МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика

направленность (профиль): Технологии параллельных и распределённых вычислений

Студента Тютюнова Игоря Андреевича шифр 205017

Факультет (институт): Физико — математический

Разработка методов оптимизации взаимодействия веб-сайта с базой данных

Студент Тютюнов И.А.

Руководитель: к.ф.-м.н., доц. Федяев Ю.С.

Зав. Кафедрой Дорофеева В. И.

Орёл 2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА»

Факультет физико-математический

Кафедра информатики

Направление подготовки 01.04.02 — Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) Технологии параллельных и распределённых вычислений

УТВЕРЖДАЮ:

Зав.кафедрой/РОП

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Дорофеева В.И.

«26» октября 2021г.

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение выпускной квалификационной работы

студента Тютюнова Игоря Андреевича 01ПМ-М

1. Тема ВКР **Разработка методов оптимизации взаимодействия веб-сайта с базой данных**

Утверждена приказом по университету от «26» октября 2021 года № 2-2937

2. Срок сдачи студентом законченной работы «7» июля 2022 года

3. Исходные данные к работе: учебные пособия и курсы лекций по дискретной математике, прикладной комбинаторике, теории графов, аспектам разработки программного обеспечения, электронные источники и ссылки по программированию, алгоритмизации, разработке приложений.

4. Содержание ВКР

5. Перечень графического материала

рисунков — 52, таблиц — 14

6. Консультанты по ВКР (с указанием относящихся к ним разделов)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Раздел | Консультант | Подпись, дата | |
| Задание выдал | Задание принял |
| \_ | \_ | \_ | \_ |
| \_ | \_ | \_ | \_ |

Дата выдачи задания«26» октября 2021 г.

Научный руководитель ВКР \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Федяев Ю.С.

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Тютюнов И.А.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование этапов  ВКР | Срок выполнения  этапов работы | Примечание |
| Подбор и анализ источников и научных изданий в соответствии с темой исследования | ноябрь-декабрь 2021 | Выполнено |
| Написание введения | май 2022 г. | Выполнено |
| Написание главы 1 | январь-февраль 2022 г. | Выполнено |
| Написание главы 2 | март-апрель 2022 г. | Выполнено |
| Написание главы 3 | март-апрель 2022 г. | Выполнено |
| Написание заключения | май 2022 г. | Выполнено |
| Оформление ВКР | май 2022 г. | Выполнено |
| Сдача ВКР | июль 2022 г. | Выполнено |

Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Тютюнов И.А.

Научный руководитель ВКР \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Федяев Ю.С.

**Содержание**

# ВВЕДЕНИЕ

**Обоснование выбора темы и ее актуальность**

В современном мире трудно переоценить значимость баз данных. Базы данных прочно укрепили свои позиции повсеместно в промышленных, образовательных, здравоохранительных, правоохранительных и в других общественно важных структурах, а также в сферах бизнеса. Также, базы данных активно используются в веб-сайтах и от оптимальности взаимодействия веб-сайтов с базой данных зависит скорость работы первых. В свою очередь, скорость работы веб-сайтов влияет на комфорт их использования пользователями.

Высокую нагрузку на базу данных вызывают операции создания, чтения, изменения и удаления данных. Эти операции можно объединить одной аббревиатурой — CRUD операции (Create, Read, Update, Delete).

Высокая нагрузка на базу данных, которая может возникать при выполнении CRUD-операции, увеличивает нагрузку на веб-сервер, что отрицательным образом сказывается на скорости работы веб-сайта в целом. Высокая нагрузка на веб-сервер потребует дополнительных затрат на его поддержку. А низкая скорость работы веб-сайта отрицательным образом скажется на комфорте использования сайта пользователями. Пользователей, в свою очередь, не будет устраивать скорость работы веб-сайта, в следствии чего они будут выбирать более производительные сайты конкурентов.

Таким образом, проблема оптимизации взаимодействия веб-сайта с базой данных очень актуальна. Особенно сильно это проблема актуально для веб-сайтов, занимающихся коммерческой деятельностью, например, интернет магазины. Ведь уровень комфорта использования интернет-магазинов напрямую влияет на количество активных пользователей, а соответственно, от этого зависит прибыль. Для решения проблемы оптимизации взаимодействия веб-сайта с базой данных, в рамках выпускной квалификационной работы, будут разработаны веб-библиотеки, реализующие методы оптимизации взаимодействия веб-сайта с базой данных.

**Предмет исследования**

Оптимизация работы веб-сайта.

**Объект исследования**

Оптимизация взаимодействия веб-сайта с базой данных.

**Цель работы**

Разработать веб-библиотеки, реализующие методы оптимизации взаимодействия веб-сайта с базой данных.

**Основные задачи исследования**

1. Изучить операции взаимодействия с базой данных;
2. Изучить методы оптимизации взаимодействия с базой данных;
3. Разработать веб-библиотеки, реализующие методы оптимизации взаимодействия веб-сайта с базой данных.

**Структура работы**

Работа состоит из введения, трёх глав, заключения и списка источников.

Во введении рассматривается актуальность работы, ставится цель и формулируются задачи, необходимые для достижения поставленной цели.

Первая глава представляет собой описание операций взаимодействия с базой данных.

Во второй главе описываются методы оптимизации взаимодействия с базой данных.

В третьей главе описывается разработка веб-библиотек реализующих методы оптимизации веб-сайта с базой данных.

В заключении делаются выводы по проделанной работе.

В конце работы приводится список использованных источников

# ГЛАВА 1. ТЕОРИТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ С БАЗОЙ ДАННЫХ

## Описание реляционных баз данных

Реляционные базы данных приобрели свою популярность в связи с реализацией в системах управления реляционных моделей, что является очень

удобным при работе с данными. Само понятие СУБД разработал англичанин Эдгара Кодд. Реляционные модели управления характеризуются своей простотой, удобной табличной форме, а также применением формальной математики и реляционных вычислений для обрабатываемых данных [1].

Хранение данных, в реляционных базах, имеют вид таблиц, которые состоят из строк и столбцов. Поля таблицы имеют собственное наименование. Столбцы таблицы могут иметь данные скалярного вида, такие как даты, числа и др.

Отношение таблиц, в реляционной базе данных, представляются как один к одному, многие ко многим или один ко многим.

Строки записей могут представляться в неограниченном количестве, но каждая запись отвечает за свое запись строк записей в таблице неограниченно, и каждая запись соответствует своей сути [2].

Данные, в реляционных моделях, представляют собой двумерный массив и характеризуются следующими особенностями:

1. Любая составляющая таблицы является одной составляющей данных;
2. Любой столбец имеет свое уникальное имя;
3. Отсутствие одинаковых строк в таблице;
4. Все составляющие в столбцах имеют однородный тип;
5. Строки и столбцы имеют произвольный порядок.

В качестве самых распространённых реляционных СУБД, можно выделить:

1. MS SQL Server;
2. SQLite;
3. MySQL;
4. PostgreSQL.

## Описание операций взаимодействия с базой данных

CRUD — акроним, который обозначает четыре базовые операции, используемые при взаимодействии с базой данных:

1. Создание (англ. create),
2. Чтение (англ. read),
3. Модификация (англ. update),
4. Удаление (англ. delete).

Акроним CRUD введён Джеймсом Мартином (англ. James Martin) в 1983 году как классификация функций по манипуляции данными [3].

В системах, реализующих доступ к базе данных с помощью архитектурного стиль взаимодействия REST-API, CRUD функции реализуются через типы запросов POST, GET, PUT и DELETE, соответственно [4].

Рассмотрим подробнее процесс создания новой записи. Функция «Create» предназначена для добавления новых строк в таблицу. Это можно сделать с помощью команды INSERT INTO — ключевого слова, за которым следует название таблицы. Далее указываются имена столбцов и значения, которые нужно вставить (листинг 1). Функция «INSERT INTO» добавит новые строки в таблицу, и каждой созданной записи будет присвоен свой уникальный идентификатор.

INSERT INTO table\_name

VALUES (value1, value2, value3, ...);

INSERT INTO table\_name (column1, column2, column3, ...)

VALUES (value1, value2, value3, ...);

Листинг 1 — Примеры запросов на добавление записи

Функция «Read», позволяет извлекать определенные записи из базы данных и считывать их значения. Это можно сделать с помощью команды SELECT — ключевого слова, за которым следует название таблицы. Ниже приведен пример такого запроса (листинг 2).

SELECT \* FROM table\_name

Листинг 2 — Пример запроса вывода данных

Этот запрос не внесет никаких изменений в таблицу, а отобразит все существующие записи в этой таблице. Также можно указать критерий поиска записей посредством добавления секции WHERE (листинг 3).

SELECT \* FROM table\_name

WHERE NAME LIKE ‘%a’

Листинг 3 — Пример запроса вывода данных с условием

Обновление «Update» — данная операция позволяет изменять существующих записей в базе данных. Это можно сделать с помощью команды UPDATE. При выполнении операции UPDATE необходимо определить целевую таблицу и столбцы, которые необходимо обновить (листинг 4). Также необходимо указать условие, по которому будут выбираться строки для обновления. В противном случае будут обновлены все указанные столбы таблицы.

UPDATE table\_name

SET column1 = value1, column2 = value2, ...

WHERE ID = 3;

Листинг 4 — Примеры запроса на обновление

Операция «Delete» используется для удаления записи из таблицы. Это можно сделать с помощью команды DELETE (листинг 5). В SQL реализована возможность удаления, как одной конкретной записи, посредством указания соответствующего, так и удаление всех записей, содержащихся в таблице.

DELETE FROM table\_name

WHERE ID = 3;

Листинг 5 — Пример запроса на удаление

Благодаря функциям чтения, создания, обновления и удаления удается организовать простое и правильное взаимодействие с хранимыми данными. Также позволяя разграничивать доступ пользователей по группам. Для одной группы разрешать только чтение записей, а другой предоставлять доступ к созданию и обновлению, удалению записей. Операции CRUD являются минимально необходимыми как для взаимодействия пользователей с системой, так и для разработчиков системы.

CRUD-операции требовательны к ресурсам веб-сервера, особенно это касается баз данных с большим количеством таблиц и строк в таблицах.

Операция «Read» способна спровоцировать высокую нагрузку на веб-сервер, в случае большого количества запросов к базе данных, например, по посещении страниц веб-сайта пользователями.

Операции «Create», «Update» и «Delete», кроме выполнения своих непосредственных функций, инициируют пересоздание индексов в таблицах баз данных, которые используются для более быстрого выполнения «Read» операций, что также создаёт дополнительную нагрузку на веб-сервер.

Следовательно, крайне важно оптимизировать взаимодействие с базой данных при выполнении CRUD-операций.

# ГЛАВА 2. ОПИСАНИЕ МЕТОДОВ ОПТМИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С БАЗОЙ ДАННЫХ

## 2.1. Метод кеширования результатов запросов к базе данных

В сфере вычислительной обработки данных кэш — это высокоскоростной уровень хранения, на котором требуемый набор данных, как правило, хранится в течении ограниченного периода времени.

На этом уровне доступ к данным осуществляется значительно быстрее, чем к основному месту их хранения. Кэширование позволяет эффективно повторно использовать ранее извлеченные или вычисленные данные.

Данные в кэше обычно хранятся на устройстве с быстрым доступом, таком как ОЗУ (оперативное запоминающее устройство), и могут использоваться совместно с программными компонентами. Основная функция кэша — ускорение процесса извлечения данных. Он избавляет от необходимости обращаться к менее скоростному базовому уровню хранения.

Небольшой объем памяти кэша компенсируется высокой скоростью доступа. В кэше обычно хранится только требуемый набор данных, причем временно, в отличие от баз данных, где данные обычно хранятся полностью и постоянно.

Поскольку ОЗУ и работающие в памяти сервисы обеспечивают высокие показатели скорости обработки запросов, или IOPS (количество операций ввода-вывода в секунду), кэширование повышает скорость извлечения данных и сокращает расходы при работе в больших масштабах. Чтобы обеспечить аналогичный масштаб работы с помощью традиционных баз данных и оборудования на базе жестких дисков, требуются дополнительные ресурсы. Использование этих ресурсов приводит к повышению расходов, но все равно не позволяет достигнуть такой низкой задержки, какую обеспечивает кэш в памяти.

Кэш используется на разных технологических уровнях, включая операционные системы, сетевые уровни, в том числе сети доставки контента (CDN) и DNS, интернет-приложения и базы данных.

С помощью кэширования можно значительно сократить задержки и повысить производительность операций ввода-вывода в секунду для многих рабочих нагрузок приложений с большой нагрузкой на чтение, например порталов для вопросов и ответов, игровых ресурсов, порталов для распространения мультимедиа и социальных сетей.

Кэшировать можно результаты запросов к базам данных, вычислений, которые требовательны к ресурсам, запросы к API и ответы на них, а также веб-артефакты, например файлы HTML, JavaScript и изображений.

Рабочие нагрузки, требующие больших вычислительных мощностей для обработки наборов данных, например сервисы рекомендаций и высокопроизводительное вычислительное моделирование, тоже могут эффективно использовать уровень данных в памяти в качестве кэша.

При реализации уровня кэша необходимо принимать во внимание достоверность кэшируемых данных. Эффективный кэш обеспечивает высокую частоту попаданий, то есть наличия в кэше запрашиваемых данных. Для удаления из кэша неактуальных данных применяются такие механизмы, как TTL (время жизни). Следует также понимать, требуется ли для среды кэширования высокая доступность. Если она необходима, можно использовать сервисы в памяти, такие как Redis [5].

Преимущества использования кеширования:

1. Повышение производительности приложений;
2. Сокращение затрат на поддержку базы данных;
3. Снижение нагрузки на серверную часть;
4. Повышение пропускной способности операций чтения (количество операций ввода-вывода в секунду).

## 2.2. Метод синхронного выполнения операций с базой данных

Синхронного выполнения операций с базой данных, таких как добавление, изменение, удаление данных, можно добиться использовав брокеры сообщений.

Брокер сообщений — это отдельный сервис, который отвечает за хранение и доставку данных от сервисов-отправителей к сервисам-получателям с помощью модели Publishers / Subscribers.

Publishers(писатели) публикуют новую информацию в виде сгруппированных по некоторому атрибуту сообщений;

Subscribers(читатели) подписываются на потоки сообщений с определенными атрибутами и обрабатывают их.

Группирующим сообщения атрибутом выступает очередь, которая нужна, чтобы разделять потоки данных. Таким образом, получатели могут подписываться только на те группы сообщений, которые их интересуют.

Очередь можно представить как канал связи, между писателем и читателем. Писатели кладут сообщения в очередь, после чего они передаются читателям, которые подписаны на эту очередь. Один читатель получает одно сообщение за раз, после чего оно становится недоступно другим читателям.

Под сообщением же подразумевается единица данных, обычно состоящая из тела сообщения и метаданных брокера. В общем случае, тело представляет из себя набор байт определенного формата.

Получатель обязательно должен знать этот формат, чтобы после получения сообщения иметь возможность обработать сообщение.

По такому принципу работает большинство брокеров сообщений, построенных на AMQP (Advanced Message Queuing Protocol) — протоколе, который описывает стандарт отказоустойчивого обмена сообщениями посредством очередей.

Данный подход обеспечивает несколько важных преимуществ:

1. Слабая связанность;
2. Масштабируемость;
3. Эластичность.

Слабая связанность достигается за счет асинхронной передачи сообщений: то есть, отправитель передаёт данные и продолжает работать, не дожидаясь ответа от получателя, а получатель обрабатывает сообщения, когда удобно ему, а не когда они были отправлены.

Масштабируемость. Если сообщения появляются в очереди быстрее, чем читатель успевает их обрабатывать мы можем запустить несколько читателей и подписать их на одну очередь.

Эластичность. Наличие между приложениями такой прослойки, как очередь, помогает справляться с пиковыми нагрузками: в этом случае очередь будет выступать буфером, в котором сообщения будут копиться и по мере возможности считываться читателем [6].

# ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ВЕБ-БИБЛИОТЕК

## Описание инструментов использованных при разработке

### Описание языка программирования PHP

PHP (Hypertext Preprocessor) — это интерпретируемый язык программирования общего назначения с открытым исходным кодом. PHP специально сконструирован для веб-разработок и его код может внедряться непосредственно в HTML [7]. Главная область применения PHP — это написание скриптов, которые выполняются на веб-сервере.

PHP является веб-ориентированным языком программирования с динамической типизацией. Этот язык программирования можно сочетать с HTML кодом. Как правило, программы, написанные на языке программирования РНР, выполняются на веб-сервере, а результат отправляется браузеру в виде HTML разметки. Синтаксис языка программирования PHP схож с синтаксисом языка Си.

Основные возможности языка программирования PHP:

1. Автоматическое извлечение POST- и GET-параметров, а также переменных окружения веб-сервера в предопределённые массивы;
2. Взаимодействие с большим количеством различных систем управления базами данных через дополнительные модули (MySQL, MySQLi, SQLite, PostgreSQL, Oracle Database (OCI8), Microsoft SQL Server, Sybase, ODBC, mSQL, IBM DB2, Cloudscape и Apache Derby, Informix, Ovrimos SQL, Lotus Notes, DB++, DBM, dBase, DBX, FrontBase, FilePro, Ingres II, SESAM, Firebird и InterBase, Paradox File Access, MaxDB, интерфейс PDO, Redis);
3. Автоматизированная отправка HTTP-заголовков;
4. Работа с HTTP-авторизацией;
5. Работа с cookies и сессиями;
6. Работа с локальными и удалёнными файлами, сокетами;
7. Обработка файлов, загружаемых на сервер;
8. Создание и работа с API;
9. Создание приложение с графическим интерфейсом пользователя при использовании Фреймворка Qt Designer;
10. Создание консольных приложений;

### Инструмент хранения данных Redis

Redis (Remote DIctionary Server) — это нереляционное хранилище структур данных в памяти с открытым исходным кодом (под лицензией BSD).

Redis предоставляет такие структуры данных как строки, хэши, списки, наборы, отсортированные наборы с запросами диапазона. С этими структурами данных можно выполнять атомарные операции, такие как добавление к строке, увеличение значения в хэше, добавление элемента в список, вычисление пересечения, объединения и разности множеств, или получение элемента с наивысшим рейтингом в отсортированном наборе [8].

Для достижения максимальной производительности Redis работает с набором данных в оперативной памяти. В зависимости от варианта использования, Redis может периодически сохранять данные на постоянное запоминающие устройство.

Redis может быть установлен на такие операционные системы, как: Linux, Windows, macOS.

Отличие Redis от реляционных СУБД:

1. Данные хранятся в оперативной памяти. Благодаря этому Redis выигрывает в производительности у реляционных СУБД;
2. Отсутствует язык SQL;
3. Данные хранятся не в виде таблиц, а в виде строк, списков, хешей, множеств, в том числе отсортированных.

В роли чего можно использовать Redis:

1. Как хранилище пользовательских сессий;
2. Как брокер сообщений;
3. Как СУБД для небольших приложений, блогов;
4. Для кэширования данных из основного хранилища, что значительно снижает нагрузку на реляционную базу данных. В качестве инструмента для кеширования Redis будет использован при разработке программного обеспечения для кеширования программных алгоритмов в рамках текущей работы;
5. Для хранения «быстрых» данных — когда важны скорость и критичны задержки передачи (аналитика и анализ данных, финансовые и торговые сервисы).

Основные команды для управления данными в Redis:

1. HSET — сохраняет значение по ключу;
2. HGET — получение значения по ключу (для определённого поля);
3. HGETALL — получение всех пар «ключ-значение»;
4. HKEYS и HVALS — получение всех ключей и соответствующих им значений.

С помощью подобных команд можно управлять данными непосредственно из командной строки операционной системы, что используется крайне редко. Зачастую, манипуляции с данными происходят с помощью языков программирования, для который существуют готовые библиотеки, позволяющие взаимодействовать с Redis.

Язык программирования PHP имеет встроенные средства для взаимодействия с Redis и не требует установки сторонних библиотек. В рамках выпускной квалификационной работы Redis использовался при разработке программного обеспечения для кеширования результаты работы программных алгоритмов.

### Описание протокола обмена сообщениями AMQP и брокера сообщений RabbitMQ

AMQP (Advanced Message Queuing Protocol) — открытый протокол для передачи сообщений между компонентами системы. Основная идея состоит в том, что отдельные подсистемы (или независимые приложения) могут обмениваться произвольным образом сообщениями через AMQP-брокер, который осуществляет маршрутизацию, возможно гарантирует доставку, распределение потоков данных, подписку на нужные типы сообщений [9]. Протокол AMQP вводит три понятия:

1. Exchange (обменник или точка обмена) — в неё отправляются сообщения. Обменник распределяет сообщение в одну или несколько очередей. Он маршрутизирует сообщения в очередь на основе созданных связей (binding) между ним и очередью
2. Queue (очередь) — структура данных на диске или в оперативной памяти, которая хранит ссылки на сообщения и отдает копии сообщений consumers (потребителям). Одна очередь может использоваться несколькими потребителями
3. Binding (привязка) — правило, которое сообщает точке обмена в какую из очередей эти сообщения должны попадать. Обменник и очередь могут быть связаны несколькими привязками

Протокол AMQP работает поверх протокола TCP/IP.

RabbitMQ — это реализация AMQP с открытым исходным кодом. Сервер написан на Erlang и поддерживает несколько клиентов, таких как: Python, Ruby, .NET, Java, JMS, C, PHP, ActionScript, XMPP, STOMP. Он используется для хранения и пересылки сообщений в распределенной системе и хорошо работает с точки зрения простоты использования, масштабируемости и высокой доступности. [RabbitMQ](https://www.rabbitmq.com/) маршрутизирует сообщения по всем базовым принципам протокола [AMQP](https://ru.wikipedia.org/wiki/AMQP). Отправитель передает сообщение брокеру, а тот доставляет его получателю. RabbitMQ реализует и дополняет протокол AMQP.

Основная идея модели обмена сообщениями в RabbitMQ заключается в том, что producer (издатель) не отправляет сообщения непосредственно в очередь. На самом деле и довольно часто издатель даже не знает, будет ли сообщение вообще доставлено в какую-либо очередь. Вместо этого издатель может отправлять сообщения только на обмен. С одной стороны, обмен получает сообщения от издателей, а с другой — отправляет их в очереди [10].

Работу RabbitMQ можно описать следующим образом:

1. Издатель отправляет сообщение определенному обменнику;
2. Обменник, получив сообщение, маршрутизирует его в одну или несколько очередей в соответствии с правилами привязки между ним и очередью;
3. Очередь хранит ссылку на это сообщение. Само сообщение хранится в оперативной памяти или на диске;
4. Как только потребитель готов получить сообщение из очереди, сервер создает копию сообщения по ссылке и отправляет;
5. Потребитель получает сообщение и отправляет брокеру подтверждение;
6. Брокер, получив подтверждение, удаляет копию сообщения из очереди. Затем удаляет из оперативной памяти и с диска;

В рамках выпускной квалификационной работы, брокер сообщений RabbiqMQ использовался при разработке программного обеспечения для обмена сообщениями по протоколу AMQP. Для взаимодействия PHP и RabbitMQ использовалась сторонняя PHP-библиотека php-amqplib/php-amqplib.

## Постановка задачи

Одни из самых ресурсоёмких операций с базой данных — это CRUD операции со строками таблиц. Под аббревиатурой CRUD скрываются такие операции как:

1. Создания записей (Create);
2. Чтение записей (Read);
3. Изменение записей (Update);
4. Удаление записей (Delete).

CRUD операции соответствуют следующие HTTP-методы:

1. Создать запись — метод POST;
2. Прочитать записать — метод GET;
3. Изменить запись — метод PUT;
4. Удалить запись — метод DELETE.

Зачастую, на веб-сайтах, CRUD-операции инициируют пользователи. Например, при посещении страниц веб-сайта, на которых присутствует динамически-изменяемая информация, хранящаяся в базе данных, пользователи инициируют операцию чтения данных. На крупных веб-сайтах, особенно в интернет-магазинах, где количество товаров исчисляется десятками тысяч и тысячами активных пользователей, операция чтения данных способна вызвать серьёзную нагрузку на сервер, в результате чего скорость загрузки страниц веб-сайта будет на неудовлетворительном уровне, а поддержка веб-сервера будет требовать больших финансовых затрат. Пользователей, в свою очередь, не будет устраивать скорость работы веб-сайта, в следствии чего будет уменьшаться количество активных пользователей, а следовательно, прибыль от работы интернет-магазина будет падать.

Для снижения нагрузки на базу данных, которую создают большое количество запросов на чтение записей, можно воспользоваться кешированием запросов к базе данных. Но простых в использовании веб-библиотек, предоставляющих возможность кешировать запросы к базе данных, найдено не было. Поэтому было решено разработать веб-библиотеку, которая позволит кешировать не только запросы к базе данных, а также и кешировать работу программных алгоритмов. А храниться кеш будет в оперативной памяти сервера, что положительно скажется на скорости сохранения кеша и получения кеша.

Что касается операций создания, изменения, удаления записей. Данные операции также инициируют пользователи веб-сайтов. Подобные операции могут вызываться, например, при отправке каких-либо заявок с сайта, оформление заказа, добавление и удаление товаров из корзины интернет-магазина. Когда тысячи пользователей инициируют подобные операции в один момент времени — это отрицательным образом сказывается на нагрузке как на базу данных, так и в целом на веб-сервер. В следствии чего, как и в случае запросов на чтение записей из базы данных, скорость работы сайта падает, количество активных пользователей уменьшается, финансовые затраты на поддержку веб-сервера увеличиваются.

Для снижения нагрузки на базу данных, которую вызывают операции создания, изменения, удаления записей, подойдёт отложенная обработка этих операций путём добавления их в очередь задач и дальнейшего выполнения задач, находящихся в очереди. Готовых, простых в использовании решений, позволяющих реализовать механизм добавления задач в очередь и механизм чтения задач из очереди, не было найдено. Поэтому, было решено разработать веб-библиотеку, которая позволит добавлять задачи в очередь, забирать задачи из очереди и их исполнять. Также разрабатываемая веб-библиотека будет отличаться высокой масштабируемостью. Под масштабируемостью подразумевается лёгкое создание произвольного количества очередей, а также создание произвольного количества обработчиков очередей. Для одной очереди может быть создано несколько обработчиков, что позволит ускорить обработку задач.

В итоге, была поставлена задача по разработке веб-библиотек:

1. Веб-библиотека для кеширования работы программных алгоритмов;
2. Веб-библиотека для добавления задач в очередь и выполнение этих задач.

Веб-библиотеки должны отличаться простотой в использовании, высокой производительностью и масштабируемостью.

## Разработка веб-библиотеки для кеширования работы программных алгоритмов

При разработке веб-библиотеки для кеширования программных алгоритмов использовались следующие инструменты:

1. Язык программирования php;
2. Нереляционное хранилище данных Redis;
3. Система контроля версия Git;
4. IDE PhpStorm.

У языка программирования php уже есть встроенные инструменты для взаимодействия с Redis. На основе этих инструментом и будет разработана веб-библиотека.

Веб-библиотека представляет из себя php-класс, который предоставляет инструменты взаимодействия с кешем, хранящемся в Redis.

Опишем методы класса. Самый основной метод — это конструктор класса, в который передаются параметры, от которых зависит куда или от куда будет получен кеш. Программный код конструктора класса отражён в листинге 6.

/\*\*

\* @param array $keyData - массив с данными, из которых нужно сделать ключ кеша

\* @param int $ttl - время жизни кеша

\* @param string $tag - теги кеша, можно использовать для удаления кеша по тегу

\*/

public function \_\_construct(array $keyData, int $ttl = 3600, string $tag = '')

{

$this->redis = new \Redis();

$this->redis->pconnect('localhost');

$keyData[] = $ttl;

if(!empty($tag))

{

$keyData[] = $tag;

}

$this->key = md5(serialize($keyData));

if(!empty($tag))

{

$this->key = "TAG\_" . $tag . ":" . $this->key;

}

$this->ttl = $ttl;

}

Листинг 6 — Конструктор класса веб-библиотеки для кеширования программных алгоритмов

В конструктор передаётся три параметра:

1. $keyData;
2. $ ttl;
3. $tag.

Параметр $keyData — это php массив с данными, от которых зависит идентификатор сохраняемого кеша. В дальнейшем, по этому идентификатору можно будет получить сохранённые в кеше данные. В качестве этого параметра, например, может выступать условие выборки записей из базы данных. Чтобы преобразовать параметр $keyData в идентификатор кеша, этот параметр сериализуется и хешируется с помощью алгоритма md5.

Параметр $ttl представляет из себя целочисленное значение и необходим для задания времени жизни кеша в секундах. Параметр является необязательным и по умолчанию его значение равно 3600 секунд.

Параметр $tag представляет из себя строку и необходим для поддержки механизма тегированного кеша. Одним тегом можно объединить множество закешированных данных. Затем, по тегу, можно либо получить или удалить данные, объединённые одним тегом.

Для получения закешированных данных реализован метод getCache. Программный код этого метода можно увидеть в листинге 7.

/\*\*

\* Получение закешированных данных. Если данных нет, то вернёт false

\* @return bool|array

\*/

public function getCache()

{

if($this->isExists())

{

return unserialize(self::$redis->get($this->key));

}

return false;

}

Листинг 7 — Метод для получения закешированных данных

В случае, если метод getCache не вернул результат, вызывается метод setCache, который предназначен для сохранения данных в кеш. В данный метод необходимо передать один параметр-массив, в котором должны находится сохраняемые в кеш данный. Программный код методе setCache представлен в листинге 8.

/\*\*

\* @param array $data - массив с данными, которые нужно сохранить в кеш

\*/

public function setCache(array $data)

{

self::$redis->set($this->key, serialize($data), $this->ttl);

}

Листинг 8 — Метод для сохранения данных в кеш

Для удаления кеша, объединённого одним тегом, реализован метод clearCacheByTag. В этот метод необходимо передать один параметр, являющийся тегом кеша. Программный код метода clearCacheByTag представлен в листинге 9.

/\*\*

\* Метод очищает кеш по тегу

\* @param string $tag - тег кеша

\* @return void

\*/

public function clearCacheByTag(string $tag): void

{

self::$redis->del($this->getKeysByTag($tag));

}

Листинг 9 — Метод для очистки кеша, объединённого общим тегом

Также, можно получить все закешированные данные, объединённые одним тегом. Для этого реализован метод getCacheByTag. Программная реализация этого метода представлена в листинге 10.

/\*\*

\* Метод очищает кеш по тегу

\* @param string $tag - тег кеша

\* @return array

\*/

public function getCacheByTag(string $tag): array

{

$arKeys = $this->getKeysByTag($tag);

$arResult = [];

foreach ($arKeys as $key)

{

if($data = self::$redis->get($key));

{

$arResult[] = $data;

}

}

return $arResult;

}

Листинг 10 — Метод получения данных, объединённых общим тегом

Таким образом была разработана веб-библиотека для кеширования работы программных алгоритмов.

Данная веб-библиотека обладает следующими возможностями:

1. Сохранение произвольных данных в кеш. Кеш сохраняется в оперативной памяти. Для хранения кеша в оперативной памяти использовался инструмент Redis;
2. Получение данных из кеша по ключу;
3. Задание времени жизни кеша;
4. Задание кешу произвольного тега для получения или удаление кеша по тегу;

## Разработка веб-библиотеки для синхронного выполнения операций с базой данных

При разработке веб-библиотеки использовались следующие инструменты:

1. Язык программирования php;
2. Composer — это менеджер пакетов для php;
3. Система контроля версия Git;
4. IDE PhpStorm.

Язык программирования php не имеет инструментов, реализующих стандарт отказоустойчивого обмена сообщениями посредством очередей по протоколу AMQP. Для этого была использована сторонняя веб-библиотека php-amqplib, которая была установлена с помощью менеджера пакетов php — Composer. На основе php-amqplib и была разработана веб-библиотека для синхронного выполнения операций с базой данных.

Библиотека представляет из себя три php класса:

1. Connector — класс для взаимодействием с брокером очередей (установка соединения, отправка и получение сообщений);
2. aMessageProcessing — абстрактный класс для обработки получаемых сообщений. Этот класс обеспечивает высокий уровень масштабируемости, при создании новых классов-обработчиков сообщений, за счёт наследования этого класса.

Рассмотрим основные методы класса Connector. Как было сказано ранее, данных класс обеспечивает соединение с брокером сообщений, а также предназначен для передачи сообщений и получения сообщений, с последующей его передачей в соответствующий класс-обработчик.

Метод getMappingRoutingKeyClass. Данный метод возвращает php-массив соответствий ключа маршрутизации и класса-обработчика сообщений. Ключ маршрутизации передаётся вместе с сообщением и необходим для передачи сообщения в нужный обработчик. Таким образом, при создании нового класса-обработчика, необходимо предусмотреть ключ маршрутизации для этого класса и записать это соответствие в метод getMappingRoutingKeyClass. Пример реализации этого метода можно увидеть в листинге 11.

/\*\*

\* Метод возвращает массив соответствий ключей маршрутизации сообщений и классов для обработки сообщений

\* @return array

\*/

private static function getMappingRoutingKeyClass():array

{

return [

Storage::ROUTING\_KEY => Storage::class,

];

}

Листинг 11 — Метод получения соответствий ключа маршрутизации и класса-обработчика сообщений

Метод getChannel. Данный метод предназначен для установления соединения с брокером сообщений. Внутри этого метода прописываются доступы к брокеру сообщений (хост, логин, пароль и порт). Данный метод возвращает экземпляр класса AMQPChannel, который реализован в веб-библиотеке php-amqplib. Программный код этого метода можно увидеть в листинге 12.

/\*\*

\* Метод создания подключения с брокером сообщений

\* @return AMQPChannel

\*/

private static function getChannel():AMQPChannel

{

$host = 'localhost';

$user = 'guest';

$password = 'guest';

$vhost = '/';

$port = 5672;

$connection = new AMQPStreamConnection($host, $port, $user, $password, $vhost);

$shutdown = function($connection, $channel)

{

if(!is\_null($connection)){

$connection->close();

}

if(!is\_null($channel)){

$channel->close();

}

};

register\_shutdown\_function($shutdown, $connection, $connection->channel());

return $connection->channel();

}

Листинг 12 — Метод инициализации соединения с брокером сообщений

Метод initRabbitConfig. Данный метод предназначен для воссоздания инфраструктуры в брокере очередей, а именно, создаётся обменник(exchange), очереди(queue) и очередям задаются ключи маршрутизации(binding). К одной очереди можно привязать несколько ключей маршрутизации. Данные для создания инфраструктуры берутся из классов, список которых возвращает метод getMappingRoutingKeyClass (листинг 11). Программный код метода initRabbitConfig можно увидеть в листинге 13.

/\*\*

\* Метод создания инфраструктуры в брокере сообщений

\*/

private static function initRabbitConfig()

{

$channel = self::getChannel();

$exchange = self::getExchange();

if(!empty($exchange))

{

$channel->exchange\_declare($exchange, AMQPExchangeType::DIRECT, false, true, false);

/\*\*

\* @var aMessageProcessing $CLASS

\*/

$arRk = self::getMappingRoutingKeyClass();

foreach ($arRk as $CLASS)

{

$queue = $CLASS::getQueueName();

$routingKey = $CLASS::getRoutingKey();

if(!empty($queue) && !empty($routingKey))

{

$channel->queue\_declare($queue, false, true, false, false);

$channel->queue\_bind($queue, $exchange, $routingKey);

}

}

$channel->getConnection()->close();

$channel->close();

}

}

Листинг 13 — Метод создания инфраструктуры в брокере сообщений

Метод processMessage. Данный метод отвечает за передачу сообщения соответствующему классу-обработчику сообщений. Метод требует два обязательных аргумента:

1. $routing\_key — ключ маршрутизации, для сопоставления сообщения и класса, который должен обработать сообщение;
2. $message — непосредственно само полученное сообщение.

Внутри метода определяется необходимый класс-обработчик, которому и передаётся полученное сообщение. Программный код метода processMessage можно увидеть в листинге 14.

/\*\*

\* Метод для обработки сообщения

\* @param string $routing\_key

\* @param string $message

\* @return array

\*/

private static function processMessage(string $routing\_key, string $message):array

{

$arResult = ['success' => false];

/\*\*

\* @var $obj aMessageProcessing

\*/

$className = self::getClassNameByRoutingKey($routing\_key);

if(!empty($className))

{

$obj = new $className($message);

$obj->runWork();

$arResult = ['success' => $obj->getResult()->isSuccess(), 'errors' => $obj->getResult()->getErrorMessages()];

}

else

{

$arResult['errors'][] = 'Некорректный ключ маршрутизации:' . $routing\_key;

}

return $arResult;

}

Листинг 14 — Метод обработки сообщения

Метод runWorkConsumer. Данные метод необходим для запуска обработки сообщений из очереди. В метод необходимо передать один параметр — это идентификатор очереди в брокере сообщений. Программный код метода можно увидеть в листинге 15.

/\*\*

\* Метод запускает Consumer для прослушивания очереди $queue

\* @param string $queue - название очереди, которую нужно прослушивать

\*/

public static function runWorkConsumer(string $queue)

{

self::initRabbitConfig();

/\*\* @var \PhpAmqpLib\Channel\AMQPChannel $channel \*/

$channel = self::getChannel();

$channel->basic\_consume($queue, '', false, false, false, false,

'\Igrik\Vkr\AMQP\Connector::process\_message\_callback');

$timeout = 0;

while ($channel->is\_consuming()) {

$channel->wait(null, false, $timeout);

}

}

Листинг 15 — Метод прослушивания очереди сообщений

Сам метод необходимо вызывать в скрипте, который должен непрерывно работать на веб-сервере и автоматически перезапускаться в случае его остановки.

Таким образом реализован php-класс Connector, который предназначен для создания соединения с брокером сообщений, а также реализует передачу сообщений в необходимый класс-обработчик.

Рассмотрим абстрактный класс aMessageProcessing. Этот класс должны наследовать все классы-обработчики сообщений. В нём реализована основная логика по обработке сообщений, что позволяет с лёгкостью масштабировать веб-библиотеку, добавляя новые классы-обработчики сообщений.

Классы-обработчики сообщений, которые наследую абстрактный класс aMessageProcessing обязательно должны описать следующие методы:

1. getRoutingKey — метод возвращающие ключ маршрутизации. Результат этого метода будет использован в классе Connector, для сопоставления классов-обработчиков и получаемых из брокера очередей сообщений;
2. getQueueName — метод возвращающий идентификатор очереди в брокере сообщений. Необходим для автоматического создания инфраструктуры в брокере сообщений с помощью метода initRabbitConfig класса Connector (листинг 13).
3. runProcessMessage — основной метод класса-обработчика сообщений, в котором должна быть реализована обработка полученного сообщения.

Работа с классами-обработчиками сообщений начинается с конструктора абстрактного класса aMessageProcessing, в который передаётся сообщение. А сам экземпляр класса-обработчика и обработка полученного сообщения инициируется в методе processMessage класса Connector (листинг 14).

Таким образом реализован абстрактный php-класс aMessageProcessing, который предназначен для создания классов-обработчиков сообщений, которые, в свою очередь, будут заниматься обработкой сообщений.

## Результат использования разработанных веб-библиотек

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

# СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мейер М. Теория реляционных баз данных. -М.: Мир, 1987. - 608 с.
2. Васильева К. Н., Хусаинова Г. Я. Реляционные базы данных // Colloquium-journal. 2020. №2 (54).
3. Основы построения баз данных: учебное пособие: / Д. В. Чмыхов, А. С. Сазонова, А. А. Тищенко. — Москва.
4. <https://restfulapi.net/http-methods/>
5. <https://aws.amazon.com/ru/caching/>
6. <https://itnan.ru/post.php?c=1&p=534858>
7. <https://www.php.net/manual/ru/intro-whatis.php>
8. <https://evilinside.ru/redis/>
9. <https://habr.com/ru/post/488654/>
10. https://biznessrussia.ru/dom-i-dacha/rabota-s-rabbitmq-php.html

# ПРИЛОЖЕНИЕ