



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления»

КАФЕДРА «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

НА ТЕМУ:

«Разработка информационной системы для частных
ПОЛИКЛИНИК»

Студент группы ИУ7-66Б

(Подпись, дата)

П. А. Калашков

(И.О. Фамилия)

Руководитель курсовой работы

(Подпись, дата)

О. В. Кузнецова

(И.О. Фамилия)

2023 г.

РЕФЕРАТ

Расчетно-пояснительная записка 60 с., 9 рис., 13 табл., 22 ист.

БАЗЫ ДАННЫХ, PostgreSQL, РЕЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ, REST

Цель работы — разработка информационной системы для частных поликлиник.

Моделью базы данных является реляционная модель, архитектура приложения — двухзвенная клиент-серверная. Для представления API используется паттерн REST.

Результаты: разработана программа, предназначенная для использования сотрудниками частной поликлиники. Предусмотрены различные роли, соответствующие должностям минимального штата поликлиники, возможность администрирования приложения и работе с информацией о пациентах и приёмах.

Проведён анализ времени обработки запросов с использованием чистого SQL, ORM и Query Builder, из результатов следует, что использование чистого SQL является самым быстрым способом (1.78 мс), однако не намного превосходит время, затраченное на выполнение SQL при использовании ORM (на 0.18 мс). Использование Query Builder занимает больше всего времени (12.79 мс).

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Аналитическая часть	8
1.1 Анализ предметной области	8
1.2 Анализ способов хранения данных в приложении	9
1.2.1 БД и СУБД	9
1.2.2 Модели данных и способы классификации СУБД	10
1.2.3 Модели хранения данных	10
1.2.4 Архитектуры организации хранения данных	12
1.2.5 Выбор типа СУБД	13
1.3 Группы пользователей	14
1.4 Категории данных	15
1.5 Формализация задачи	18
2 Конструкторская часть	20
2.1 Диаграмма базы данных	20
2.2 Таблицы БД	20
2.3 Описание ролей и доступов	28
2.4 Описание организации целостности	29
3 Технологическая часть	30
3.1 Средства реализации	30
3.1.1 Создание таблиц и ограничений	31
3.1.2 Создание ролевой модели и управление доступами	32
3.2 Описание интерфейса	36
3.3 Демонстрация работы программы	36
4 Исследовательская часть	39
4.1 Постановка исследования	39
4.2 Реализация запросов	40
4.3 Сравнение времени обработки	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	46

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

БД — база данных

СУБД — система управления базами данных

ВВЕДЕНИЕ

В XXI веке медицинское обслуживание является неотъемлемой частью жизни каждого человека. Несмотря на то, что большая часть населения России пользуется муниципальными учреждениями здравоохранения, лишь половина обратившихся остаётся удовлетворена качеством и скоростью полученной медицинской помощи (по данным Всероссийского центра изучения общественного мнения) [1].

Треть россиян посещает частные поликлиники [1], что приводит к накоплению огромных объёмов данных, связанных с медицинским обслуживанием пациентов. Эффективность использования работниками поликлиник влияет на качество оказываемой медицинской помощи. Таким образом, создание информационной системы для частных поликлиник является актуальной задачей на 2023 год.

Целью работы является разработка информационной системы для частных поликлиник. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- 1) провести анализ предметной области;
- 2) определить функционал, реализуемый информационной системой;
- 3) спроектировать и разработать базу данных в соответствии с поставленной задачей;
- 4) спроектировать и разработать приложение для работы с созданной базой данных;
- 5) исследовать зависимость времени обработки запроса от типа подключения к базе данных.

1 Аналитическая часть

В данном разделе проводится анализ предметной области, анализ способов хранения данных в приложении и выбор оптимального, а также формализация требований к разрабатываемой программе.

Для анализа предметной области рассматриваются основные функции и задачи поликлиники, а также минимальный штат поликлиники. Для более точного анализа способов хранения данных в приложении предлагается рассмотреть классификацию СУБД по двум характеристикам, модели хранения данных и по архитектуре организации данных.

1.1 Анализ предметной области

Поликлиникой будем называть многопрофильное лечебно-профилактическое учреждение, оказывающее медицинскую помощь населению на закрепленной территории на догоспитальном этапе.

Основными функциями и задачами поликлиники являются:

- оказание квалифицированной специализированной медицинской помощи населению непосредственно в поликлинике;
- оказание первой медицинской помощи при острых заболеваниях, травмах, отравлениях и других неотложных состояниях независимо от места проживания больного;
- своевременная госпитализация нуждающихся в стационарном лечении;
- экспертиза временной нетрудоспособности, освобождение больных от работы, направление на медико-социальную экспертизу лиц с признаками стойкой утраты трудоспособности;
- организация и проведение комплекса профилактических мероприятий, направленных на снижение заболеваемости, инвалидности и смертности среди населения, проживающего в районе обслуживания, а также среди работающих на прикрепленных предприятиях;

- организация и осуществление диспансеризации населения (здоровых и больных);
- организация и проведение мероприятий по санитарно-гигиеническому воспитанию населения, пропаганде здорового образа жизни.

Согласно рекомендации Минздрава России [2], в штате поликлиники должно быть не менее 50 человек, однако, в случае частной поликлиники, это количество может быть уменьшено до следующих позиций:

- 1) главный врач (1 должность);
- 2) врачи специалисты (минимум 2 должности);
- 3) уборщик (1 должность);
- 4) системный администратор (1 должность).

1.2 Анализ способов хранения данных в приложении

Рассмотрим понятия БД и СУБД и их основные функции, модели данных, а также способы классификации СУБД.

Классифицировать СУБД предлагается по модели хранения данных (до-реляционные, реляционные и постреляционные), а также по архитектуре организации хранения данных (файл-серверные, клиент-серверные, встраиваемые и сервисо-ориентированные).

Также необходимо выбрать тип СУБД, с использованием которой будет осуществляться дальнейшая разработка.

1.2.1 БД и СУБД

База данных, сокращённо БД (*англ.* DB — database) [3] — совокупность структурированных взаимосвязанных данных, относящихся к определённой предметной области и организованных таким образом, что эти данные могут быть использованы для решения многих задач многими пользователями.

Система управления базами данных, сокращённо СУБД (*англ.* DBMS — database management system) [3] — программная система, предназначенная для создания на ЭВМ общей базы данных для множества приложений, поддержания её в актуальном состоянии и обеспечения эффективного доступа пользова-

телей к содержащимся в ней данным в рамках предоставленных им полномочий.

Основными функциями СУБД являются:

- 1) управление данными во внешней памяти (обеспечение абстракции пользователя от организации данных);
- 2) управление данными во внутренней памяти (обеспечение работы с буферами оперативной памяти);
- 3) управление транзакциями (поддержка транзакций по принципу "всё или ничего" обеспечение их целостности);
- 4) журнализация (возможность восстановить состояние после сбоя);
- 5) поддержка языков БД (например, поддержка SQL).

1.2.2 Модели данных и способы классификации СУБД

Моделью данных (*англ.* data model) [4] называют абстракцию, которая, будучи приложима к конкретным данным, позволяет пользователям и разработчикам трактовать их уже как информацию, то есть сведения, содержащие не только данные, но и взаимосвязь между ними. На рисунке 1 приведена классификация моделей данных.

Рассмотрим, как можно классифицировать существующие СУБД по двум характеристикам: модели хранения данных и архитектуре организации хранения данных.

1.2.3 Модели хранения данных

По модели хранения данных выделяют следующие СУБД:

- 1) дореляционные (инвертированные списки, иерархические и сетевые СУБД)
- 2) реляционные;
- 3) постреляционные.

Системы, основанные на инвертированных списках (например, Datacom компании Applied Data Research, Inc.), поддерживают два типа операторов: прямые поисковые операторы (например, найти первую запись таблицы по некоторому пути доступа), а также операторы, находящие запись в терминах отно-

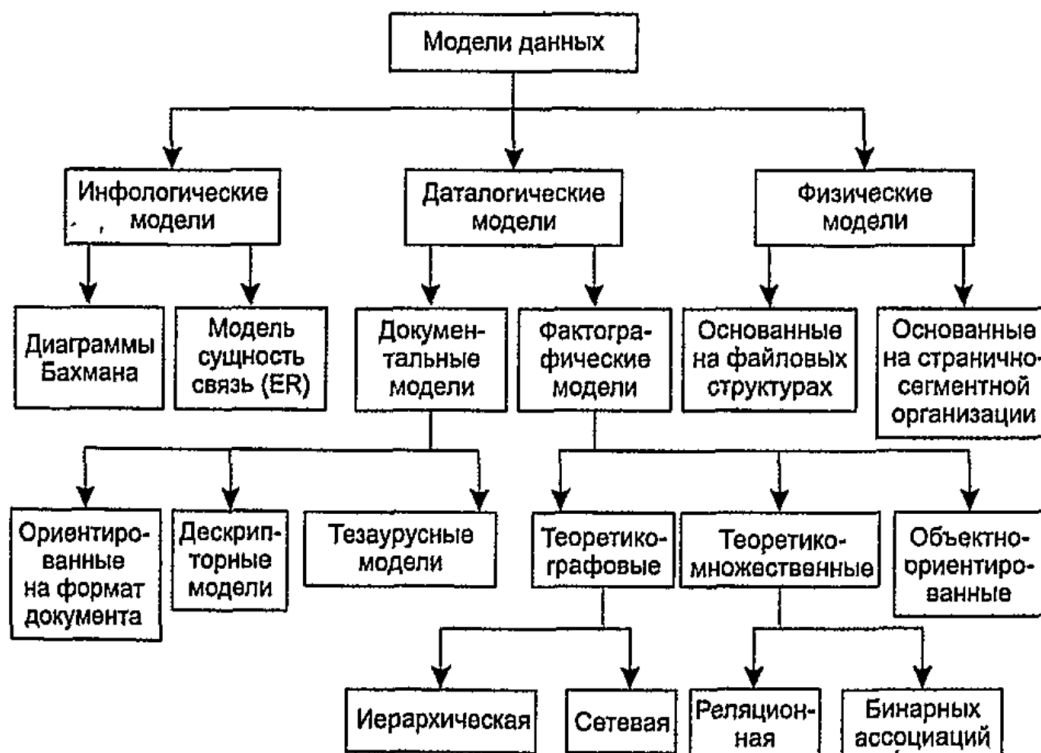


Рисунок 1 – Классификация моделей данных

сительной позиции от предыдущей записи. В таких СУБД отсутствуют общие правила определения целостности данных, а хранимые таблицы и пути доступа к ним видны всем пользователям,

Иерархические СУБД содержат упорядоченный набор деревьев, причём каждый тип дерева состоит из одной корневой записи и упорядоченного набора типов поддеревьев. Для базы данных определяется полный порядок обхода деревьев — например, сверху вниз и слева направо. Типичным представителем (наиболее известным и распространенным) является Information Management System (IMS) фирмы IBM.

Сетевые СУБД содержат наборы записей и связей между этими записями. Сети являются естественным способом представления отношений между объектами и всевозможными взаимосвязями между ними. Сетевая модель опирается на математическую структуру направленного графа — структуры, состоящей из узлов, соединённых направленными рёбрами (узлы представляют собой объекты в виде типов записей данных, а рёбра — связи между объектами).

К известным сетевым системам управления базами данных относятся: DBMS, IDMS, TOTAL, VISTA.

Реляционная модель данных (РМД) была предложена математиком Э.Ф. Коддом в 1970 г. РМД является наиболее широко распространенной моделью данных и единственной из трех основных моделей данных, для которой разработан теоретический базис с использованием теории множеств.

Основной структурой в РМД является отношение, вследствие чего и была называлась модель (от *англ.* relation — отношение). Представление отношения может быть осуществлено в виде таблицы, а управление данными, которые связывают отношения, обеспечивается при помощи SQL — декларативного языка структурированных запросов (*англ.* Structured Query Language), который основан на реляционной алгебре. Несмотря на наличие таких достоинств, как простота и популярность использования, реляционные СУБД имеют и недостатки, такие, как отсутствие специальных средств для отображения различных типов связей (например, ”многие ко многим”).

Примерами реляционных СУБД являются Oracle, Microsoft SQL Server, а также PostgreSQL.

1.2.4 Архитектуры организации хранения данных

По архитектуре организации хранения данных выделяют следующие СУБД:

- 1) файл-серверные;
- 2) клиент-серверные;
- 3) встраиваемые;
- 4) сервисно-ориентированные;
- 5) прочие (временные, пространственные, пространственно-временные).

При файл-серверной организации хранения данных система не имеет сетевого разделения компонентов диалога и использует файловую систему компьютера для отображения. Это облегчает нагрузку на центральный процессор (поскольку файл-сервер лишь извлекает данные из файлов), но добавляет на-

грузку на сеть, что является существенным недостатком таких систем. Примерами файл-серверных СУБД являются Microsoft Access и MySQL (до версии 5.0).

Клиент-серверные СУБД состоят из двух частей: клиентской части (которая включена в прикладную программу) и непосредственно сервера, являющегося внешней по отношению к клиенту программой. Преимущества данной системы:

- возможность по мере надобности заменить один сервер другим;
- обеспечение разграничения доступа между пользователями;
- снижение нагрузки на сеть и на клиентские машины.

Недостатком клиент-серверных СУБД является само существование сервера (это плохо для локальных программ) и количество вычислительных ресурсов, потребляемых сервером. Клиент-серверными СУБД являются, например, Oracle, Microsoft MySQL Server, PostgreSQL, а также MySQL (версии 5.0 и выше).

Встраиваемой СУБД называют СУБД, тесно связанную с прикладной программой и работающую на том же компьютере, не требуя профессионального администрирования. Благодаря непосредственной близости данных к прикладной области, встраиваемые СУБД применяются в программах, которые хранят большие объёмы данных, но в которых не требуется доступ с многих компьютеров. Встраиваемыми системами являются SQLite, Firebird Embedded, Microsoft SQL Server Compact.

1.2.5 Выбор типа СУБД

По модели хранения данных будет выбрана реляционная модель, поскольку её популярность и универсальность (согласно списку самых популярных СУБД на декабрь 2023 года, 4 самых популярных СУБД являются реляционными [5]) сделали её наиболее подходящей для использования в системах представления знаний, чем другие системы.

По архитектуре организации хранения данных будет выбрана

клиент-серверная СУБД, поскольку из предметной области следует требование к доступу к данным с многих компьютеров, а также достаточная скорость работы системы при малой нагрузке сети.

1.3 Группы пользователей

Выделим группы пользователей разрабатываемой системы, исходя из предметной области поставленной задачи.

Выделяется 4 типа пользователей: системный администратор, главный врач, врач и работник регистратуры. Предусмотрим набор возможностей для каждого типа пользователей.

Набор возможностей системного администратора:

- вход в систему;
- регистрация новых пользователей;
- настройка уровней доступа.

Набор возможностей главного врача:

- вход в систему;
- учёт пациента;
- учёт сотрудника;
- просмотр расписания врачей и кабинетов.

Набор возможностей врача:

- вход в систему;
- приём пациента;
- управление электронной медицинской картой пациента;
- просмотр расписания врачей и кабинетов.

Набор возможностей работника регистратуры:

- вход в систему;
- регистрация нового пациента;
- учёт пациента;
- просмотр расписания врачей и кабинетов.

Данные наборы возможностей сотрудников поликлиники можно объеди-

нить в диаграмму, приведённую на рисунке 2.



Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования для поставленной предметной области

1.4 Категории данных

Основываясь на анализе предметной области, можно выделить следующие категории данных:

- пользователь системы;
- пациент поликлиники;
- сотрудник поликлиники;
- должность в поликлинике;
- приём пациента;
- расписание;
- медицинская карта пациента;
- состояние пациента;
- договор с пациентом;
- паспорт;
- адрес.

Информация, соответствующая каждой категории, содержится в таблице 1.

Таблица 1 – Информация для выделенных категорий данных

Категория данных	Информация
Пользователь системы	логин, пароль, сотрудник, уровень доступа
Пациент поликлиники	паспорт, адрес, телефон, домашний телефон, почта
Сотрудник поликлиники	паспорт, должность, дата наёма, дата увольнения
Должность в поликлиники	название должности, зарплата
Приём пациента	врач, пациент, дата, динамика состояния, назначение, примечание, состояние
Расписание	сотрудник, день недели, кабинет, время начала работы, время окончания работы
Медицинская карта пациента	паспорт, договор, дата постановки на учёт
Состояние пациента	общее состояние, рост, вес, пульс, давление, температура, прочее
Договор с пациентом	номер договора, пациент, дата заключения, дата окончания, дата обновления
Паспорт	фамилия, имя, отчество, дата рождения, пол, серия, номер, дата выдачи, место выдачи
Адрес	страна, город, улица, дом, этаж, квартира

1.5 Формализация задачи

При помощи диаграммы сущность-связь (*англ.* entity-relation diagram) можно выделить ключевые сущности, их атрибуты, а также типы и род связей между этими сущностями. На основе данных связей позже будет построена диаграмма базы данных, поскольку связи между сущностями позволяют точнее определить связи между объектами базы данных. Диаграмма сущность-связь для поставленной предметной области приведена на рисунке 3.

Вывод

В данном разделе был проведён анализ предметной области (информационные системы для частных поликлиник), а также проведён анализ существующих СУБД. Как СУБД, при помощи которой будет решаться поставленная задача, была выбрана реляционная клиент-серверная СУБД. Были приведены диаграммы сценариев использования информационной системы, проанализированы категории данных, приведена диаграмма сущность-связь, поясняющая суть связей между выделенными сущностями, соответствующими категориям данных.

2 Конструкторская часть

В данном разделе рассматривается спроектированная база данных, соответствующая выбранной в аналитической части СУБД, приводится диаграмма базы данных, рассматриваются сценарии создания таблиц БД и основные используемые паттерны проектирования.

Для таблиц необходимо описать информацию о столбцах (типы данных, ограничения, значения), а также описать связь между описанными таблицами при помощи диаграммы базы данных.

На основе используемых паттернов проектирования и информации о типе базы данных необходимо построить диаграмму классов приложения, на которой будут выделены основные классы и интерфейсы, а также их методы.

2.1 Диаграмма базы данных

По полученным выше таблицам, отображающим свойства столбцов таблиц базы данных, построим диаграмму базы данных (*англ. database schema*) при помощи языка разметки баз данных (*англ. Database Markup Language, DML*), предназначенного для представления данных и информации о таблицах, взятых из реляционной базы данных,

Диаграмма базы данных для поставленной задачи отображена на рисунке 4.

2.2 Таблицы БД

Для выделенных в аналитической части категорий данных и соответствующей им информации, приведённой в таблице 1, база данных должна содержать следующие таблицы:

- пациенты поликлиники — patients;
- сотрудники поликлиники — staff;
- должности в поликлинике — posts;
- приёмы пациентов — sessions;
- расписания — schedules;

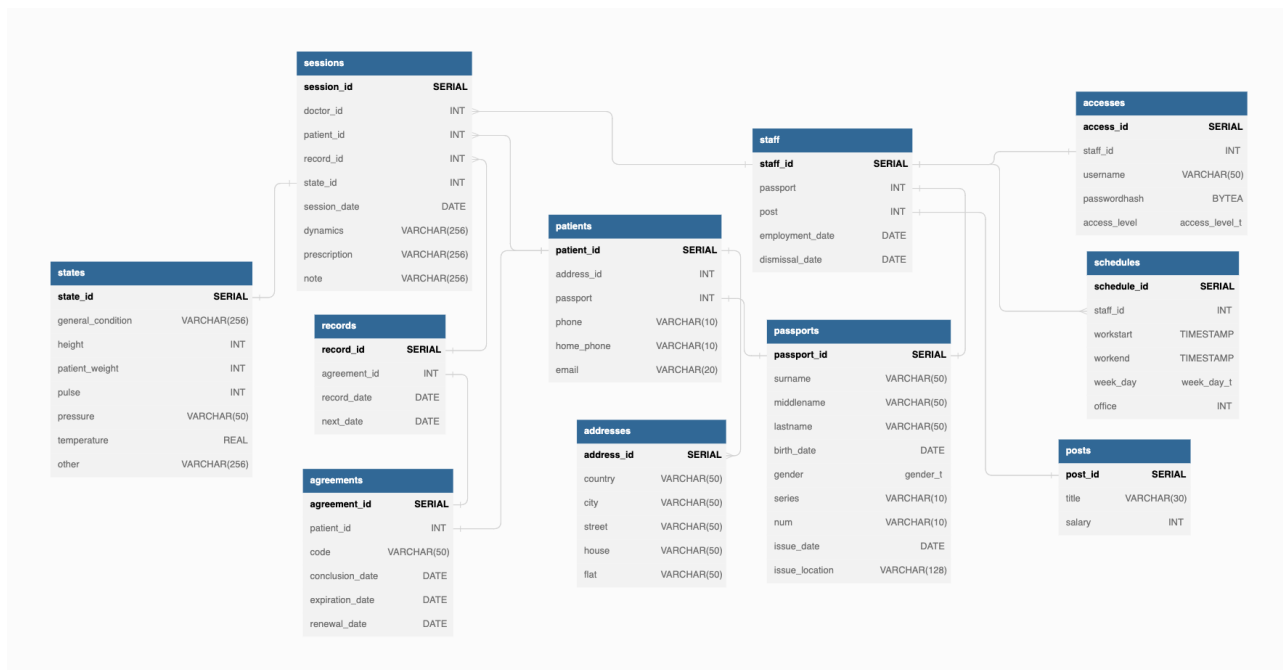


Рисунок 4 – Диаграмма базы данных для поставленной задачи

- медицинские карты пациентов — records;
- состояния пациентов — states;
- договоры с пациентами — agreements;
- паспорта — passports;
- доступы — accesses;
- адреса — addresses.

Используя знания о выбранной СУБД (PostgreSQL) и приведённую на рисунке 3 диаграмму сущность-связь, определим для каждой из перечисленных выше таблиц столбцы, их типы и ограничения, в таблицах 2 – 10.

Таблица 2 – Информация о столбцах таблицы пациентов поликлиники

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
patient_id	SERIAL	NOT NULL, PRIMARY KEY	ID пациента
address_id	INT	NOT NULL, FOREIGN KEY	ID адреса
passport	INT	NOT NULL, FOREIGN KEY	ID паспорта
phone	VARCHAR(10)	NOT NULL	Номер телефона
home_phone	VARCHAR(10)	—	Домашний номер телефона
email	VARCHAR(20)	—	Адрес электронной почты

Таблица 3 – Информация о столбцах таблицы сотрудников поликлиники

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
staff_id	SERIAL	NOT NULL, PRIMARY KEY	ID сотрудника
passport	INT	NOT NULL, FOREIGN KEY	ID паспорта
post	INT	NOT NULL, FOREIGN KEY	ID должности
employment_date	DATE	NOT NULL	Дата наёма
dismissal_date	DATE	—	Дата увольнения

Таблица 4 – Информация о столбцах таблицы должностей в поликлинике

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
post_id	SERIAL	NOT NULL, PRIMARY KEY	ID должности
title	VARCHAR(30)	NOT NULL	Название должности
salary	INT	NOT NULL	Зарплата

Таблица 5 – Информация о столбцах таблицы приёмов пациентов

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
session_id	SERIAL	NOT NULL, PRIMARY KEY	ID приёма
doctor_id	INT	NOT NULL, FOREIGN KEY	ID принимающего врача
patient_id	INT	NOT NULL, FOREIGN KEY	ID пациента
record_id	INT	NOT NULL, FOREIGN KEY	ID медицинской карты
state_id	INT	NOT NULL, FOREIGN KEY	ID состояния
session_date	DATE	—	Дата приёма
dynamics	VARCHAR(256)	—	Динамика состояния
prescription	VARCHAR(256)	—	Назначение
note	VARCHAR(256)	—	Примечание

Таблица 6 – Информация о столбцах таблицы расписаний

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
schedule_id	SERIAL	NOT NULL, PRIMARY KEY	ID расписания
staff_id	INT	NOT NULL, FOREIGN KEY	ID сотрудника
workstart	TIMESTAMP	NOT NULL	Дата начала работы
workend	TIMESTAMP	NOT NULL	Дата окончания работы
week_day	week_day_t	NOT NULL	День недели
office	INT	—	Кабинет

Таблица 7 – Информация о столбцах таблицы медицинских карт пациентов

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
record_id	SERIAL	NOT NULL, PRIMARY KEY	ID мед. карты
agreement_id	INT	NOT NULL	ID договора
registration_date	DATE	NOT NULL	Дата постановки на учёт

Таблица 8 – Информация о столбцах таблицы состояний пациентов

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
state_id	SERIAL	NOT NULL, PRIMARY KEY	ID состояния
general_condition	VARCHAR(256)	—	Общее состояние
height	INT	—	Рост пациента, см
patient_weight	INT	—	Вес пациента, кг
pulse	INT	—	Частота пульса в минуту
pressure	VARCHAR(50)	—	Артериальное давление
temperature	REAL	—	Температура, градусы Цельсия
other	VARCHAR(256)	—	Прочее

Таблица 9 – Информация о столбцах таблицы договоров

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
agreement_id	SERIAL	NOT NULL, PRIMARY KEY	ID договора
patient_id	SERIAL	NOT NULL, FOREIGN KEY	ID пациента
code	VARCHAR(50)	NOT NULL	Номер договора
conclusion_date	DATE	NOT NULL	Дата заключения договора
expiration_date	DATE	NOT NULL	Дата окончания договора
renewal_date	DATE	NOT NULL	Дата обновления договора

Таблица 10 – Информация о столбцах таблицы адресов

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
address_id	SERIAL	NOT NULL, PRIMARY KEY	ID адреса
country	VARCHAR(50)	NOT NULL	Страна
city	VARCHAR(50)	NOT NULL	Город
street	VARCHAR(50)	NOT NULL	Улица
house	VARCHAR(50)	NOT NULL	Дом
flat	VARCHAR(50)	—	Квартира

Таблица 11 – Информация о столбцах таблицы паспортов

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
passport_id	SERIAL	NOT NULL, PRIMARY KEY	ID паспорта
surname	VARCHAR(50)	NOT NULL	Фамилия
middlename	VARCHAR(50)	NOT NULL	Имя
lastname	VARCHAR(50)	—	Отчество
birth_date	DATE	NOT NULL	Дата рождения
gender	gender_t	NOT NULL	Пол
series	VARCHAR(10)	NOT NULL	Серия
num	VARCHAR(10)	NOT NULL	Номер
issue_date	DATE	NOT NULL	Дата выдачи
issue_location	VARCHAR(128)	NOT NULL	Место выдачи

Таблица 12 – Информация о столбцах таблицы доступов

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
access_id	SERIAL	NOT NULL, PRIMARY KEY	ID доступов
staff_id	INT	NOT NULL, FOREIGN KEY	ID сотрудника
username	VARCHAR(50)	NOT NULL	Логин
passwordhash	BYTEA	NOT NULL	Хэш пароля
access_level	access_level_t	NOT NULL	Уровень доступа

Создание пользовательских типов данных, а также таблиц и ограничений для них будет приведено в технологической части.

2.3 Описание ролей и доступов

В соответствии с диаграммой вариантов использования, для использования базы предлагается создать 4 роли: администратор, врач, главный врач и сотрудник регистратуры. Администратор будет иметь доступы ко всем таблицам и действиям с ним. Главный врач будет иметь доступы ко всем таблицам, кроме таблицы доступов. Врач будет иметь доступ на все действия для таблиц записей, состояний и приёмов, доступы на чтение для таблиц пациентов и других врачей, а также доступ на чтение и обновление для таблицы расписаний. Сотрудник регистратуры будет иметь доступы на все действия для таблиц приёмов, расписаний, пациентов и паспортов, а также доступы на чтение в таблицы сотрудников и медицинских карт.

2.4 Описание организации целостности

Таблица 13 – Информация об организации целостности таблиц

Таблица	Столбец	Таблица	Столбец	Тип связи
states	state_id	sessions	state_id	1 — 1
records	record_id	sessions	record_id	1 — N
records	agreement_id	agreements	agreement_id	1 — 1
patients	patient_id	sessions	patient_id	1 — N
patients	patient_id	agreements	patient_id	1 — 1
patients	patient_id	addresses	address_id	1 — 1
patients	passport	passports	passport_id	1 — 1
staff	staff_id	sessions	session_id	1 — N
staff	staff_id	accesses	access_id	1 — 1
staff	staff_id	schedules	staff_id	1 — N
staff	passport	passports	passport_id	1 — 1
staff	post	posts	post_id	1 — 1

Вывод

В данном разделе была рассмотрена спроектированная база данных, соответствующая выбранной в аналитической части СУБД, приведена диаграмма базы данных, а также рассмотрены сценарии создания таблиц БД и ролевой модели для управления доступом к таблицам.

3 Технологическая часть

В данном разделе рассмотрены средства разработки программного обеспечения, приведены детали реализации и листинги исходных кодов, описан интерфейс разработанной программы и приведена демонстрация работы.

Приведённые листинги исходных кодов включают в себя создание таблиц и ограничений, создание ролевой модели и функции управления доступами (на основе приведённой выше диаграммы вариантов использования).

3.1 Средства реализации

Как основное средство реализации и разработки ПО был выбран язык программирования TypeScript [10]. Причиной выбора данного языка является тот факт, что он компилируется в JavaScript [11], что делает его также кроссплатформенным и позволяет использовать библиотеки, написанные для JavaScript. Наличие типизации позволяет транслятору получать более эффективный код, чем для JavaScript, вследствие чего производительность TypeScript является предпочтительнее при написании сервера [12].

В качестве СУБД будет выбрана PostgreSQL [16], поскольку она является системой с открытым исходным кодом, одновременно имея большую пользовательскую базу (является четвёртой по популярности СУБД, становится более популярной [5], в то время как Oracle не только является проприетарной системой, но и не действует на территории РФ.

Для запуска написанного сервера была использована библиотека Node.js [13] для языка JavaScript, которая предоставляет асинхронное окружение, что позволяет избавиться от синхронности и разрабатывать более производительные приложения.

Для обработки HTTP запросов была использована библиотека Fastify [14], которая была выбрана из-за своего превосходства в скорости обработки соединений по сравнению с другими библиотеками (Koa, Express, Restify, Hapi) [15]. Для доступа к СУБД, реализованной при помощи PostgreSQL, была использо-

вана библиотека pg-promise [17], предоставляющая интерфейс для взаимодействия с базой данных.

Для реализации графического интерфейса API была использована библиотека FastAPI [18], позволяющая быстро создать рабочий интерфейс для созданного API (вместе с документацией). Средой разработки послужил графический редактор Visual Studio Code [19], который известен содержанием большого количества плагинов, ускоряющих процесс разработки программы.

3.1.1 Создание таблиц и ограничений

Скрипт создания пользовательских типов данных приведён на листинге 1.

Листинг 1 – Определение пользовательских типов данных

```
1 CREATE TYPE week_day_t as ENUM('Sunday', 'Monday', 'Tuesday',  
2     'Wednesday', 'Thursday', 'Friday', 'Saturday');  
3  
4 CREATE TYPE gender_t as ENUM('Male', 'Female', 'Other');  
5  
6 CREATE TYPE access_level_t as ENUM('admin', 'chief', 'doctor',  
7     'registry');
```

На листинге 2 приведён пример скрипта создания таблицы пациентов (скрипты для создания остальных таблиц были созданы аналогично).

Листинг 2 – Создание таблицы пациентов

```
1 CREATE TABLE patients (  
2     patient_id SERIAL NOT NULL PRIMARY KEY,  
3     address_id INT NOT NULL,  
4     passport INT NOT NULL,  
5     phone VARCHAR(10) NOT NULL,  
6     home_phone VARCHAR(10) ,  
7     email VARCHAR(20)  
8 );
```

Также в созданные таблицы необходимо добавить ограничения. На листинге 3 приведён пример запроса, создающего ограничение для таблицы пациентов (для остальных таблиц команды аналогичны).

Листинг 3 – Создание ограничений для таблицы пациентов

```
1 ALTER TABLE patients ADD CONSTRAINT addr_constraint  
2     FOREIGN KEY (address_id) REFERENCES addresses(address_id)  
3     ON DELETE CASCADE;
```

3.1.2 Создание ролевой модели и управление доступами

На основе приведённой выше диаграммы вариантов использования создадим роли и распределим доступы к таблицам.

Листинг 4 – Создание ролей

```
1 CREATE ROLE admin;  
2 CREATE ROLE chief;  
3 CREATE ROLE doctor;  
4 CREATE ROLE registry;
```

Листинг 5 – Распределение доступов между ролями (часть 1)

```
1 GRANT all ON all tables IN SCHEMA public TO admin;  
2  
3 GRANT all ON sessions TO chief;  
4 GRANT all ON staff TO chief;  
5 GRANT all ON states TO chief;  
6 GRANT all ON posts TO chief;  
7 GRANT all ON patients TO chief;  
8 GRANT all ON passports TO chief;  
9 GRANT all ON agreements TO chief;  
10 GRANT all ON addresses TO chief;  
11 GRANT all ON records TO chief;  
12 GRANT all ON schedules TO chief;  
13 GRANT all ON sessions TO doctor;  
14 GRANT all ON records TO doctor;  
15 GRANT all ON states TO doctor;  
16 GRANT select ON patients TO doctor;  
17 GRANT select ON staff TO doctor;  
18 GRANT select, update ON schedules TO doctor;
```


Листинг 6 – Распределение доступов между ролями (часть 2)

```
1 GRANT all ON records TO registry;  
2 GRANT all ON schedules TO registry;  
3 GRANT all ON patients TO registry;  
4 GRANT all ON passports TO registry;  
5 GRANT select ON posts TO registry;  
6 GRANT select ON staff TO registry;
```

Для управления доступами для конкретных соединений была использована технология политики RLS (*англ.* Row Level Security Policies) и процедура, приведённая на листингах 7 – 8.

Листинг 7 – Управление доступами при помощи RLS (часть 1)

```
1 ALTER TABLE accesses  
2     ENABLE ROW LEVEL SECURITY;  
3 CREATE VIEW session AS  
4 SELECT current_setting('app.user_uuid')::int AS user_uuid;  
5  
6 GRANT all ON session TO admin, chief, doctor, registry;  
7  
8 CREATE POLICY users_select  
9     ON accesses  
10    FOR SELECT  
11    USING (true);
```

Листинг 8 – Управление доступами при помощи RLS (часть 2)

```
1  CREATE POLICY users_update
2      ON accesses
3      FOR UPDATE
4      TO doctor, chief, registry
5      USING (access_id = (select user_uuid from session));
6
7  CREATE POLICY users_update_admin
8      ON accesses
9      FOR UPDATE
10     TO admin
11     USING (true);
12
13  CREATE POLICY users_delete_admin
14     ON accesses
15     FOR DELETE
16     TO admin
17     USING (true);
18
19  CREATE OR REPLACE PROCEDURE before_each_query(IN user_uuid int)
20     LANGUAGE plpgsql
21  AS
22  $$
23  DECLARE
24     role_name regrole;
25  BEGIN
26     role_name = (SELECT role FROM users WHERE
27                 accesses.access_id = user_uuid)::regrole;
28     execute format('SET role %I', role_name);
29     execute format('SET app.user_uuid = %L', user_uuid);
30  END;
31  $$;
```

3.2 Описание интерфейса

В основной части страницы находятся методы API, а также их особенности (тип метода, адрес метода, структура, которую метод использует). Часть таких методов приведена на рисунке 5).

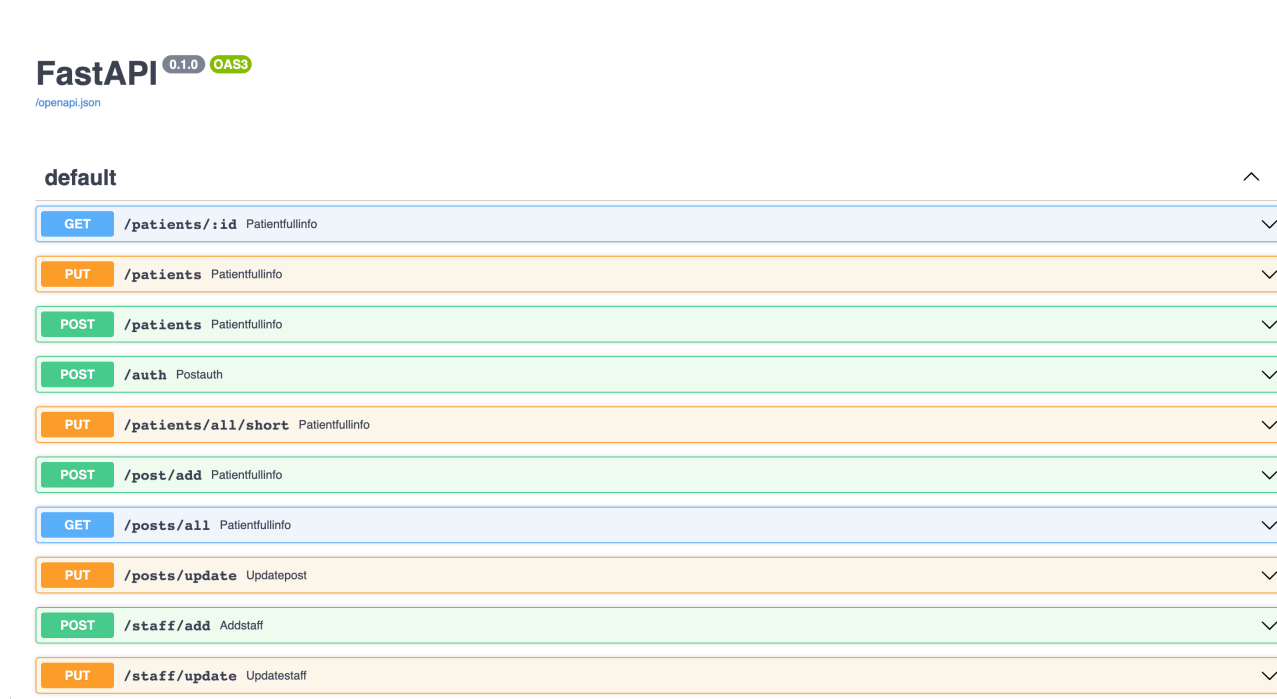


Рисунок 5 – Интерфейс программы: методы API

По нажатию на элемент каждого метода появляется подробное описание: какие данные метод принимает на вход, какие параметры являются обязательными, а какие опциональными, структуры какого вида возвращает и в каком виде, что возвращает в случае ошибки (рисунок 6).

3.3 Демонстрация работы программы

На рисунках 7 – 8 продемонстрирована работа программы на примере осуществления запроса для получения списка пациентов. Созданный интерфейс позволяет не только просматривать методы API, как было показано выше, но и осуществлять отправку конкретных запросов. При этом имеется возможность посмотреть результат запроса (его статус и заголовки, присланные данные), его адрес, а также получить команды для отправления эквивалентного запроса из командной строки.

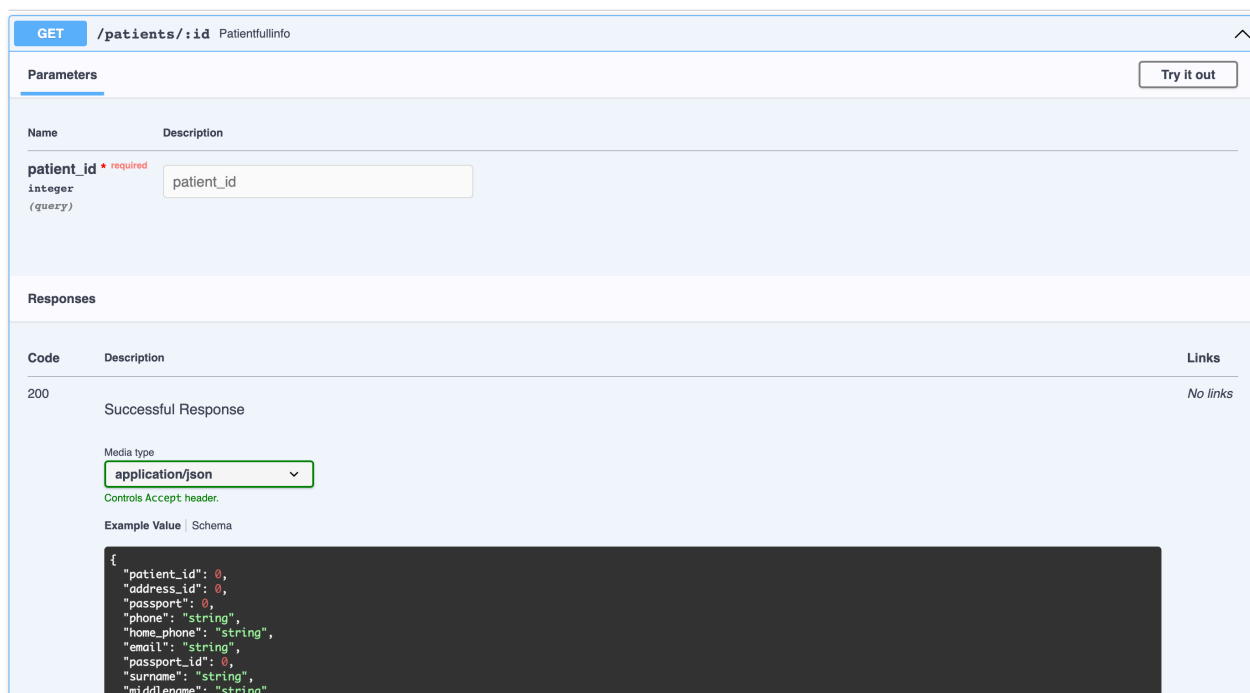


Рисунок 6 – Интерфейс программы: подробное описание метода API

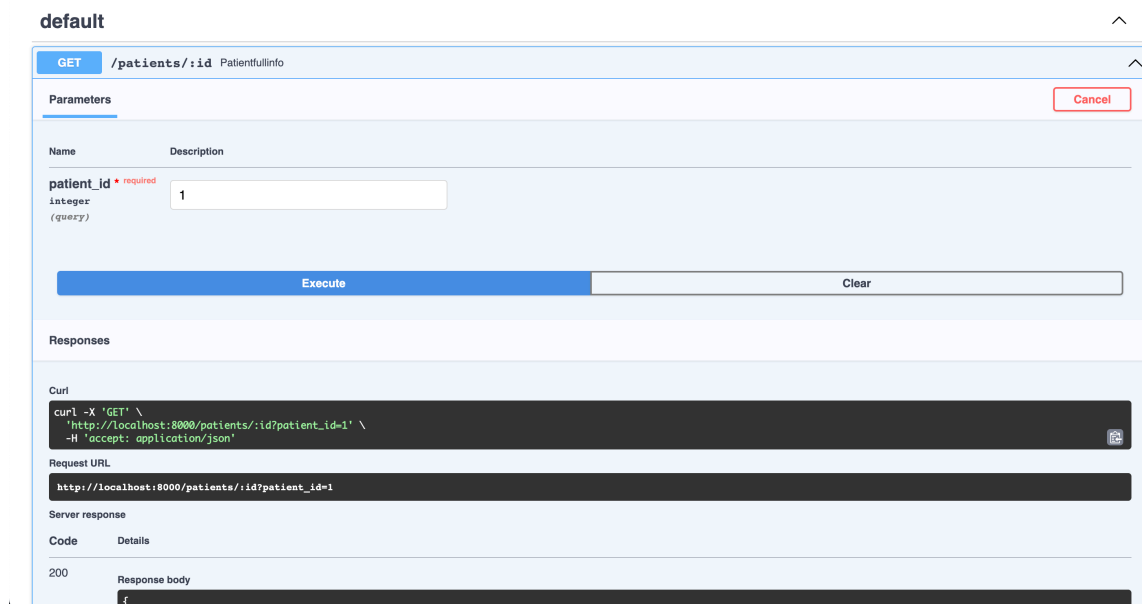


Рисунок 7 – Демонстрация работы программы (часть 1)

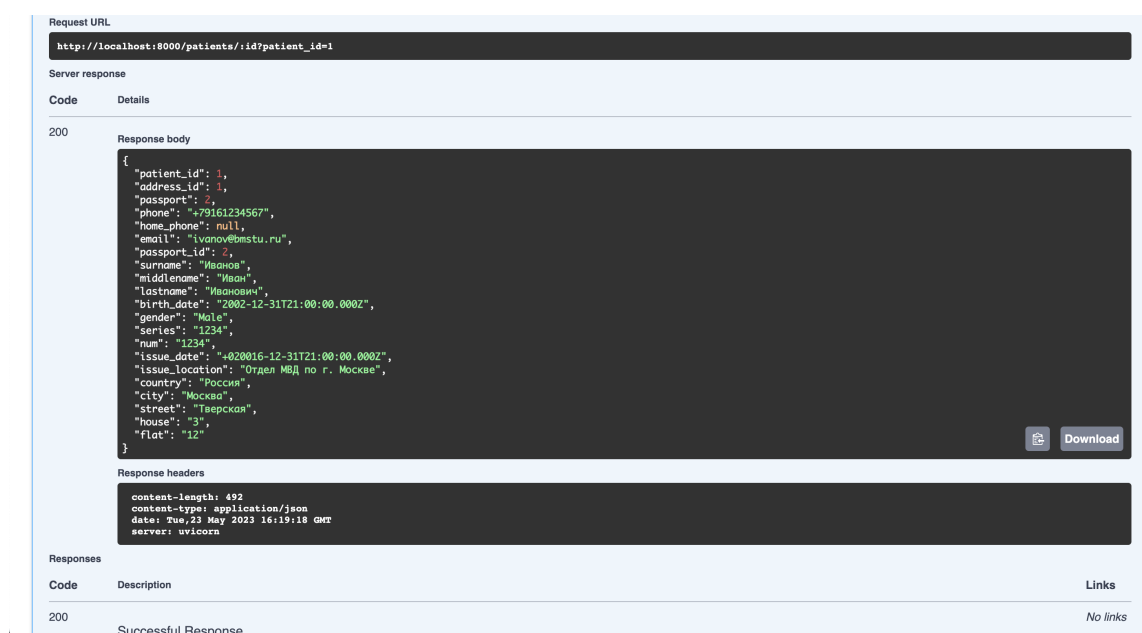


Рисунок 8 – Демонстрация работы программы (часть 2)

Вывод

В данном разделе были рассмотрены средства реализации ПО, приведены примеры листинги скриптов создания таблиц и ограничений. Был описан интерфейс разработанной программы, а также приведена демонстрация работы на примере запроса для получения списка пациентов.

4 Исследовательская часть

В данном разделе будут приведены примеры работы разработанной программы и проведён анализ времени выполнения INSERT-запросов с использованием: чистого SQL, ORM (Object-Relational Mapping) и Query Builder. Результаты исследования позволят точнее определять основные требования к базе данных при её выборе для проектирования системы, тем самым облегчая процесс выбора наиболее подходящей для конкретной задачи СУБД.

4.1 Постановка исследования

Целью исследование является сравнение времени обработки запроса, выполненного при помощи чистого SQL, ORM и Query Builder. Для запросов, выполненных при помощи ORM и Query Builder необходимо дополнительно сравнить время, в течение которого выполняются SQL запросы.

Исследование было проведено с замером времени выполнения запроса, добавляющего нового сотрудника. Замеры времени были осуществлены 500 раз (изолированных друг от друга) для увеличения точности. Было учтено кэширование буфера (очищен кэш перед проведением замеров), а также учтено влияние прогрева буферного кэша на результаты замеров (не учитывался первый запрос, во время которого происходит прогрев кэша).

Технические характеристики устройства, на котором выполнялось тестирование:

- Операционная система: macOS Ventura 13.2.1 (22D68) [20];
- Память: 16 Гб с тактовой частотой 2133 МГц LPDDR3 [21];
- Процессор: Intel Core™ i7-8559U [22] с тактовой частотой 2.70 ГГц;
- ORM: Prisma JS 5.8.1 [23].

Тестирование проводилось на ноутбуке, включенном в сеть электропитания. Во время тестирования ноутбук был нагружен только системой тестирования (работающим приложением) и системным окружением операционной системы.

4.2 Реализация запросов

На листингах 9 – 11 приведены реализации запросов на чистом SQL, при помощи ORM и при помощи Query Builder.

Листинг 9 – Реализация запроса на чистом SQL

```
1  INSERT INTO accesses (  
2      staff_id, username, passwordhash, access_level  
3  ) VALUES (1, 'user1', 'user1', 'doctor');
```

Листинг 10 – Реализация запроса при помощи ORM

```
1 private async postRequest(staffId: number, jsonData: string) {
2     const data = JSON.parse(jsonData);
3     const connName = uuidv4();
4     const connection = connectManager.connect(connName);
5     this.middleware.setRole(staffId, connection);
6     let result = false;
7     try {
8         const startTime = performance.now();
9         const access = await prisma.accesses.create({
10             data: {
11                 staff_id: data.staff.staff_id,
12                 username: data.username,
13                 passwordhash: Buffer.from(data.password),
14                 access_level: data.access_level
15                 as access_level_t,
16             }
17         });
18         logger.info(`2.2: ${performance.now() - startTime}`);
19         result = true;
20     } catch (e) {
21         logger.error(e);
22     }
23     connectManager.disconnect(connName);
24     return result;
25 }
```


Листинг 11 – Реализация запроса при помощи Query Builder

```
1 private async postRequest(staffId: number, jsonData: string) {
2     const data = JSON.parse(jsonData);
3     const connName = uuidv4();
4     const connection = connectManager.connect(connName);
5     this.middleware.setRole(staffId, connection);
6     let result = false;
7     try {
8         const startTime = performance.now();
9         await connection.tx(async (t: any) => {
10             await t.none({
11                 text: 'INSERT INTO accesses (staff_id,
12                     username,
13                     passwordhash,
14                     access_level)
15                 VALUES ($1, $2, $3, $4)',
16                 values: [data.staff.staff_id,
17                     data.username,
18                     data.password,
19                     data.access_level],
20             });
21         });
22         logger.info(`1.2: ${performance.now() - startTime}`);
23         result = true;
24     } catch (e) {
25         logger.error(e);
26     }
27     connectManager.disconnect(connName);
28     return result;
29 }
```

4.3 Сравнение времени обработки

Результаты измерений времени обработки запросов, выполненных при помощи чистого SQL, ORM и Query Builder, показаны на рисунке 9.

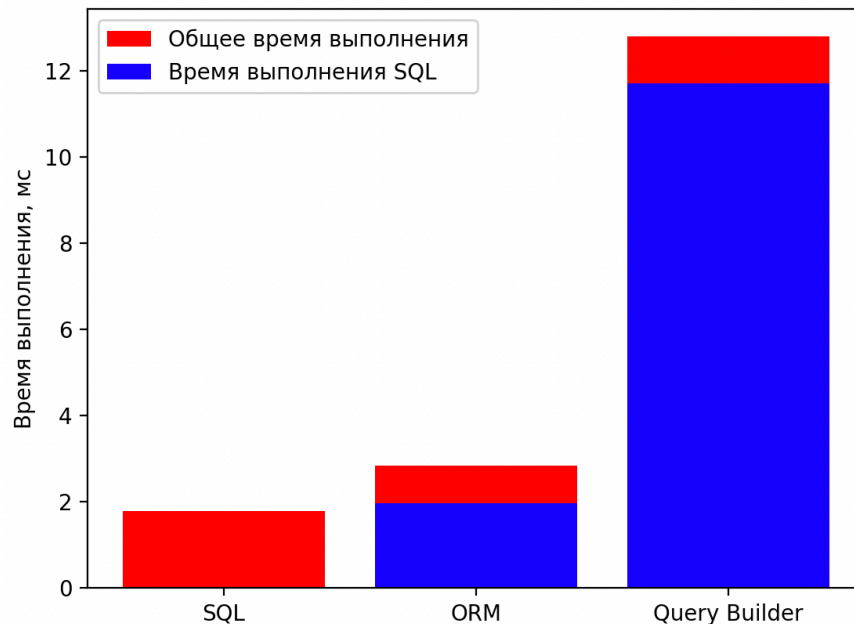


Рисунок 9 – Результаты замеров времени обработки запросов

Исходя из полученных результатов, выполнение запросов при помощи чистого SQL является наиболее быстрым способом (1.78 миллисекунды). Использование ORM является более эффективным, чем применение Query Builder (2.84 миллисекунды для ORM и 12.79 миллисекунды для Query Builder). При использовании ORM лишь 1.96 миллисекунды было затрачено на выполнение SQL, что лишь немного превышает время обработки запроса при помощи чистого SQL (разница составила 0.18 мс для ORM против 9.93 мс для Query Builder).

Вывод

В данном разделе был проведён анализ времени обработки запросов с использованием чистого SQL, ORM и Query Builder, из результатов следует, что использование чистого SQL является самым быстрым способом (1.78 мс), однако не намного превосходит время, затраченное на выполнение SQL при ис-

пользовании ORM (на 0.18 мс). Использование Query Builder занимает больше всего времени (12.79 мс).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения курсовой работы было разработано программное обеспечение, предназначенное для использования как информационная система для частных поликлиник.

Целью работы достигнута, были выполнены следующие задачи:

- 1) проведён анализ предметной области;
- 2) определён функционал, реализуемый информационной системой;
- 3) спроектирована и разработана базу данных в соответствии с поставленной задачей;
- 4) спроектировано и разработано приложение для работы с созданной базой данных;
- 5) исследована зависимость времени обработки запроса от типа подключения к базе данных.

Разработанная программа позволяет просматривать методы созданного API, их подробные характеристики, а также осуществлять запросы после ввода необходимых аргументов. Проведён анализ времени обработки запросов с использованием чистого SQL, ORM и Query Builder, из результатов следует, что использование чистого SQL является самым быстрым способом (1.78 мс), однако не намного превосходит время, затраченное на выполнение SQL при использовании ORM (на 0.18 мс). Использование Query Builder занимает больше всего времени (12.79 мс).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственная медицина: в погоне за качеством [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/gosudarstvennaja-medicina-v-pogone-za-kachestvom> (дата обращения: 14.04.2023).
2. Рекомендуемые штатные нормативы поликлиники [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://base.garant.ru/70195856/f52b32b623103013c77c8c319c288f45/> (дата обращения: 14.04.2023).
3. Карпова И. П., Введение в базы данных. Учебное пособие,. — Москва: Московский государственный институт электроники и математики (Технический университет), 2009.
4. Карпова Т. С., Базы данных: модели, разработка, реализация, — СПб.: Питер, 2001. –304 с..
5. DB-Engines, Complete Ranking — Knowledge Base of Relational and NoSQL Database Management Systems [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://db-engines.com/en/ranking> (дата обращения: 07.03.2024).
6. Мартин Р., Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения — СПб.: Питер, 2018. – 352 с..
7. Рыбальченко М. В., Архитектура информационных систем: учебное пособие. Ч.1. — Таганрог: Издательство ЮФУ, 2015. – 92 с.
8. ВКонтakte: итоги первого квартала 2022 года [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://vk.com/press/q1-2022-results> (дата обращения: 15.04.2023).

9. Дергачев А. М., Кореньков Ю. Д., Логинов И. П., Сафронов А. Г., Технологии веб-сервисов. — СПб.: Университет ИТМО, 2021. — 100с..
10. TypeScript — official site [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.typescriptlang.org/> (дата обращения: 17.05.2023).
11. JavaScript — official site [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.javascript.com/> (дата обращения: 17.05.2023).
12. Typescript VS Javascript benchmarks [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://programming-language-benchmarks.vercel.app/typescript-vs-javascript> (дата обращения: 17.05.2023).
13. Node.js [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://nodejs.org/> (дата обращения: 17.05.2023).
14. Fastify — official site [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.fastify.io/> (дата обращения: 17.05.2023).
15. Fastify Benchmarks — official site [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://vk.cc/koz0VO> (дата обращения: 17.05.2023).
16. PostgreSQL — official site [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.postgresql.org/> (дата обращения: 17.05.2023).
17. pg-promise — Source Code [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://github.com/vitaly-t/pg-promise> (дата обращения: 17.05.2023).
18. FastAPI — official site [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://fastapi.tiangolo.com/lo/> (дата обращения: 17.05.2023).
19. Visual Studio Code — Code Editing. Redefined [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://code.visualstudio.com> (дата обращения: 17.05.2023).

20. macOS Ventura — official site [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.apple.com/macos/ventura/> (дата обращения: 17.05.2023).
21. LPDDR3 SDRAM Documentation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.micron.com/-/media/client/global/documents/products/data-sheet/dram/mobile-dram/low-power-dram/lpddr3/178b_8-16gb_2c0f_mobile_lpddr3.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
22. Процессор Intel Core™ i7-8559U [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ark.intel.com/content/www/ru/ru/ark/products/137979/intel-core-i78559u-processor-8m-cache-up-to-4-50-ghz.html> (дата обращения: 17.05.2023),
23. Prisma Next-generation Node.js and TypeScript ORM [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.prisma.io/> (дата обращения: 12.03.2024),

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Разработка информационной системы для частных поликлиник

Студент: Калашков Павел Александрович ИУ7-66Б
Научный руководитель: Кузнецова Ольга Владимировна

Москва, 2023 г.

Цель и задачи работы

Цель работы: разработка информационной системы для частных поликлиник.

Задачи работы:

- провести анализ предметной области;
- определить функционал, реализуемый информационной системой;
- спроектировать и разработать базу данных в соответствии с поставленной задачей;
- спроектировать и разработать приложение для работы с созданной базой данных;
- исследовать зависимость времени обработки запроса от количества полей в таблице.

Анализ функций и задач ПОЛИКЛИНИКИ

Функции и задачи информационной системы поликлиники:

- обслуживание пациентов (приём, учёт, регистрация пациента);
- учёт сотрудников (настройка уровней доступа, учёт должностей и расписаний);
- администрирование (использование информационной системы, регистрация новых пользователей).

Определение минимального штата поликлиники.

Пользователи системы

4 вида пользователей

- системный администратор;
- главный врач;
- врач;
- работник регистратуры.



Диаграмма базы данных

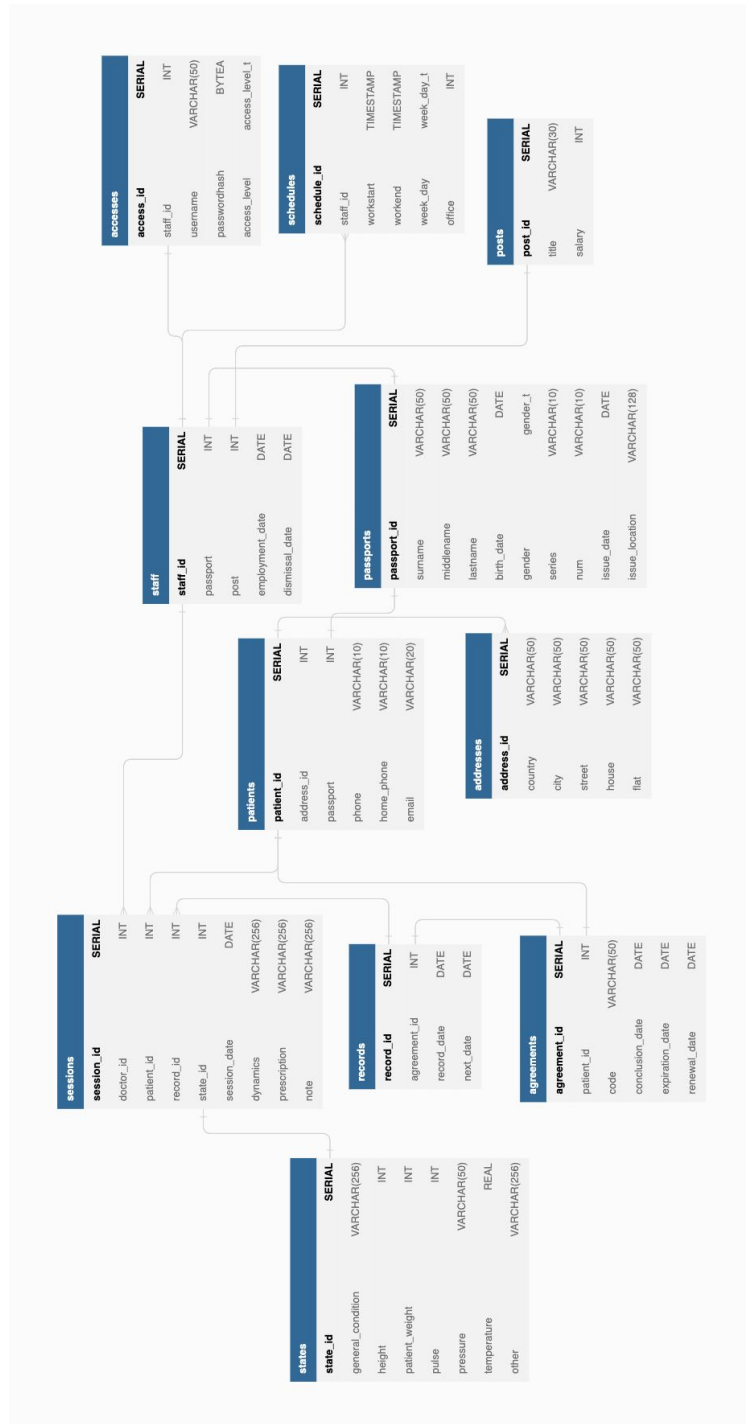
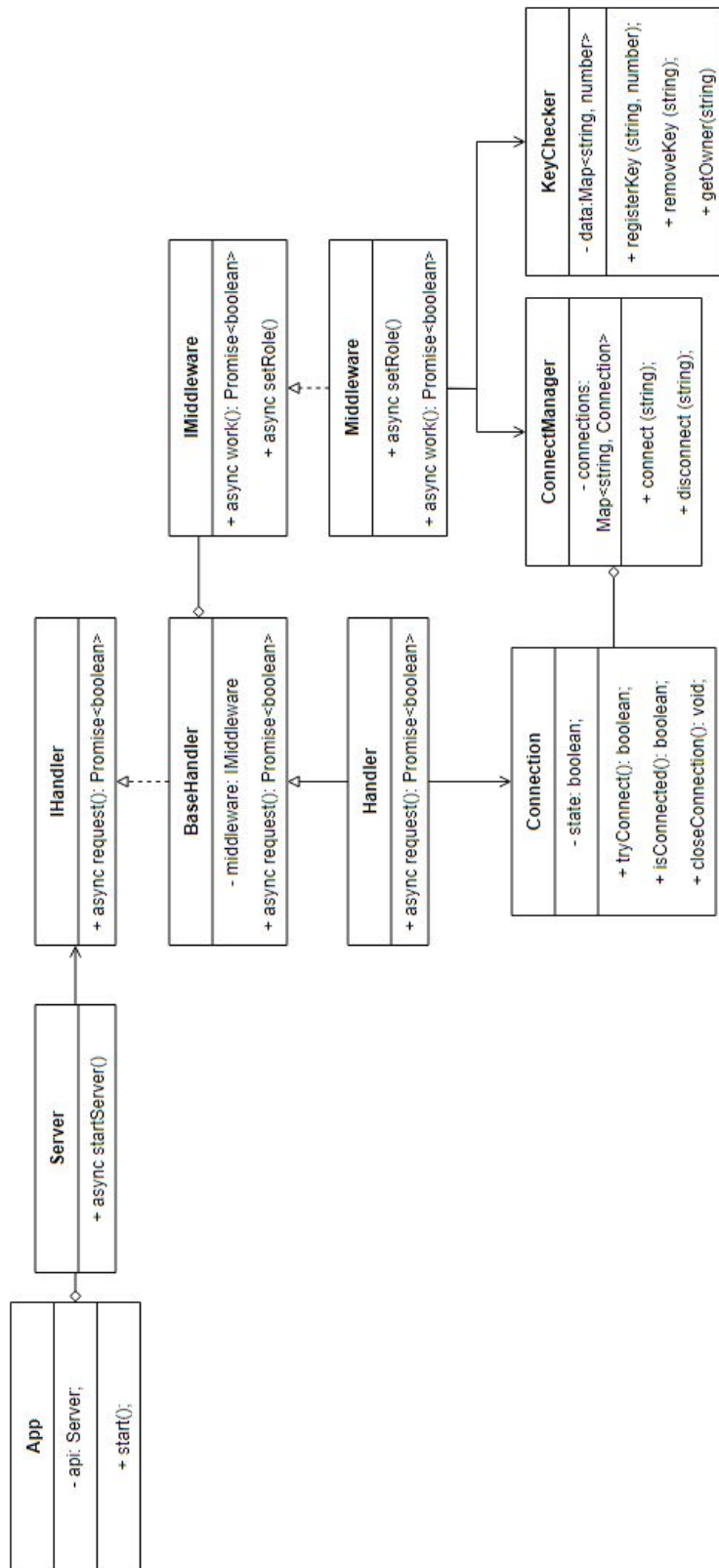


Диаграмма классов приложения



Средства реализации

Сервер: TypeScript, PostgreSQL, Fastify, pg-promise

Интерфейс: Python, FastAPI

Программный интерфейс

GET	/patients/:id	Patientfullinfo	>
PUT	/patients	Patientfullinfo	>
POST	/patients	Patientfullinfo	>
POST	/auth	Postauth	>
PUT	/patients/all/short	Patientfullinfo	>
POST	/post/add	Patientfullinfo	>
GET	/posts/all	Patientfullinfo	>
PUT	/posts/update	Updatepost	>
POST	/staff/add	Addstaff	>
PUT	/staff/update	Updatestaff	>

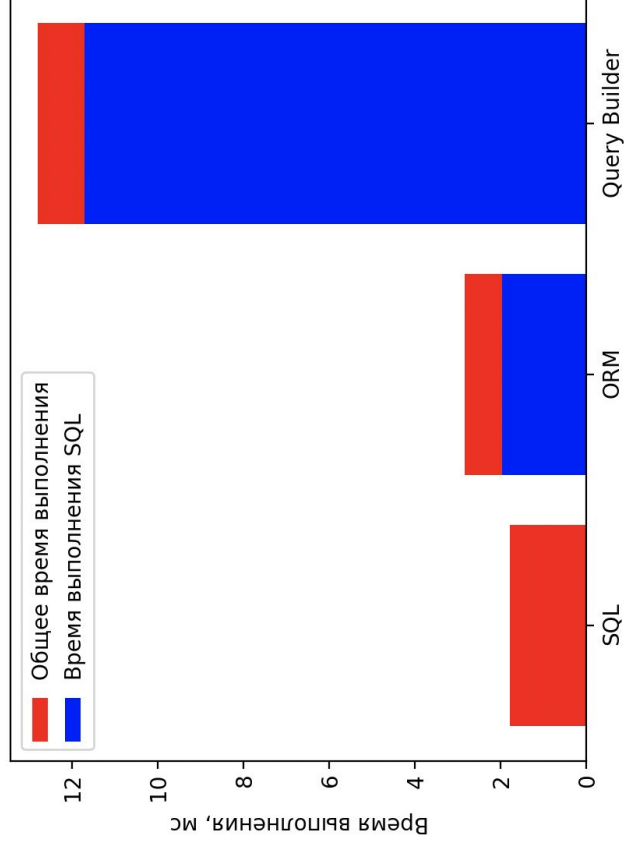
7

Пример работы программы

Request URL		http://localhost:8000/patients/id?patient_id=1	
Server response			
Code	Details		
200	<div><div>Response body</div><div><pre>{ "patient_id": 1, "address_id": 1, "passport": 2, "phone": "+79161234567", "home_phone": null, "email": "ivanov@instu.ru", "passport_id": 2, "surname": "Иванов", "middle_name": "Иван", "last_name": "Иванов", "birth_date": "2002-12-31T21:00:00.000Z", "gender": "Male", "series": "1234", "num": "1234", "issue_date": "2020016-12-31T21:00:00.000Z", "issue_location": "Орден МВЛ по г. Москва", "country": "Россия", "city": "Москва", "street": "Тверская", "house": "3", "flat": "12"}</pre></div><div><div>Response headers</div><div><pre>content-length: 492 content-type: application/json date: Tue,23 May 2023 16:19:18 GMT server: uvicorn</pre></div></div></div>		
Responses			
Code	Description		
200	Successful Response		
		Links	
		No links	

Время обработки запросов

Использование SQL является наиболее быстрым способом (на 0.18 мс превосходит ORM), Query Builder самым медленным.



Заключение

В рамках работы:

- проведён анализ предметной области;
- определён функционал, реализуемый информационной системой;
- спроектирована и разработана база данных;
- спроектировано и разработано приложение для работы с созданной базой данных;
- исследована зависимость времени обработки запроса от типа подключения к базе данных.

10