



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 ИУ «Информатика и системы управления»

КАФЕДРА ИУ-7 «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

НА ТЕМУ:

«Разработка базы данных для хранения и обработки для
антикафе»

Студент группы ИУ7-66Б

(Подпись, дата) **В. М. Мансуров**
(И.О. Фамилия)

Руководитель

(Подпись, дата) **Л. Л. Волкова**
(И.О. Фамилия)

2023 г.

РЕФЕРАТ

Расчетно-пояснительная записка 53 с., 15 рис., 14 лист., 19 ист., 1 прил.

БАЗА ДАННЫХ, PostgreSQL, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ, C#, РЕЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ.

Цель работы: проектирование и разработка программного обеспечения для хранения и обработки данных о антикафе.

В данной работе изучаются принципы работы с базами данных, разрабатывается и реализуется приложение бронирования зон антикафе. В качестве системы управления базами данных используется PostgreSQL, которая подключается к приложению, реализованному на языке программирования C# на платформе .Net 6.0.

Результаты: программный продукт, обеспечивающий взаимодействие с реляционной базой данных.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ	3
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
1 Аналитическая часть	8
1.1 Анализ предметной области	8
1.2 Анализ существующих решений	9
1.3 Формализация задачи	10
1.4 Формализация данных	11
1.5 Формализация ролей	13
1.6 Классификация БД по модели данных	14
2 Конструкторская часть	19
2.1 Описание сущностей базы данных	19
2.2 Ролевая модель	23
2.3 Используемые триггеры	24
2.4 Диаграмма классов приложения	25
3 Технологическая часть	27
3.1 Выбор СУБД	27
3.2 Выбор средств реализации	28
3.3 Создание базы данных	28
3.4 Интерфейс взаимодействия	37
3.5 Демонстрация работы	40
4 Исследовательская часть	42
4.1 Технические характеристики	42

4.2	Постановка задачи исследования	42
4.3	Сравнение времени обработки	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		49
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ		50
ПРИЛОЖЕНИЕ А		53

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В текущей расчетно-пояснительной записке применяются следующие сокращения и обозначения.

БД — база данных.

СУБД — система управления базами данных.

ПО — программное обеспечение.

ВВЕДЕНИЕ

С развитием культуры и сферы развлечений начало появляться всё больше различных мест, где можно хорошо и весело провести свободное время. Одними из таких стали антикафе. В связи с этим растет спрос на функциональные и удобные приложения для антикафе, которые помогали бы людям организовывать время проведения отдыха или развлечения.

Целью данного курсового проекта является проектирование и разработка программного обеспечения для хранения и обработки данных о антикафе.

Чтобы достигнуть поставленной цели, требуется решить следующие задачи:

- проанализировать варианты представления данных и выбрать подходящий вариант для решения задачи;
- проанализировать способы хранения данных и системы управления базами данных, выбрать подходящую систему для поставленной цели;
- спроектировать базу данных, описать ее сущности и связи;
- реализовать программное обеспечение, позволяющее взаимодействовать со спроектированной базой данных;
- провести исследования зависимости времени выполнения запроса от объема обрабатываемых данных.

1 Аналитическая часть

В данном разделе проводится анализ предметной области, описание антикафе, проводится классификация существующих СУБД, приведена формализация задачи и данных, проанализированы существующие решения. На основе анализа предметной области составляется список пользователей системы, а также создается диаграмма вариантов использования, а также диаграмма сущность-связь в нотации Чена.

На основе данных, которые будут храниться в системе выбирается модель базы данных. Представлен анализ способов хранения данных, а также произведен выбор наилучшего для решения поставленной задачи подхода к хранению данных.

1.1 Анализ предметной области

На протяжении всей своей жизни человек находится, развивается и живет в обществе, которое формирует ценности, стереотипы, и нормы поведения. Но также в жизни человека важную роль играет организация его досуга, свободного времени, которое освобождено от других видов деятельности [1].

Антикафе — заведение для реализации культурно-досуговой деятельности, в котором посетители обладают большой степенью свободы, чем кафе или рестораны, основной характеристикой которого является плата за проведенное время. Основная задача антикафе — предоставить гостям рабочую, творческую или развлекательную атмосферу. Целью посещения таких мест является не утоления голода как такового, а приятное времяпровождение, развлечение и посещение тематических мероприятий и т.п. Блюда и напитки могут быть бесплатными или же продаваться, но покупать их необязательно. Обычно антикафе состоят из одного большого зала или нескольких комнат, где люди свободно перемещаются и поэтому оно подразделяется на зоны:

- «Развитие» — пространство, где проводятся лекции, тренинги, курсы, интеллектуальные игры, мастер-классы и т.п.;
- «Работа» — пространство, где можно спокойно поработать, т.е. представляет из себя коворкинг;
- «Развлечение» — пространство под различные игры, концертов, кино и т.п.;
- «Творчество» — пространство для реализаций творческой деятельности.

Также в одной из комнат есть зона с угощениями, в которой гости могут взять печенье или сладости, а также налить себе кофе, чай [1].

1.2 Анализ существующих решений

Формат заведения антикафе уже существует около десятка лет поэтому в данной области существуют информационная системы с механизмами бронирования для таких заведений, но у них есть недостатки. Наиболее популярными являются:

- 1) Party Hard — один из наиболее известных сайт антикафе, который предоставляет возможность просмотра информации о зонах и оформление брони без аккаунта [2];
- 2) Bizone — сайт сеть антикафе, который предоставляет возможность просмотра информации зон, меню и оформление брони по звонку в антикафе [3];
- 3) SpeedRent — сайт бронирования развлекательных заведений, который предоставляет возможность просмотра информации о зонах и оформление брони в указанную дату и время [4].

Критерии, выделенные для сравнения существующих решений:

- 1) возможность иметь аккаунт;
- 2) меню — предоставления списка меню блюд пользователю;

- 3) бронирование — система оформления записи о закреплении зоны за клиентом на указанное время;
- 4) рейтинг — формирование оценки зоны по оставленным отзывам;

Таблица 1.1 – Категории и сведения о данных

Критерий	Party Hard	Bizone	SpeedRent
Возможность иметь аккаунт	нет	нет	есть
Меню	нет	есть	нет
Бронирование	бронировать можно, но не на указанное время, после оформления онлайн брони надо согласовывать время по звонку	бронирование по звонку	есть
Рейтинг	нет	нет	есть

Все вышеперечисленные существующие решения не предоставляют пользователю необходимый функционал для принятия решения выбора. Таким образом, отличием данной работы от существующих решений является удовлетворением всех выделенных критерий.

1.3 Формализация задачи

Необходимо спроектировать базу данных для хранения информации о пользователях, зонах, пакетах, инвентаре, меню, отзывах и бронях залов. Требуется разработать приложение, предоставляющее интерфейс для просмотра, добавления, изменения и удаления информации, хранящейся в базе данных. Необходимо реализовать три вида ролей — гость, авторизованный пользователь и администратор.

В рамках поставленной цели необходимо спроектировать и реализовать базу данных, содержащую информацию о зонах, меню, пользователях анти-

кафе и позволяющую изменить хранящейся в ней информации. Разработать механизм бронирования зон в антикафе.

1.4 Формализация данных

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

- пользователь;
- зона;
- бронь;
- отзыв;
- инвентарь;
- пакет;
- блюдо.

Сведения о каждой категории данных содержится в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Категории и сведения о данных

Категория	Сведения
Пользователь	ФИО, дата рождения, пол, телефон, email, пароль, права доступа, адрес,
Зона	Название, тип, размер в кв. м., рейтинг, ограничение на количество людей в зоне
Бронь	Пользователь, зона, пакет, дата бронирования, время начала и конца брони, количество людей, статус, дата и время создания брони, оплачена ли бронь, итоговая цена
Отзыв	Пользователь, зона, оценка, дата и время создания, комментарий
Инвентарь	Название, тип, дата выпуска, описание, списан ли инвентарь
Пакет	Название, тип, время проведение, стоимость, описание
Блюдо	Название, тип, цена, описание

На рисунке 1.1 приведена ER-диаграмма сущностей в нотации Чена.

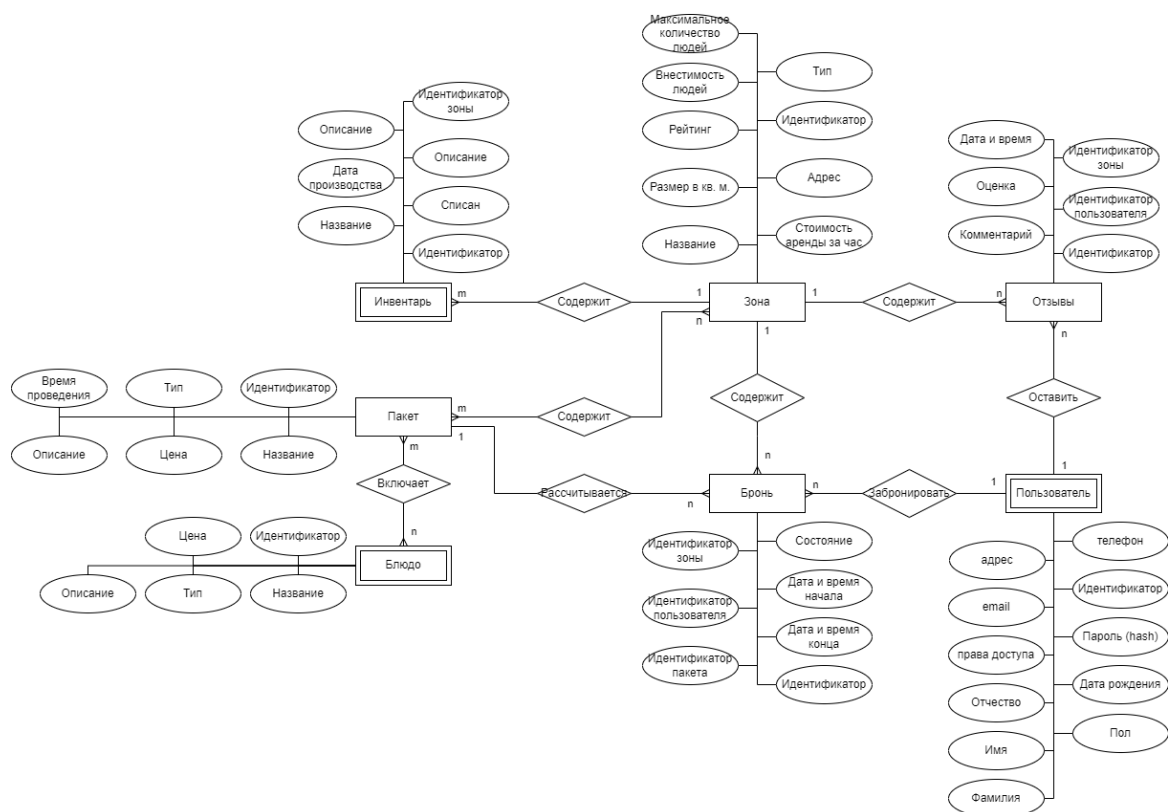


Рисунок 1.1 – ER-диаграмма сущностей

Для бронирования зоны антикафе пользователем необходимо разработать систему бронирования, которая основана на изменении статуса брони:

- изначально авторизованный пользователь выбирает дату и время брони, после чего должна создаваться бронь с статусом «временная бронь»;
- после заполнения всех необходимых данных для брони пользователь подтверждает бронь и статус брони меняется с «временной брони» на «забронировано»;
- пользователь может отменить бронь, что приводит к изменению статуса брони на «отменена»;
- если бронь в статусе «временная бронь» и время для бронирования истекает, то такая бронь удаляется из базы данных;
- если бронь в статусе «забронировано», то по истечению дата и времени конца брони она переводится в статус «выполнена».

На рисунке 1.2 приведена диаграмма состояний брони зоны.

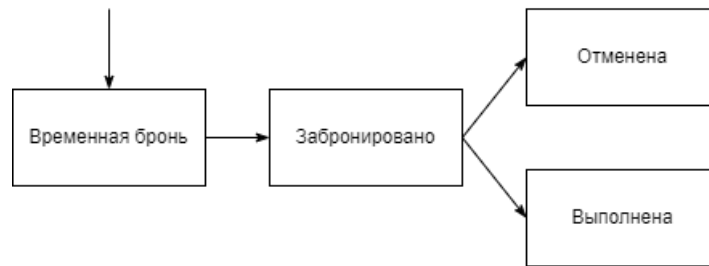


Рисунок 1.2 – Диаграмма состояний брони

1.5 Формализация ролей

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

В системе выделяются 3 типа пользователей:

- гость — неавторизованный пользователь, обладающий возможностями регистрироваться, входить в систему, просматривать данные зон, пакетов, блюд и отзывов;
- авторизованный пользователь обладает возможностью просматривать данные зон, пакетов, блюд, отзывов, бронировать зону и отменять бронь зоны, оставлять и удалять отзыв, просматривать созданные брони;
- администратор — авторизованный пользователь, обладающий возможностью просматривать, добавлять и менять данные зон, пакетов, инвентаря, блюд, отзывов, бронь и пользователей;

На рисунке 1.3 приведена Use-case диаграмма.

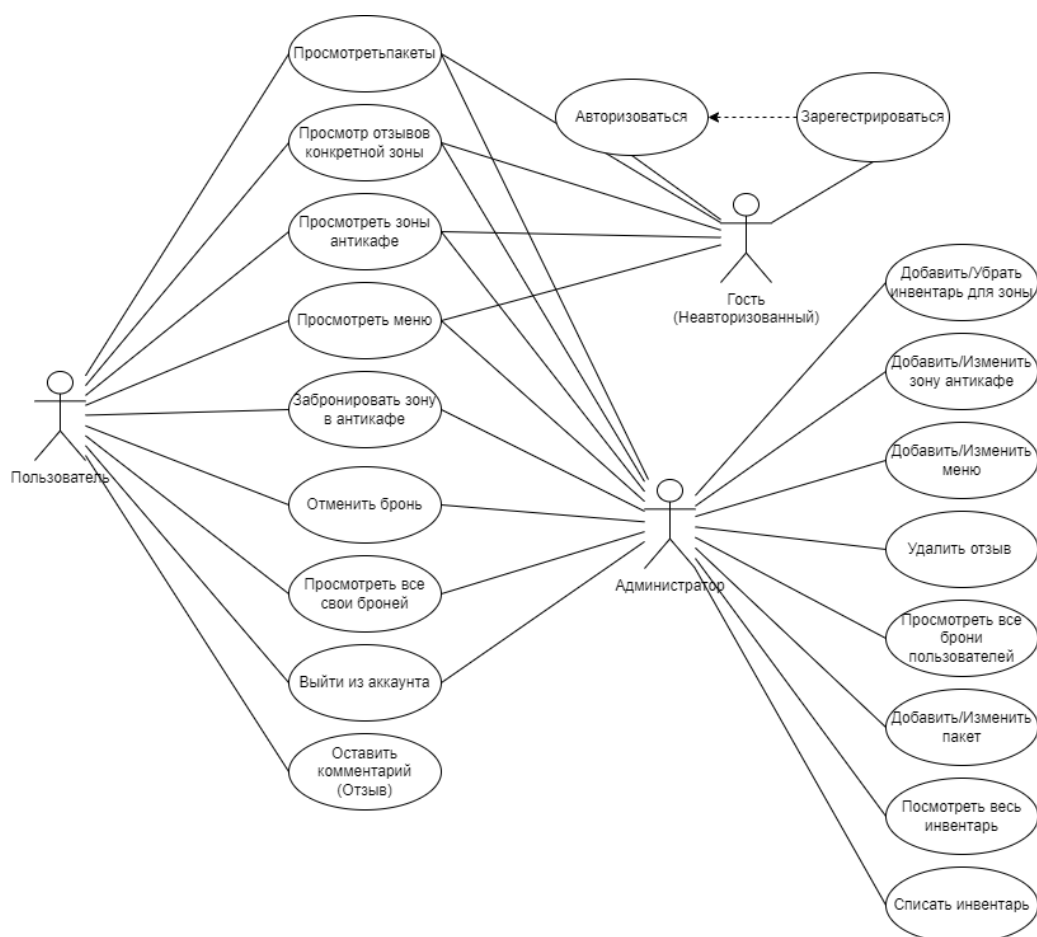


Рисунок 1.3 – Use-case диаграмма

1.6 Классификация БД по модели данных

СУБД (система управления базами данных) — совокупность программных и лингвистических средств общего или специального назначения, обеспечивающих управление созданием и использованием баз данных [5].

Основными функциями СУБД являются:

- управление данными во внешней памяти, в СУБД пользователи не обязаны знать, как организованы файлы данных;
- управление буферами оперативной памяти, для увеличения скорости обмена данными с внешней памятью используется буферизация данных в оперативной памяти;
- управление транзакциями;

- журнализация;
- поддержка языкового пакета.

Модель данных представляет собой множество структур данных, ограничений целостности и операций манипулирования данными. С помощью модели данных могут быть представлены объекты предметной области и взаимосвязи между ними.

СУБД различаются по модели данных, которая определяет архитектуру, структуры данных, методы работы с данными этой СУБД.

- 1) Дореляционные модели данных являются предшественниками реляционных баз данных. Наиболее известные представители:
 - иерархические;
 - сетевые;
 - инвертированные списки.
- 2) Реляционные модели данных.
- 3) Постреляционные модели данных.

Дореляционные БД

В иерархической модели данных используется представление базы данных в виде древовидной структуры, состоящей из объектов различных уровней [6]. Между объектами существуют связи, каждый объект может включать в себя несколько объектов более низкого уровня, как представлено на рисунке 1.4.

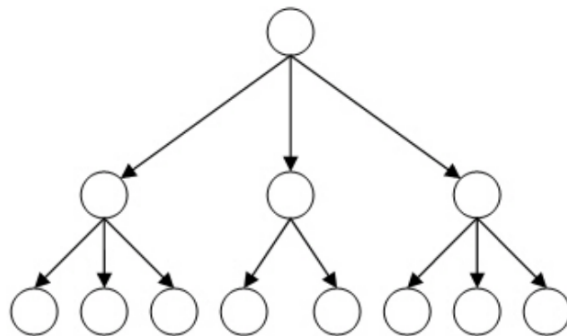


Рисунок 1.4 – Структура иерархической модели данных

Такие объекты находятся в отношении предка к потомку, при этом возможна ситуация, когда объект-предок имеет несколько потомков, тогда как у объекта-потомка обязателен только один предок. Для БД определяется полный порядок обхода — сверху вниз и слева направо.

Сетевая модель данных — логическая модель данных, являющаяся расширением иерархического подхода, строгая математическая теория, описывающая структурный аспект, аспект целостности и аспект обработки данных в сетевых базах данных [6]. Основное отличие этих моделей заключается в том, что в иерархических структурах запись-потомок должна иметь в точности одного предка, а в сетевой структуре данных у потомка может иметься любое число предков, как показано на рисунке 1.5. Главным недостатком сетевой модели данных являются жесткость и высокая сложность схемы базы данных, построенной на основе этой модели. Так как логика процедуры выбора данных зависит от физической организации этих данных, то эта модель не является полностью независимой от приложения. Иначе говоря, если будет необходимо изменить структуру данных, то нужно будет изменять и приложение.

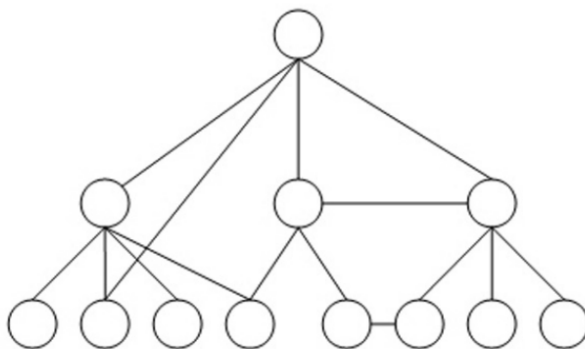


Рисунок 1.5 – Структура сетевой модели данных

Дореляционные модели данных существенно экономят памяти и оперативность выполнения операций над данными, что является преимуществом. Но такие модели данных имеют сложность использования, зависимость прикладных систем от физической организации (т.к. логика процедуры выбора

данных зависит от физической организации этих данных, то данная модель не является полностью независимой от приложения) и как следствие перегруженность логики деталями организации доступа к базам данных.

Реляционные БД

Реляционная модель представляет собой совокупность данных, состоящую из набора двумерных таблиц и состоит из трех частей.

Структурная часть описывает из каких объектов состоит реляционная модель. Основной структурой данных в реляционной модели является нормализованные n -мерные отношения и основными понятиями структурной части реляционной модели является: тип данных, домен, атрибут отношения, схема отношения, схема БД, кортеж, отношение, первичный и потенциальный ключи.

Целостностная часть описывает ограничения специального вида, которые должны выполняться для любых отношений в любых реляционных базах данных. Это целостность сущностей и целостность внешних ключей.

Манипуляционная часть описывает два эквивалентных способа манипулирования реляционными данными — реляционную алгебру и реляционное исчисление.

При табличной организации отсутствует иерархия элементов. Таблицы состоят из строк — записей и столбцов — полей. На пересечении строк и столбцов находятся конкретные значения. Для каждого поля определяется множество его значений. В каждой таблице должно быть хотя бы одно ключевое поле, содержимое которого уникально для любой записи в этой таблице. Значения ключевого поля однозначно определяют каждую запись в таблице. За счет возможности просмотра строк и столбцов в любом порядке достигается гибкость выбора подмножества элементов. При использовании реляционной модели данных предполагается неделимость данных, хранящихся в полях записей таблиц. Также одним из основных положений реляционной модели данных является требование нормализации отношений.

Постреляционные БД

Постреляционная модель — это расширение реляционной модели [7]. Она использует трехмерные структуры, позволяя хранить в полях таблицы другие таблицы, расширяя таким образом возможности по описанию сложных объектов реального мира. Постреляционные СУБД поддерживают множественные группы, которые являются ассоциированными множественными полями, совокупность которых называется ассоциацией. За счет отсутствия требований на длину и количество полей в записях структура таблиц представляется более наглядной. Главное достоинство постреляционных СУБД состоит в возможности представления совокупности связанных реляционных таблиц в виде одной постреляционной таблицы, что делает их очень удобными для сложных объектов данных, таких как мультимедийные данные, данные для географических информационных систем и др. Недостатком является сложность обеспечения целостности данных [7].

Вывод

В данном разделе была проанализирована предметная область, поставленная задача и рассмотрены способы ее реализации. Так как задача предполагает использование разнообразных запросов, включающее в себя выборки элементов строк и столбцов различной сложности, приоритетным свойством модели данных является гибкость, простота использования и независимость от приложения, поэтому в качестве модели организации данных была выбрана реляционная модель БД.

2 Конструкторская часть

В данном разделе формализуются сущности системы, определяется ролевая модель и выбираются необходимые процедуры/функции/триггеры. Каждой сущности, описанной в аналитическом разделе, соотносятся поля — информация, необходимая для полного их определения. На основе этой информации создается диаграмма сущность-связь базы данных, в которой указываются все таблицы необходимы для правильной работы системы. Также создается схема триггера, используемого в системе.

2.1 Описание сущностей базы данных

В соответствии с таблицей 1.2, содержащей данные, которые должны находиться в базе данных, можно выделить следующие таблицы:

- 1) users — таблица пользователей;
- 2) zones — таблица зон, залов, комнат антикафе;
- 3) bookings — таблица броней зон антикафе;
- 4) inventories — таблица инвентаря зон антикафе;
- 5) feedbacks — таблица отзывов пользователей о зонах антикафе;
- 6) dishes — таблица меню блюд антикафе;
- 7) packages — таблица пакетов для формирования расчета оплаты за аренду зон антикафе.

Используя знания о выбранной СУБД (PostgreSQL) и приведённую на рисунке 1.1 диаграмму сущность-связь, определим для каждой из перечисленных выше таблиц столбцы, их типы и ограничения, в таблицах 2.1–2.7.

Таблица 2.1 – Информация о столбцах таблицы пользователей

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
id	uuid	NOT NULL, PRIMARY KEY	Идентификатор пользователя
last_name	VARCHAR(64)	NOT NULL	Фамилия
first_name	VARCHAR(64)	NOT NULL	Имя
middle_name	VARCHAR(64)	NOT NULL	Отчество
birthday	DATE	NOT NULL	Дата рождения
gender	VARCHAR(64)	NOT NULL	Пол
email	TEXT	NOT NULL	Электронная почта, логин
password	VARCHAR(256)	NOT NULL	Хэш пароля
role	VARCHAR(64)	NOT NULL	Права доступа

Таблица 2.2 – Информация о столбцах таблицы зон антикафе

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
id	uuid	NOT NULL, PRIMARY KEY	Идентификатор зоны
name	VARCHAR(64)	NOT NULL	Название
address	TEXT	NOT NULL	Адрес
size	NUMERIC	NOT NULL	Размер в кв. метрах
limit	INTEGER	NOT NULL	Максимальное количество людей в зоне
rating	NUMERIC	NOT NULL	Рейтинг

Таблица 2.3 – Информация о столбцах таблицы брони зон антикафе

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
id	uuid	NOT NULL, PRIMARY KEY	Идентификатор брони
zone_id	uuid	NOT NULL, FOREIGN KEY	Идентификатор зоны
user_id	uuid	NOT NULL, FOREIGN KEY	Идентификатор пользователя
package_id	uuid	NOT NULL, FOREIGN KEY	Идентификатор пакета
amount_of_people	INTEGER	NOT NULL	Количество людей
status	VARCHAR(64)	NOT NULL	Статус
date	DATE	NOT NULL	Дата брони
start_time	TIME	NOT NULL	Время начало брони
end_time	TIME	NOT NULL	Время конца брони
create_date_time	TIMESTAMP	NOT NULL	Дата и время создания брони
is_piad	BOOLEAN	NOT NULL	Оплачена ли бронь
total_price	NUMERIC	NOT NULL	Итоговая цена

Таблица 2.4 – Информация о столбцах таблицы инвентаря антикафе

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
id	uuid	NOT NULL, PRIMARY KEY	Идентификатор инвентаря
zone_id	uuid	NOT NULL, FOREIGN KEY	Идентификатор зоны
name	VARCHAR(64)	NOT NULL	Название
description	TEXT	NOT NULL	Описание
date_production	DATE	NOT NULL	Дата производства
is_written_off	BOOLEAN	NOT NULL	Значение обозначающее списан ли инвентарь

Таблица 2.5 – Информация о столбцах таблицы отзывов зон антикафе

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
id	uuid	NOT NULL, PRIMARY KEY	Идентификатор отзыва
zone_id	uuid	NOT NULL, FOREIGN KEY	Идентификатор зоны
user_id	uuid	NOT NULL, FOREIGN KEY	Идентификатор пользователя
date	TIMESTAMP	NOT NULL	Дата и время создания
mark	NUMERIC	NOT NULL	Оценка пользователя
message	TEXT	NOT NULL	Комментарий пользователя

Таблица 2.6 – Информация о столбцах таблицы меню блюд антикафе

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
id	uuid	NOT NULL, PRIMARY KEY	Идентификатор блюда
name	VARCHAR(64)	NOT NULL	Название
type	VARCHAR(64)	NOT NULL	Тип блюда
price	NUMERIC	NOT NULL	Цена в рублях
description	TEXT	NOT NULL	Описание

Таблица 2.7 – Информация о столбцах таблицы пакетов антикафе

Столбец	Тип данных	Ограничения	Значение
id	uuid	NOT NULL, PRIMARY KEY	Идентификатор пакета
name	VARCHAR(64)	NOT NULL	Название
type	VARCHAR(64)	NOT NULL	Тип пакета
price	NUMERIC	NOT NULL	Цена в рублях
rental_time	INTEGER	NOT NULL	Количество времени проведения
description	TEXT	NOT NULL	Описание

На рисунке 2.1 приведена ER-диаграмма базы данных.

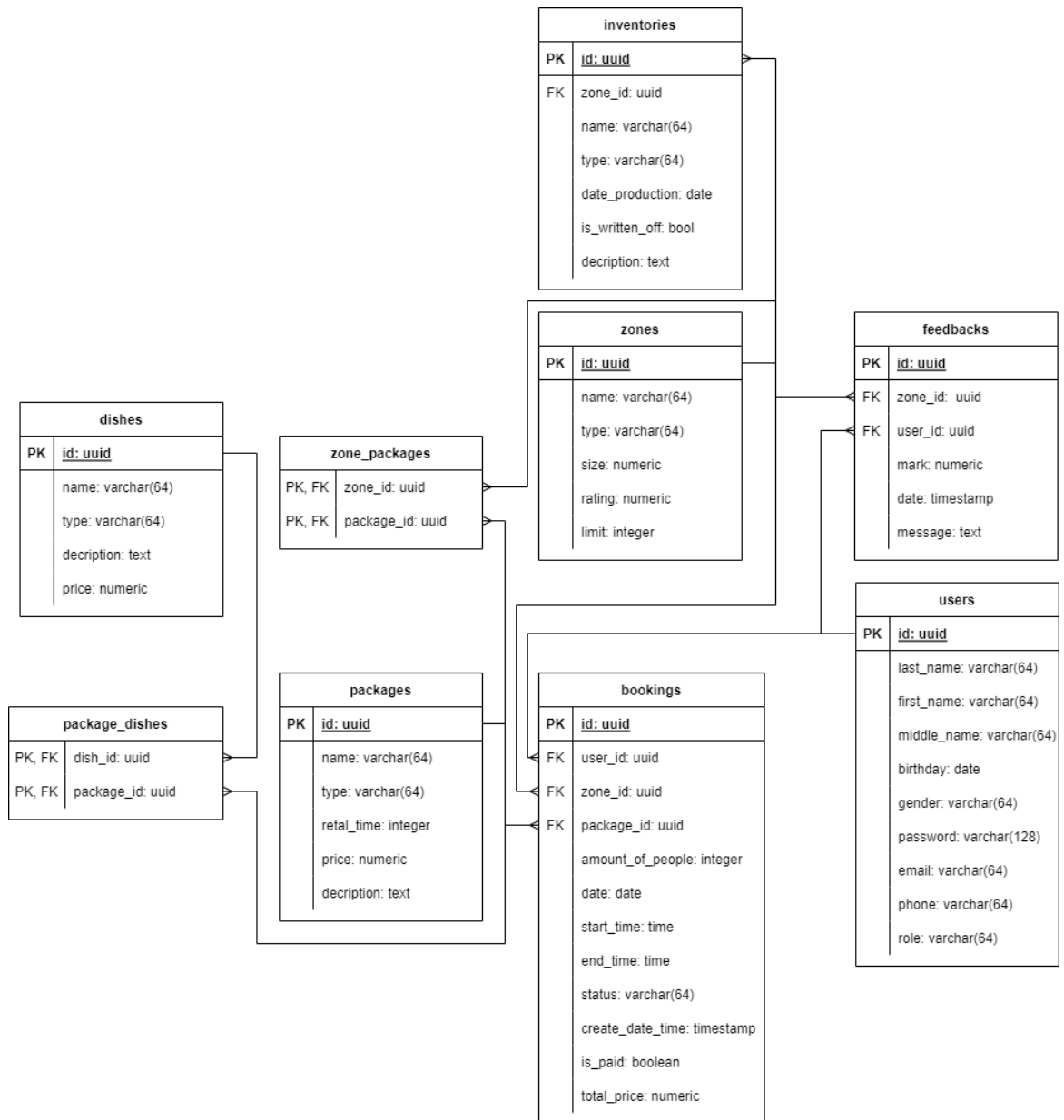


Рисунок 2.1 – ER-диаграмма базы данных

2.2 Ролевая модель

Ролевая модель в системе необходима для того, чтобы правильно организовать работу пользователей в системе, предоставляя каждому пользователю определенный набор действий в системе.

Для работы пользователей с базой данных выделяется следующая ролевая модель:

- Гость имеет права доступ `SELECT` ко всем таблицам, кроме таблиц пользователей и броней, `INSERT` только к таблице пользователей;

- Авторизованный пользователь имеет права доступа SELECT ко всем таблицам, INSERT только к таблице броней, UPDATE к таблицам броней и пользователей;
- Администратор имеет все права доступа ко всем таблицам.

2.3 Используемые триггеры

В системе представлен триггер, который после добавления записи в таблицу отзывов по полю оценки отзыва пользователя пересчитывает рейтинг соответствующей зоны антикафе. Данный триггер будет вызываться всякий раз при вставке данных в таблицу отзывов пользователем.

На рисунке 2.2 представлена схема триггера.

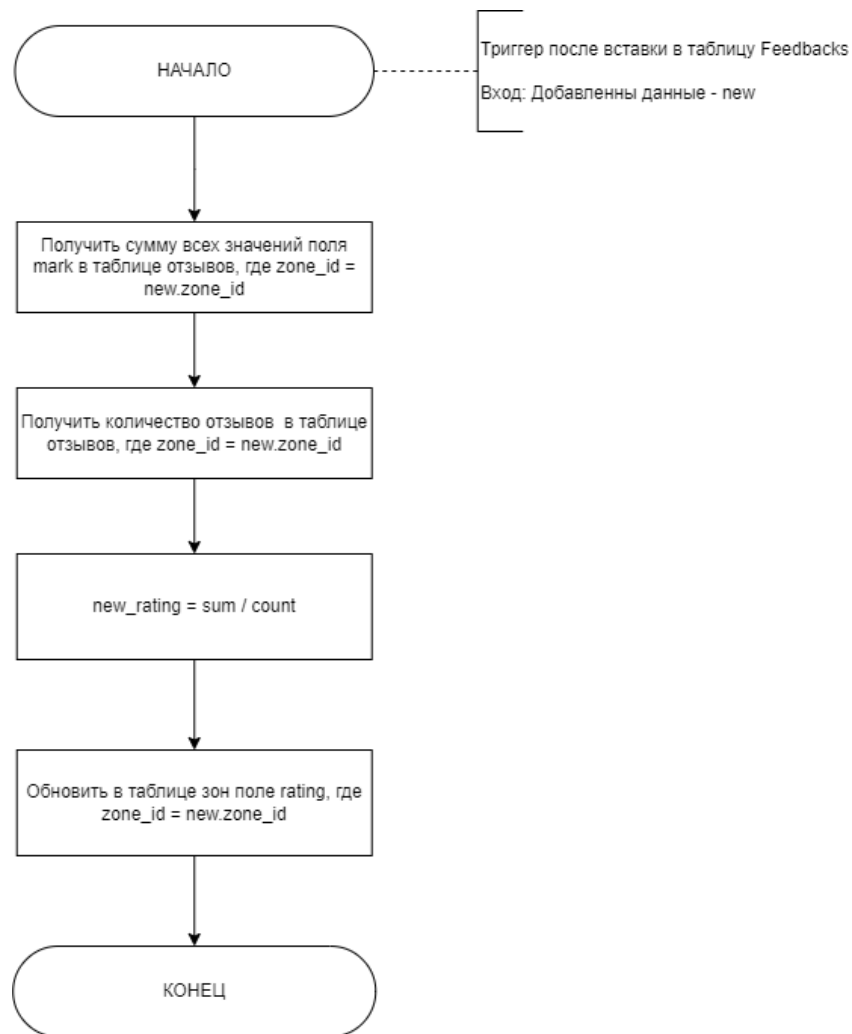


Рисунок 2.2 – Схема алгоритма триггера после добавления записи в таблицу feedbacks

2.4 Диаграмма классов приложения

Приложение строится согласно диаграмме классов, приведенной на рисунке 2.3. На диаграмме классов представлена схема реализаций как части доступа базы данных, то есть реализация паттерна «Репозитория» для каждой сущности базы данных и части бизнес логики, где реализованы сервисы по обработки данных в необходимый вид для пользователя.

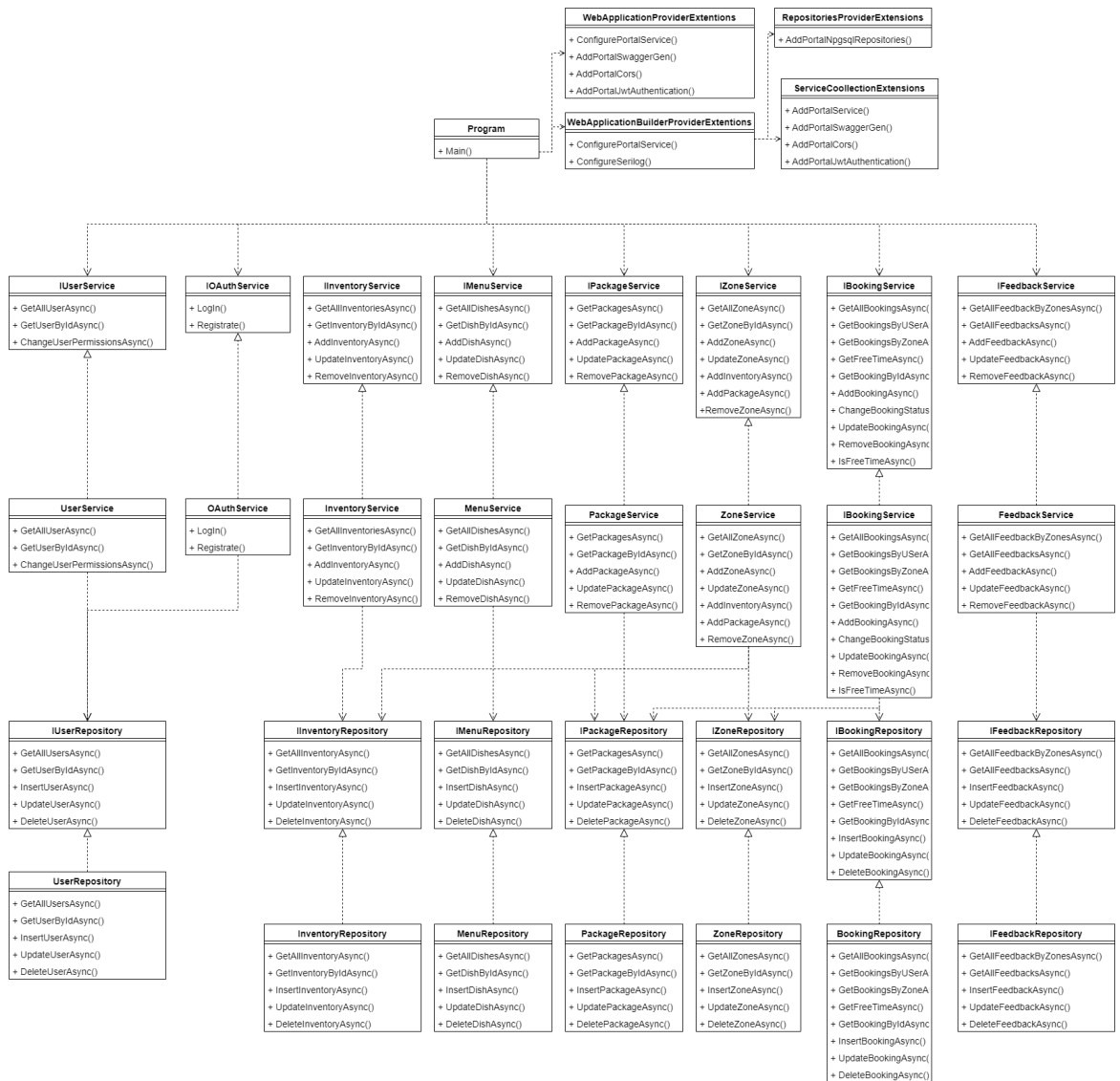


Рисунок 2.3 – Диаграмма классов приложения

Вывод

В данном разделе были целиком описаны сущности системы, представлена ER-диаграмма базы данных, выбрана ролевая модель. Описаны используемые процедуры/функции/триггеры.

3 Технологическая часть

В данной части рассматривается выбор средств реализации, описывается структура классов программы и приводится интерфейс программного обеспечения.

На основе спроектированной в предыдущих разделах ролевой модели создается ее реализация. Предоставляется код для создания ролей и выдачи им прав, а также создания триггера. Приводится пример работы разработанного приложения.

3.1 Выбор СУБД

Самыми распространенными [8] СУБД реляционной модели БД являются:

- PostgreSQL [7, 9];
- SQLite [9];
- MySQL [9].

Выделим следующие критерии для сравнения полярных СУБД реляционной модели:

- 1) возможность создавать роли, пользователей и выдавать им права доступа на уровне БД;
- 2) активная поддержка;
- 3) полное соответствие SQL.

Результаты сравнения выбранных СУБД по заданным критериям представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Сравнение выбранных СУБД

Критерий	SQLite	MySQL	PostgreSQL
1	-	+	+
2	+	-	+
3	-	-	+

В данной работе используется PostgreSQL, так как эта СУБД предоставляет достаточный инструментарий для реализации поставленных задач.

3.2 Выбор средств реализации

В качестве языка программирования для реализации ПО был выбран C# [10], поскольку:

- является объектно-ориентированным языком программирования, что позволяет создавать классы, объекты и методы, упрощая создания доступа к объектам базы данных и их взаимодействие связей;
- является частью платформы .Net [11], которая предоставляет необходимый набор библиотек и инструментов для написания надежного и производительного программного продукта, работающего с различными базами данных;
- имеет встроенный механизм LINQ [12], который предоставляет возможности выполнения запросов к базе данных на уровне языка.

В качестве среда разработки был выбран Visual Studio [13], так как:

- данная среда разработки предоставляется бесплатно;
- поддерживает различный набор фреймворков NuGet [14];
- предоставляет интеграция управления версиями Git [15];
- мощные средства написания кода и функции — все, что необходимо для создания приложений в одном месте;
- предоставляет шаблоны для создание и сборки проектов , что упрощает процесс разработки.

3.3 Создание базы данных

На листинге 3.1 представлено создание базы данных.

Листинг 3.1 – Создание базы данных

```
1 CREATE DATABASE "PortalDb"
2 WITH
3 OWNER = postgres
4 ENCODING = 'UTF8'
5 LC_COLLATE = 'Russian_Russia.1251'
6 LC_CTYPE = 'Russian_Russia.1251'
7 TABLESPACE = pg_default
8 CONNECTION LIMIT = -1;
```

На листингах 3.2–3.6 представлено создание таблиц базы данных

Листинг 3.2 – Создание таблицы users

```
1 CREATE TABLE IF NOT EXISTS public.users
2 (
3     id uuid NOT NULL PRIMARY KEY,
4     last_name varchar(64) NOT NULL,
5     first_name varchar(64) NOT NULL,
6     middle_name varchar(64),
7     birthday timestamp with time zone NOT NULL,
8     gender integer NOT NULL,
9     email varchar(64) NOT NULL,
10    phone varchar(64),
11    password character varying(128) NOT NULL,
12    role character varying(64) NOT NULL
13 );
```

Листинг 3.3 – Создание таблиц zones inventories packages

```
1 CREATE TABLE IF NOT EXISTS public.zones
2 (
3     id uuid NOT NULL PRIMARY KEY,
4     name varchar(64) NOT NULL,
5     address text NOT NULL,
6     size double precision NOT NULL,
7     "limit" integer NOT NULL,
8     rating numeric NOT NULL
9 );
10
11 CREATE TABLE IF NOT EXISTS public.inventories
12 (
13     id uuid NOT NULL PRIMARY KEY ,
14     zone_id uuid NOT NULL
15         REFERENCES public.zones (id)
16         MATCH SIMPLE
17         ON UPDATE NO ACTION
18         ON DELETE CASCADE,
19     name varchar(64) NOT NULL,
20     description text NOT NULL,
21     date_production date NOT NULL,
22     is_written_off boolean NOT NULL
23 );
24
25 CREATE TABLE IF NOT EXISTS public.packages
26 (
27     id uuid NOT NULL PRIMARY KEY,
28     name varchar(64) NOT NULL,
29     type varchar(64) NOT NULL,
30     price numeric NOT NULL,
31     rental_time integer NOT NULL,
32     description text NOT NULL
33 );
```

Листинг 3.4 – Создание ассоциативной таблицы `zone_packages` и таблицы `dishes`

```
1 CREATE TABLE IF NOT EXISTS public.zone_packages
2 (
3     package_id uuid NOT NULL
4     REFERENCES public.zones (id)
5     MATCH SIMPLE
6     ON UPDATE NO ACTION
7     ON DELETE CASCADE,
8     zone_id uuid NOT NULL
9     REFERENCES public.packages (id)
10    MATCH SIMPLE
11    ON UPDATE NO ACTION
12    ON DELETE CASCADE,
13
14    CONSTRAINT pk_zone_packages PRIMARY KEY (package_id , zone_id)
15 );
16
17 CREATE TABLE IF NOT EXISTS public.dishes
18 (
19     id uuid NOT NULL PRIMARY KEY,
20     name varchar(64) NOT NULL,
21     type varchar(64) NOT NULL,
22     price numeric NOT NULL,
23     description text NOT NULL
24 );
```

Листинг 3.5 – Создание ассоциативной таблицы `package_dishes` и таблицы `feedbacks`

```
1 CREATE TABLE IF NOT EXISTS public.package_dishes
2 (
3     dish_id uuid NOT NULL
4     REFERENCES public.dishes (id)
5     MATCH SIMPLE
6     ON UPDATE NO ACTION
7     ON DELETE CASCADE,
8     package_id uuid NOT NULL
9     REFERENCES public.packages (id)
10    MATCH SIMPLE
11    ON UPDATE NO ACTION
12    ON DELETE CASCADE,
13    CONSTRAINT pk_package_dishes PRIMARY KEY (dish_id , package_id)
14 );
15
16 CREATE TABLE IF NOT EXISTS public.feedbacks
17 (
18     id uuid NOT NULL PRIMARY KEY,
19     user_id uuid NOT NULL
20     REFERENCES public.users (id)
21     MATCH SIMPLE
22     ON UPDATE NO ACTION
23     ON DELETE CASCADE,
24     zone_id uuid NOT NULL
25     REFERENCES public.zones (id)
26     MATCH SIMPLE
27     ON UPDATE NO ACTION
28     ON DELETE CASCADE,
29     date timestamp with time zone NOT NULL,
30     mark numeric NOT NULL,
31     message text
32 );
```

Листинг 3.6 – Создание таблицы bookings

```
1 CREATE TABLE IF NOT EXISTS public.bookings
2 (
3     id uuid NOT NULL PRIMARY KEY,
4     zone_id uuid NOT NULL
5         REFERENCES public.zones (id)
6         MATCH SIMPLE
7         ON UPDATE NO ACTION
8         ON DELETE CASCADE,
9     user_id uuid NOT NULL
10        REFERENCES public.users (id)
11        MATCH SIMPLE
12        ON UPDATE NO ACTION
13        ON DELETE CASCADE,
14    package_id uuid NOT NULL
15        REFERENCES public.packages (id)
16        MATCH SIMPLE
17        ON UPDATE NO ACTION
18        ON DELETE CASCADE,
19    amount_of_people integer NOT NULL,
20    status varchar(64) NOT NULL,
21    date date NOT NULL,
22    start_time time without time zone NOT NULL,
23    end_time time without time zone NOT NULL,
24    create_date_time timestamp with time zone NOT NULL,
25    is_paid boolean NOT NULL,
26    total_price numeric NOT NULL
27 );
```


На листингах 3.7–3.9 представлено создание ролей базы данных.

Листинг 3.7 – Создание ролей и выдача прав доступа (часть 1)

```
1 CREATE ROLE portal_admin WITH
2 SUPERUSER
3 CREATEDB
4 CREATEROLE
5 NOINHERIT
6 NOREPLICATION
7 NOBYPASSRLS
8 CONNECTION LIMIT -1
9 LOGIN
10 PASSWORD 'PaS$woRdAdm1N';
11
12 GRANT ALL PRIVILEGES
13 ON ALL TABLES IN SCHEMA public
14 TO portal_admin;
15
16 CREATE ROLE portal_user WITH
17 NOSUPERUSER
18 NOCREATEDB
19 NOCREATEROLE
20 NOINHERIT
21 NOREPLICATION
22 NOBYPASSRLS
23 CONNECTION LIMIT -1
24 LOGIN
25 PASSWORD 'PaS$woRdUser';
26
27 GRANT SELECT
28 ON ALL TABLES IN SCHEMA public
29 TO portal_user;
```

Листинг 3.8 – Создание ролей и выдача прав доступа (часть 2)

```
1 GRANT INSERT
2 ON public.users ,
3 public.bookings ,
4 public.feedbacks
5 TO portal_user;
6
7 GRANT DELETE
8 ON public.bookings ,
9 public.feedbacks
10 TO portal_user;
11
12 GRANT UPDATE
13 ON public.bookings ,
14 public.feedbacks
15 TO portal_user;
16
17 CREATE ROLE portal_guest WITH
18 NOSUPERUSER
19 NOCREATEDB
20 NOCREATEROLE
21 NOINHERIT
22 NOREPLICATION
23 NOBYPASSRLS
24 CONNECTION LIMIT -1
25 LOGIN
26 PASSWORD 'PaS$woRdGuest';
```

Листинг 3.9 – Создание ролей и выдача прав доступа (часть 3)

```
1 GRANT SELECT
2 ON public.zones ,
3 public.inventories ,
4 public.feedbacks ,
5 public.packages ,
6 public.zonepackages ,
7 public.dishes ,
8 public.packagedishes
9 TO portal_guest ;
10
11 GRANT INSERT
12 ON public.users
13 TO portal_guest ;
```

На листингах 3.10, 3.11 представлено создание триггера после добавления записи в таблицу `feedbacks` на перерасчет рейтинга зоны антикафе по оставленным оценкам в отзыве пользователями.

Листинг 3.10 – Создание триггера (Часть 1)

```
1 CREATE OR REPLACE FUNCTION public.calculate_rating_zone()
2 RETURNS TRIGGER
3 AS $$
4 BEGIN
5     UPDATE public.zones
6     SET rating = (Select sum(DISTINCT f.mark) / count(*) as rating
7                   from public.feedbacks as f
8                   where f.zone_id = new.zone_id)
9     WHERE id = new.zone_id ;
10 RETURN NEW;
11 END;
12 $$ LANGUAGE PLPGSQL;
```

Листинг 3.11 – Создание триггера (Часть 2)

```
1 CREATE TRIGGER insert_feedbacks_trigger
2 AFTER INSERT ON public.feedbacks
3 FOR EACH ROW
4 EXECUTE FUNCTION public.calculate_rating_zone();
```

3.4 Интерфейс взаимодействия

Для работы с базы данных был создан API с помощью библиотеки Swashbuckle [16]. В программном интерфейсе реализованы методы для выполнения операций создания, чтения и удаления всех созданных сущностей в базе данных. На рисунках 3.1–3.3 представлен методы интерфейса программы для взаимодействия с сущностями базы данных.

Методы взаимодействия с таблицей броней базы данных:

- получение всех броней;
- получение брони по идентификатору;
- получение всех броней по идентификатору пользователя;
- получение всех броней по идентификатору зоны;
- создание брони;
- подтверждение брони;
- отмена брони.

Методы взаимодействия с таблицей отзывов базы данных:

- получение всех отзывов;
- получение всех отзывов по идентификатору зоны;
- создание отзыва;
- удаление отзыва.

Методы взаимодействия с таблицей инвентаря базы данных:

- получение всего инвентаря;
- списать инвентарь зоны;

- создать и добавить инвентарь в зону.

Методы взаимодействия с таблицей блюд базы данных:

- получение все блюда;
- получить блюда по идентификатору;
- создать блюдо;
- обновить данные блюда;
- удалить блюдо.

Методы взаимодействия с таблицей пользователей базы данных:

- зарегистрировать пользователя;
- авторизовать пользователя;
- получить данные всех пользователей;
- получить данные пользователя по идентификатору.

Методы взаимодействия с таблицей пакетов базы данных:

- получить данные всех пакетов;
- получить данные пакета по идентификатору;
- создать пакет;
- обновить пакет;
- удалить пакет.

Методы взаимодействия с таблицей зон базы данных:

- получить данные всех зон;
- получить данные зоны по идентификатору;
- создать зону;
- обновить зону;
- удалить зону.

Booking			^
GET	/api/v1/bookings	Получить брони зон	✓ 🔒
POST	/api/v1/bookings	Забронировать зоны	✓ 🔒
PATCH	/api/v1/bookings	Подтвердить зону	✓ 🔒
GET	/api/v1/bookings/user/{userId}	Получить все брони пользователя	✓ 🔒
GET	/api/v1/bookings/zone/{zoneId}	Получить все брони определенной зоны	✓ 🔒
GET	/api/v1/bookings/freetime/{zoneId}&{date}	Получить свободное время для бронирования зоны	✓ 🔒
DELETE	/api/v1/bookings/{bookingId}	Отменить бронь зоны	✓ 🔒
Feedback			^
GET	/api/v1/feedbacks	Получить все отзывы пользователей	✓ 🔒
POST	/api/v1/feedbacks	Добавить отзыв	✓ 🔒
GET	/api/v1/feedbacks/{zoneId}	Получить все отзывы пользователей для комнаты	✓ 🔒
DELETE	/api/v1/feedbacks/{feedbackId}	Удалить отзыв	✓ 🔒
Inventory			^
GET	/api/v1/inventory	Получить информации о инвентаре	✓ 🔒
PATCH	/api/v1/inventory/{inventoryId}	Списать инвентарь	✓ 🔒

Рисунок 3.1 – Программный интерфейс (часть 1)

Menu			^
GET	/api/v1/menu	Получить меню блюд	✓ 🔒
POST	/api/v1/menu	Добавить блюдо	✓ 🔒
PUT	/api/v1/menu	Обновить данные о блюде	✓ 🔒
GET	/api/v1/menu/{dishId}	Получить блюдо	✓ 🔒
DELETE	/api/v1/menu/{dishId}	Удалить блюдо	✓ 🔒
Oauth			^
POST	/api/v1/oauth/signup	Зарегистрировать пользователя	✓ 🔒
POST	/api/v1/oauth/signin	Авторизоваться	✓ 🔒
Package			^
GET	/api/v1/packages	Получить все пакеты	✓ 🔒
POST	/api/v1/packages	Добавить пакет	✓ 🔒
PUT	/api/v1/packages	Обновить пакет	✓ 🔒
GET	/api/v1/packages/{packageId}	Получить пакет	✓ 🔒
DELETE	/api/v1/packages/{packageId}	Удалить пакет	✓ 🔒

Рисунок 3.2 – Программный интерфейс (часть 2)

Package			^
GET	/api/v1/packages	Получить все пакеты	▼
POST	/api/v1/packages	Добавить пакет	▼ 🔒
PUT	/api/v1/packages	Обновить пакет	▼ 🔒
GET	/api/v1/packages/{packageId}	Получить пакет	▼
DELETE	/api/v1/packages/{packageId}	Удалить пакет	▼ 🔒
User			^
GET	/api/v1/users	Получить всех пользователей	▼ 🔒
GET	/api/v1/users/{userId}	Получить пользователя	▼ 🔒
Zone			^
GET	/api/v1/zones	Получить все зоны	▼
PUT	/api/v1/zones	Обновить зон	▼ 🔒
POST	/api/v1/zones	Добавить зон	▼ 🔒
GET	/api/v1/zones/{zoneId}	Получить зону	▼
DELETE	/api/v1/zones/{zoneId}	Удалить зону	▼ 🔒

Рисунок 3.3 – Программный интерфейс (часть 3)

3.5 Демонстрация работы

На рисунке 3.4 демонстрируется процесс получения ответа на запрос о получении всех возможных зон в базе данных. Данный запрос требует на вход каких-либо данных. Результатом запроса является JSON-объект с массивом данных зон. Результат отображен в нижней части на рисунке 3.4.

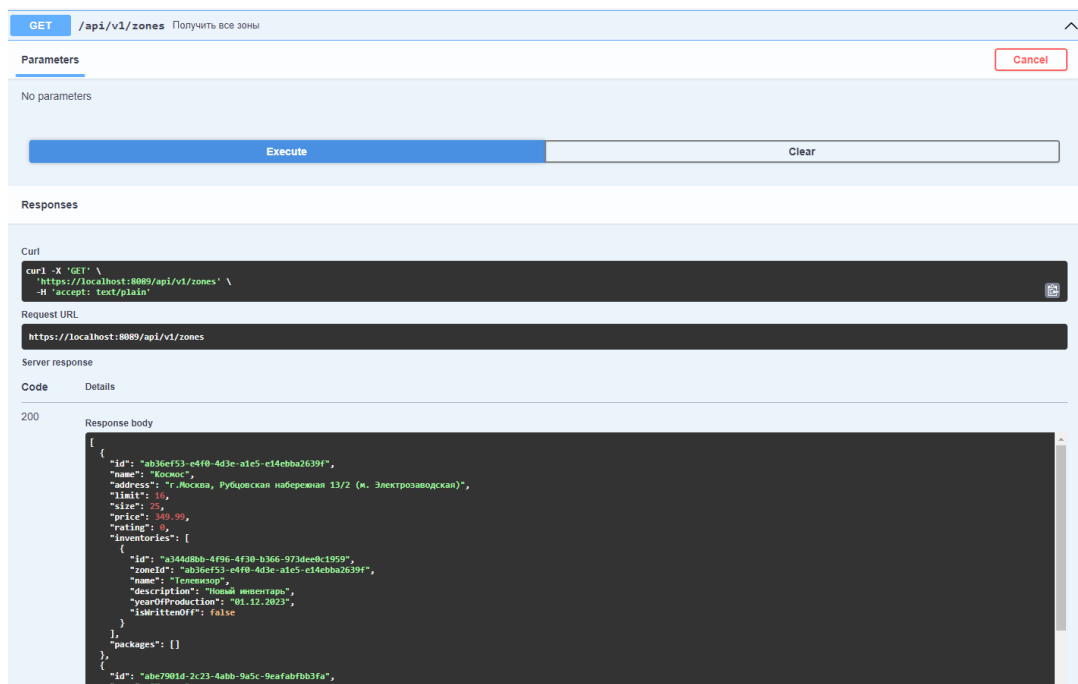


Рисунок 3.4 – Демонстрация работы программы

Вывод

В данном разделе выбраны СУБД и средства реализации, представлено создание базы данных, таблиц, ролевой модели и триггера. Описан пользовательский интерфейс.

4 Исследовательская часть

В данном разделе поставлена задача исследования зависимости времени выполнения запросов получения записей таблиц базы данных, от наличия в базе данных индекса для соответствующего атрибуты таблицы.

Также приведены технические характеристики устройства, на котором проводилось измерение времени работы программного обеспечения, а также результаты замеров времени в табличном и графическом виде.

4.1 Технические характеристики

При проведении исследования системы важно знать характеристики устройства, на котором проводятся измерения, так как численные результаты могут изменяться от устройства к устройству. Технические характеристики устройства, на котором выполнялось исследования.

- Процессор: Intel(R) Core(TM) i5-10300H CPU 2.50 ГГц [17].
- Количество ядре: 4 физических и 8 логических ядер.
- Оперативная память: 16 ГБайт.
- Операционная система: Windows 11 Pro 64-разрядная система [18].

Исследование проводилось на стационарном компьютере. Во время тестирования устройство было нагружено только встроенными приложениями окружения.

4.2 Постановка задачи исследования

Индекс [19] в базе данных — это структура данных, которая помогает сократить время поиска запрошенных данных. Индексы достигают этого за счет дополнительных затрат на хранение, память и поддержание их в актуальном состоянии, что приводит к повышению времени выполнения операций

вставки, изменения и удаления.

Целью исследования является изучение зависимости времени выполнения запросов получение данных из таблиц базы данных от наличия соответствующего индекса базы данных.

Для исследования были выбраны: сущность «зона», по той причине, что сущность имеет отношение многие ко многим к сущности «пакет» и один ко многим к сущности «инвентарь», а также сущности «брони», по той причине что она имеет связи один ко многим к сущностям «зона», «пакета», «пользователь». Таким образом для исследования были выбраны следующие запросы.

- 1) Запрос для получение всех данных о зонах, включая информацию о пакетах и инвентаре для конкретной зоны. Реализация данного запроса представлена на листинге 4.1.
- 2) Запрос на получение всех данных броней. Реализация данного запроса представлена на листинге 4.2.
- 3) Запрос на получение всех данных броней по идентификатору пользователя. Реализация данного запроса представлена на листинге 4.3.

Листинг 4.1 – Запрос на получение всех зон включая информацию пакетах и инвентаре

```
1 public Task<List<Zone>> GetAllZonesAsync(Role role)
2 {
3     return _contextFactory.GetDbContext(role)
4         .Zones
5         .Include(z => z.Inventories)
6         .Include(z => z.Packages)
7         .AsNoTracking()
8         .Select(z => ZoneConverter.ConvertDbModelToAppModel(z))
9         .ToListAsync();
10 }
```

Листинг 4.2 – Запрос на получение всех броней

```
1 public Task<List<Booking>> GetAllBookingAsync(Role role)
2 {
3     return
4         _contextFactory.GetDbContext(role)
5         .Bookings
6         .OrderBy(b => b.Date)
7         .Select(b => BookingConverter.ConvertDbModelToAppModel(b))
8         .ToListAsync();
9 }
```

Листинг 4.3 – Запрос на получение броней пользователя

```
1 public Task<List<Booking>> GetBookingByUserAsync(Guid userId ,
2     Role role)
3 {
4     return _contextFactory.GetDbContext(role)
5         .Bookings.Where(b => b.UserId == userId)
6         .OrderBy(b => b.Date)
7         .Select(b => BookingConverter.ConvertDbModelToAppModel(b))
8         .ToListAsync();
9 }
```

Исследование проводилось для состояний таблицы зон содержащих от 10 до 10000 записей в таблице.

4.3 Сравнение времени обработки

В таблицах 4.1–4.2 продемонстрировано время выполнения запросов с использованием индекса и без него.

На рисунках 4.1–4.3 представлена графическая интерпретация полученных результатов.

Таблица 4.1 – Время выполнения запроса 1

Количество записей в таблице зон	Время, мс	
	Без индексов	С индексами
10	6	6
50	22	18
100	35	35
500	178	176
1000	346	340
2000	845	639
3000	1257	1124
4000	1451	1402
5000	1789	1761
6000	2081	1988
7000	2441	2343
8000	2867	2772
9000	3126	3090
10000	3550	3400

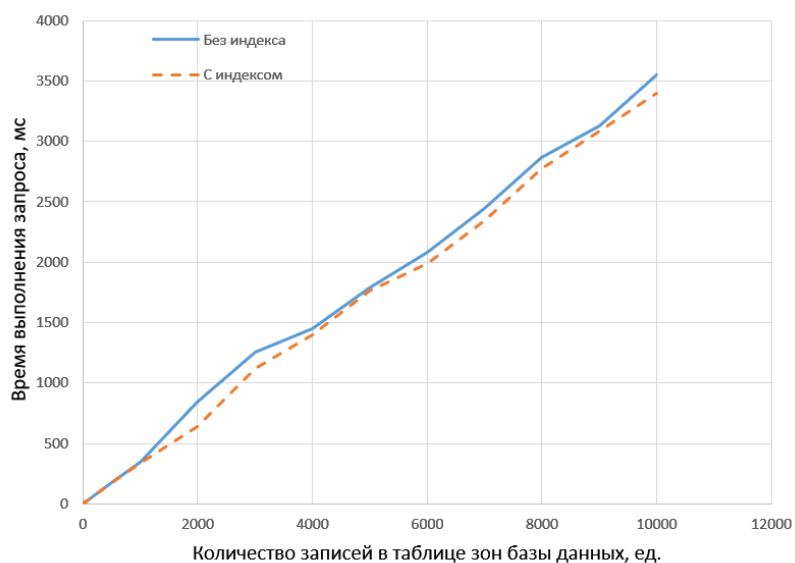


Рисунок 4.1 – Графическая интерпретация результатов исследования времени выполнения запроса 1

Таблица 4.2 – Время выполнения запроса 2

Количество записей в таблице брони	Время, мс	
	Без индексов	С индексами
10	0.013	0.012
50	0.081	0.051
100	1.000	1.000
500	1.44	1.068
1000	1.52	1.110
2000	1.645	1.679
3000	2.304	2.331
4000	3.243	3.533
5000	4.241	4.233
6000	5.313	5.35
7000	6.256	6.166
8000	7.043	7.232
9000	10.125	10.33
10000	11.135	11.389

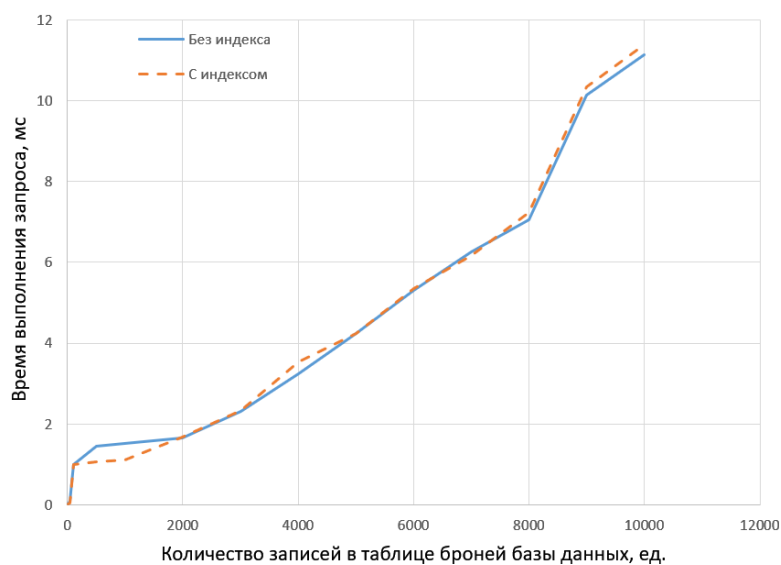


Рисунок 4.2 – Графическая интерпретация результатов исследования времени выполнения запроса 2

Таблица 4.3 – Время выполнения запроса 3

Количество записей в таблице брони	Время, мс	
	Без индексов	С индексами
10	0.0001	0.00001
50	0.0002	0.0001
100	0.001	0.0001
500	0.005	0.001
1000	0.013	0.001
2000	0.01	0.002
3000	0.04	0.001
4000	0.06	0.004
5000	0.1	0.001
6000	0.14	0.01
7000	0.65	0.015
8000	0.74	0.0423
9000	0.9	0.064
10000	1.6	0.085

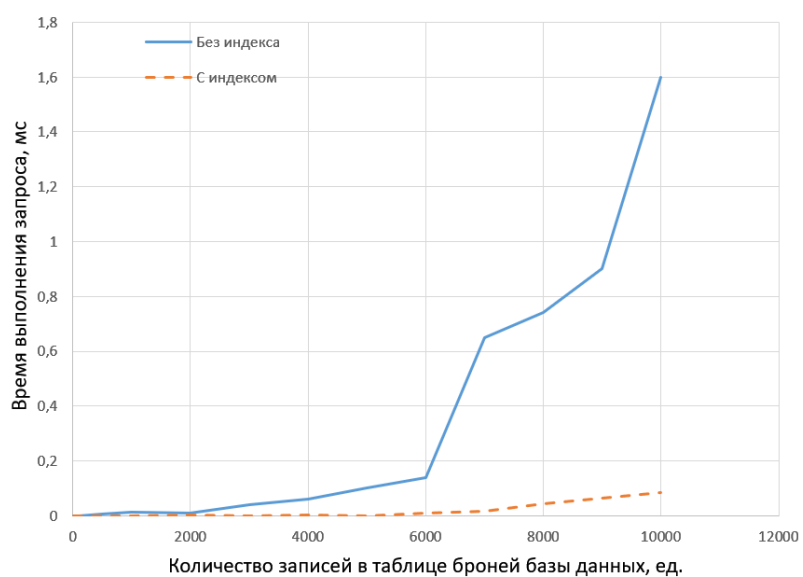


Рисунок 4.3 – Графическая интерпретация результатов исследования времени выполнения запроса 3

Из результатов исследования можно сделать вывод, что время выполнения для запроса 3, обладающего явным указанием значения искомого поля, может быть значительно снижено с использованием индекса, что сокращает время выполнения более чем в десятки раз, но не всегда использование индекса приводит к таким результатам. Таким время выполнения для запроса 1, где для зон включены данные пакетов и инвентаря, используя индекс снижает время выполнения в 1,15 раза. В случае запроса 2 различия значений времени выполнения с использованием индекса и без него схожи. Также наличие индекса увеличивает объем занимаемого дискового пространства и его создание для выполнения запросов, подобных 2 не рекомендуется.

Вывод

В данном разделе было проведено исследование влияния индекса базы данных на производительность запросов вычисления количества записей в таблице.

Из результатов исследования можно сделать вывод, что в зависимости от структуры запроса использование индекса в базе данных может как уменьшать или улучшить время выполнения запроса, так и не оказывать на него влияния. Во всех случаях использование индекса повышает объем занимаемой памяти и увеличивает время работы операций вставки, изменения и удаления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель, поставленная в начале работы, была достигнута. Кроме того были выполнены все поставленные задачи:

- проанализированы варианты представления данных и выбрать подходящий вариант для решения задачи;
- проведен анализ существующих способов хранения данных и системы управления базами данных, выбрать подходящую систему для поставленной цели;
- спроектирована база данных, описаны ее сущности и связи;
- реализовано программное обеспечение, позволяющее взаимодействовать со спроектированной базой данных;
- проведены исследования зависимости времени выполнения запроса от объема обрабатываемых данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антикафе как новое пространство для культурно-досуговой деятельности и творческой реализации личности [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/> (дата обращения: 08.04.2023).
2. Party Hard [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://hardparty.ru> (дата обращения: 08.04.2023).
3. Bizone Anticafe [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://vbizone.ru> (дата обращения: 08.04.2023).
4. SpeedRent [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.speedrent.ru> (дата обращения: 08.04.2023).
5. Дж. Дейт К. Введение в системы баз данных: 8-е издание. — «Вильямс», 2006. — С. 1328.
6. Д. Кузнецов С. Основы современных баз данных. — Центр Информационных Технологий, 1998.
7. П. Парфенов Ю. Постреляционные хранилища данных: учебное пособие. — Центр Информационных Технологий, 2016.
8. Анализ популярных реляционных систем управления базами данных (2022 г.) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://drach.pro/blog/hi-tech/item/196-popular-relational-dbms-2022> (дата обращения: 08.04.2023).
9. SQLite против MySQL против PostgreSQL: сравнение систем управления реляционными базами данных [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/> (дата обращения: 08.04.2023).

10. Краткий обзор языка C# [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/tour-of-csharp/> (дата обращения: 08.04.2023).
11. Что такое .NET? Введение и обзор [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/core/introduction> (дата обращения: 08.04.2023).
12. Общие сведения о LINQ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/standard/linq/> (дата обращения: 08.04.2023).
13. Что такое Visual Studio [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/get-started/visual-studio-ide?view=vs-2019> (дата обращения: 08.04.2023).
14. Введение в NuGet [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/nuget/what-is-nuget> (дата обращения: 08.04.2023).
15. Введение - Что такое Git? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://book.git-scm.com/book/ru/v2/> (дата обращения: 08.04.2023).
16. Swashbuckle [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/aspnet/core/tutorials/getting-started-with-swashbuckle?view=aspnetcore-6.0&tabs=visual-studio> (дата обращения: 08.04.2023).
17. Intel [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ark.intel.com/content/www/ru/ru/ark/products/201839/intel-core-i510300h-processor-8m-cache-up-to-4-50-ghz.html> (дата обращения: 03.9.2023).

18. Windows 10 Pro 2h21 64-bit [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.microsoft.com/ru-ru/software-download/windows10> (дата обращения: 03.09.2023).
19. Индексы, транзакции и уровни изоляции [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://proglib.io/p/> (дата обращения: 03.09.2023).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Презентация к курсовой работе

Презентация содержит 14 слайдов.