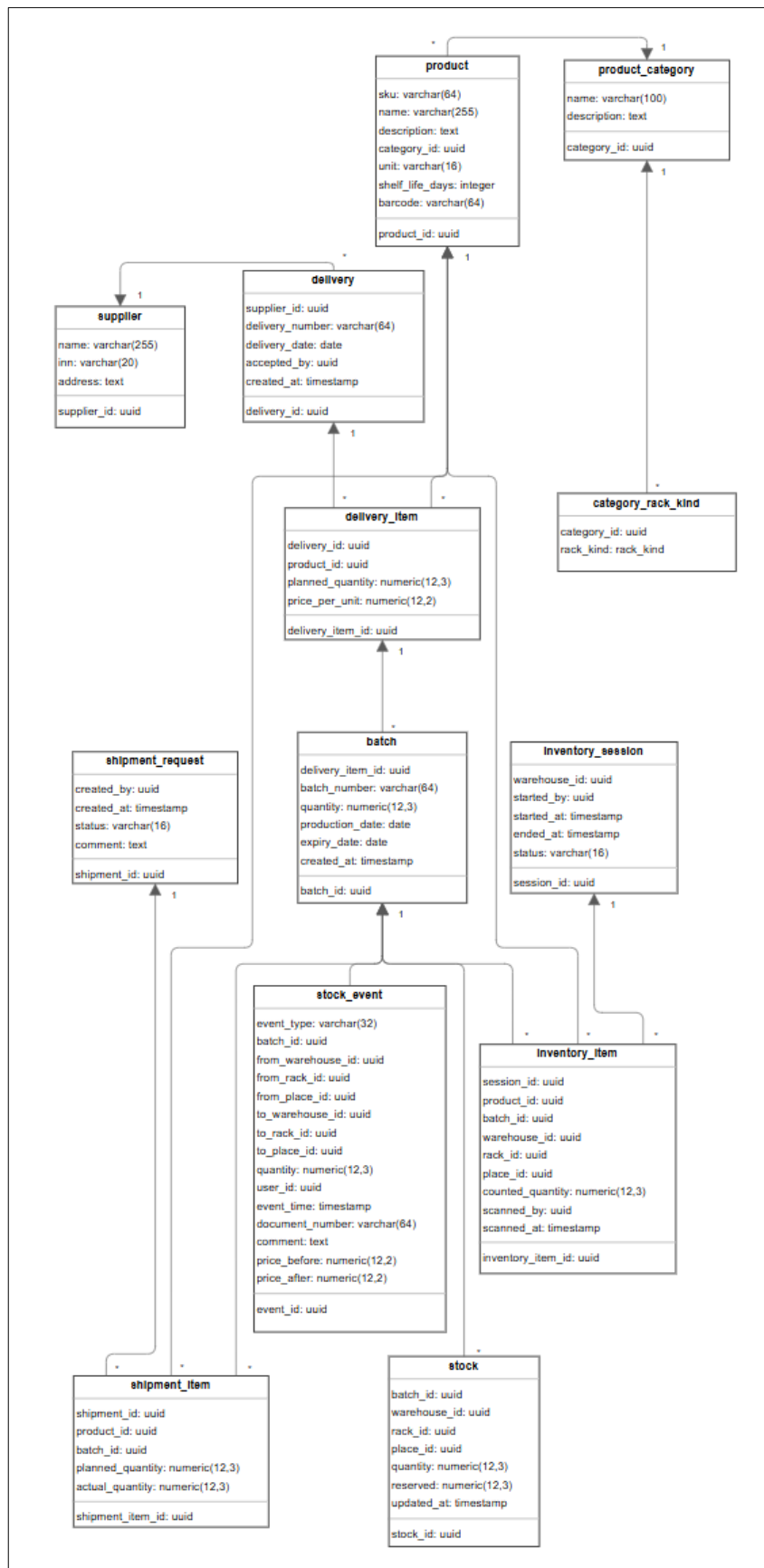


Рисунок 4 – Схема базы данных сервиса управления товарами и запасами

2.4.1 *product_category*. Данная таблица хранит категории товаров. Далее в таблице 15 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 15 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>category_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. Уникальный идентификатор категории.
<i>name</i>	<i>VARCHAR(100)</i>	Уникальное наименование категории.
<i>description</i>	<i>TEXT</i>	Описание категории.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *product_category*.

2.4.2 *category_rack_kind*. Данная таблица связывает категории товаров с допустимыми для них типами стеллажей. Далее в таблице 16 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 16 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>category_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ, ссылка на <i>product_category</i> . Часть составного ключа.
<i>rack_kind</i>	<i>rack_kind</i>	Тип стеллажа. Часть составного ключа.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *category_rack_kind*.

2.4.3 *supplier*. Данная таблица содержит информацию о поставщиках. Далее в таблице 17 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 17 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>supplier_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. Уникальный идентификатор поставщика.
<i>name</i>	<i>VARCHAR(255)</i>	Наименование поставщика.
<i>unp</i>	<i>VARCHAR(20)</i>	УНП поставщика.
<i>address</i>	<i>TEXT</i>	Адрес поставщика.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *supplier*.

2.4.4 *product*. Основная таблица номенклатуры товаров. Далее в таблице 18 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 18 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>product_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. Уникальный идентификатор товара.
<i>sku</i>	<i>VARCHAR(64)</i>	Артикул товара (уникальный).
<i>name</i>	<i>VARCHAR(255)</i>	Наименование товара.
<i>description</i>	<i>TEXT</i>	Описание товара.
<i>category_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ, ссылка на категорию товара.
<i>unit</i>	<i>VARCHAR(16)</i>	Единица измерения (шт, кг, и т.д.).
<i>shelf_life_days</i>	<i>INTEGER</i>	Срок годности в днях.
<i>barcode</i>	<i>VARCHAR(64)</i>	Штрих-код товара.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *product*.

2.4.5 delivery. Данная таблица хранит информацию о поставках товаров. Далее в таблице 19 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 19 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>delivery_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. Уникальный идентификатор поставки.
<i>supplier_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ, ссылка на поставщика.
<i>delivery_number</i>	<i>VARCHAR(64)</i>)	Номер документа поставки.
<i>delivery_date</i>	<i>DATE</i>	Дата поставки.
<i>accepted_by</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на пользователя, принявшего поставку.
<i>created_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время создания записи.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *delivery*.

2.4.6 delivery_item. Данная таблица хранит детализацию поставки по товарным позициям. Далее в таблице 20 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 20 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>delivery_item_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ.
<i>delivery_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ, ссылка на документ поставки.
<i>product_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ, ссылка на товар.
<i>planned_quantity</i>	<i>NUMERIC(12,3)</i>	Планируемое количество товара.
<i>price_per_unit</i>	<i>NUMERIC(12,2)</i>	Цена за единицу товара.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *delivery_item*.

2.4.7 batch. Данная таблица хранит информацию о партиях товаров. Далее в таблице 21 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 21 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>batch_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. Уникальный идентификатор партии.
<i>delivery_item_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ, ссылка на позицию в поставке.
<i>batch_number</i>	<i>VARCHAR(64)</i>	Номер партии.
<i>quantity</i>	<i>NUMERIC(12,3)</i>	Количество товара в партии.
<i>production_date</i>	<i>DATE</i>	Дата производства.
<i>expiry_date</i>	<i>DATE</i>	Срок годности.
<i>created_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время создания записи.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *batch*.

2.4.8 stock. Учет текущих остатков товаров на складе в разрезе партий и мест хранения.

Таблица 22 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>stock_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ.
<i>batch_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ, ссылка на партию.
<i>warehouse_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на склад.
<i>rack_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на стеллаж.
<i>place_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на место хранения (полка, ячейка и т.д.).
<i>quantity</i>	<i>NUMERIC(12,3)</i>	Фактическое количество на остатке.
<i>reserved</i>	<i>NUMERIC(12,3)</i>	Количество в резерве.
<i>updated_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время последнего обновления.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *stock*.

2.4.9 stock_event. Данная таблица представляет собой журнал всех движений складских остатков. Далее в таблице 23 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 23 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>event_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. Уникальный идентификатор события.
<i>event_type</i>	<i>VARCHAR(32)</i>	Тип события (приемка, отгрузка, перемещение, коррекция).
<i>batch_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ, ссылка на партию товара, с которой произошло событие.
<i>from_warehouse_id</i>	<i>UUID</i>	ID склада-источника (для перемещений).
<i>from_rack_id</i>	<i>UUID</i>	ID стеллажа-источника (для перемещений).
<i>from_place_id</i>	<i>UUID</i>	ID места-источника (для перемещений).
<i>to_warehouse_id</i>	<i>UUID</i>	ID склада-получателя (для приемки, перемещений).
<i>to_rack_id</i>	<i>UUID</i>	ID стеллажа-получателя (для приемки, перемещений).
<i>to_place_id</i>	<i>UUID</i>	ID места-получателя (для приемки, перемещений).
<i>quantity</i>	<i>NUMERIC(12,3)</i>	Количество товара в транзакции.
<i>user_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на пользователя, выполнившего операцию.
<i>event_time</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Точная дата и время возникновения события.
<i>document_number</i>	<i>VARCHAR(64)</i>	Номер документа-основания (например, номер накладной).
<i>comment</i>	<i>TEXT</i>	Комментарий к событию.
<i>price_before</i>	<i>NUMERIC(12,2)</i>	Цена до изменения (для событий переоценки).
<i>price_after</i>	<i>NUMERIC(12,2)</i>	Цена после изменения (для событий переоценки).

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *stock_event*.

2.4.10 shipment_request. Данная таблица хранит информацию о заявках на отгрузку товаров со склада. Далее в таблице 24 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 24 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
------	------------	----------

<i>shipment_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. Уникальный идентификатор заявки на отгрузку.
<i>created_by</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на пользователя, создавшего заявку.
<i>created_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время создания заявки.
<i>status</i>	<i>VARCHAR(16)</i>	Статус заявки (например, 'Новая', 'В сборке').
<i>comment</i>	<i>TEXT</i>	Комментарий к заявке.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *shipment_request*.

2.4.11 *shipment_item*. Данная таблица содержит детализацию заявки на отгрузку по товарным позициям. Далее в таблице 25 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 25 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>shipment_item_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ.
<i>shipment_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ, ссылка на заявку на отгрузку.
<i>product_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ, ссылка на товар.
<i>batch_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ, ссылка на партию товара.
<i>planned_quantity</i>	<i>NUMERIC(12,3)</i>	Планируемое к отгрузке количество.
<i>actual_quantity</i>	<i>NUMERIC(12,3)</i>	Фактически отгруженное количество.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *shipment_item*.

2.4.12 *inventory_session*. Данная таблица хранит информацию о сессиях инвентаризации на складе. Далее в таблице 26 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 26 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>session_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ. Уникальный идентификатор сессии инвентаризации.
<i>warehouse_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на склад, где проводится инвентаризация.
<i>started_by</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на пользователя, начавшего инвентаризацию.
<i>started_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время начала сессии.
<i>ended_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время завершения сессии.
<i>status</i>	<i>VARCHAR(16)</i>	Статус сессии (например, 'В процессе', 'Завершена').

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *inventory_session*.

2.4.13 *inventory_item*. Данная таблица содержит результаты пересчета товарных позиций в рамках сессии инвентаризации. Далее в таблице 27 представлены атрибуты и их описание.

Таблица 27 – Атрибуты и их описание

Поле	Тип данных	Описание
<i>inventory_item_id</i>	<i>UUID</i>	Первичный ключ.
<i>session_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ, ссылка на сессию инвентаризации.
<i>product_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ, ссылка на товар.
<i>batch_id</i>	<i>UUID</i>	Внешний ключ, ссылка на партию.
<i>warehouse_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на склад.
<i>rack_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на стеллаж.
<i>place_id</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на место хранения.
<i>counted_quantity</i>	<i>NUMERIC(12,3)</i>	Пересчитанное (фактическое) количество.
<i>scanned_by</i>	<i>UUID</i>	Ссылка на пользователя, выполнившего сканирование.
<i>scanned_at</i>	<i>TIMESTAMP</i>	Дата и время сканирования.

Таким образом, были описаны атрибуты таблицы *inventory_item*.

Схема базы данных сервиса управления товарами и запасами спроектирована с учетом приведения к третьей нормальной форме (3НФ). Соответствие первой нормальной форме (1НФ) выполнено для всех таблиц, так как поля атомарны. Вторая нормальная форма (2НФ) также соблюдается: в таблице *category_rack_kind* с составным ключом (*category_id*, *rack_kind*) отсутствуют неключевые атрибуты, поэтому частичные зависимости невозможны, а остальные таблицы имеют простые ключи. Схема находится и в третьей нормальной форме (3НФ), так как зависимости выстроены иерархически и не являются транзитивными. Например, в таблице *delivery_item* цена за единицу (*price_per_unit*) зависит от связки поставки и товара (*delivery_item_id*), а не от *product_id* напрямую, так как цена может меняться от поставки к поставке. Аналогично, данные о поставщике (*supplier.name*) не дублируются в таблице *delivery*, а связаны через *supplier_id*, что исключает транзитивную зависимость между *delivery.delivery_number*, *supplier.supplier_id* и *supplier.name*.

3 ВЫВОД

В ходе выполнения работы была спроектирована комплексная архитектура базы данных для автоматизированной системы управления складом (WMS). Архитектура основана на микросервисном подходе, что отражено в разделении схемы на четыре логически независимые базы данных: сервис аутентификации, сервис организаций, сервис структуры склада и сервис управления товарами и запасами.

Такой подход обеспечивает высокую модульность, масштабируемость и отказоустойчивость системы. Каждая схема была детально проработана с описанием всех сущностей, их атрибутов и взаимосвязей.

Все схемы баз данных были приведены к третьей нормальной форме (3НФ), что позволило минимизировать избыточность данных, исключить аномалии обновления, вставки и удаления, а также обеспечить целостность и согласованность хранимой информации. Использование механизма «событий» (*event sourcing*) в ряде сервисов дополнительно повышает надежность системы, предоставляя полный аудиторский след всех изменений ключевых сущностей.

В результате была создана логически верная, нормализованная и готовая к реализации реляционная модель данных, полностью отвечающая требованиям предметной области и закладывающая прочный фундамент для дальнейшей разработки программного средства.