**Отчёт обучающегося по практике**

Обучающийся: Мясников Максим Александрович Группа: ПИН-44

Направление: Программная инженерия 09.03.04

Образовательная программа:09.03.04 Программные технологии распределенной обработки информации

Вид практики: производственная технологическая практика

{Весенний/Осенний} семестр 2021/2022 учебного года

Место практики: ООО «Кодэстетик» (до 27.04.2021 ООО «АйТиГлобал»)

Руководитель практики от МИЭТ / Гагарина Л.Г. /

Руководитель практики   
от организации / Капитанов А.Е. /

Обучающийся / Мясников М.А. /

Содержание

[Введение 3](#_Toc98757815)

[1. Исследовательский раздел 4](#_Toc98757816)

[1.1. Актуальность предметной области 4](#_Toc98757817)

[1.2. Изучение предметной области 5](#_Toc98757818)

[1.2.1. Протоколы работы с электронной почты 5](#_Toc98757819)

[1.2.2. Подходы к построению API веб-служб 7](#_Toc98757820)

[1.2.3. Авторизация и аутентификация 9](#_Toc98757821)

[1.2.4. Почтовые сервера 11](#_Toc98757822)

[1.3. Обзор существующих аналогов 14](#_Toc98757823)

[1.3.1. Microsoft Graph 14](#_Toc98757824)

[1.3.2. Gmail API 15](#_Toc98757825)

[1.3.3. Mail.ru для бизнеса 16](#_Toc98757826)

[1.4. Сравнение существующих аналогов 16](#_Toc98757827)

[1.5. Цель и задачи разработки 17](#_Toc98757828)

[1.6. Концептуальная модель предметной области 17](#_Toc98757829)

[1.7. Структура входных и выходных данных 20](#_Toc98757830)

[Выводы исследовательского раздела 22](#_Toc98757831)

[2. Конструкторский раздел 23](#_Toc98757832)

[2.1. Выбор языка и среды программирования 23](#_Toc98757833)

[2.1.1. Выбор языка программирования 23](#_Toc98757834)

[2.1.2. Выбор среды программирования 27](#_Toc98757835)

[2.2. Алгоритм и методы работы ВС ДЭП 28](#_Toc98757836)

[2.2.1. Алгоритм работы ВС ДЭП 29](#_Toc98757837)

[2.2.2. Логирование 30](#_Toc98757838)

[2.2.3. Документирование API 31](#_Toc98757839)

[2.3. Пользовательский интерфейс ВС ДЭП 33](#_Toc98757840)

[2.3.1. Технологии разработки пользовательского интерфейса 33](#_Toc98757841)

[2.3.2. Переопределяемые компоненты 34](#_Toc98757842)

[2.3.3. Форма авторизации 35](#_Toc98757843)

[Выводы конструкторского раздела 35](#_Toc98757844)

[Список литературы 37](#_Toc98757845)

# Введение

В современном мире сложно представить такого человека, который не имел бы своего электронного почтового ящика. Более того, люди имеют в своем распоряжении по нескольку электронных почтовых адресов, которые могут относиться к одному или к разным почтовым серверам. Во втором случае доступ к письмам, хранящимся на сервере, обычно осуществляется с помощью сервисов, предоставляемых теми же компаниями, что и являются владельцами сервера, к которому относится адрес электронной почты. Так, для сервера yandex.ru используется сервис «Яндекс.Почта», для mail.ru, inbox.ru, bk.ru, internet.ru – «Почта Mail.ru», для gmail.com – «Gmail», для outlook.com – «Outlook.com» и т. п.

При наличии нескольких электронных почтовых адресов, их обход и проверка всех почтовых ящиков на наличие новых писем, может превратиться в сложную задачу. Также обладатель нескольких почтовых адресов, может столкнуться с проблемой, поиска письма, принадлежность которого к какому-либо из почтовых ящиков он забыл. В таком случае ему придется проверять всех их в поисках потерянного письма, что может быть довольно-таки утомительным процессом.

Для решения этих проблем, хотелось бы иметь единый доступ к имеющимся электронным почтовым ящикам.

# Исследовательский раздел

## Актуальность предметной области

Электронная почта является востребованной технологией, позволяющей вести переписку (личную, деловую), передавать как текстовые сообщения, так и файлы различных форматов; служащей для регистрации на различных сервисах.

Наличие у человека нескольких адресов электронной почты является распространённым явлением. Для облегчения доступа к различным электронным почтовым ящикам существуют различные решения: почтовые сервисы (упомянутые выше «Яндекс.Почта», «Почта Mail.ru», «Gmail» и т. д.) и настольные почтовые клиенты (такие как «Microsoft Outlook», «Mozilla Thunderbird», «The Bat!», «eM Client», «Mailbird» и т. п.)

Однако эти решения являются завершенными продуктами и зачастую не являются расширяемыми. Интегрировать функциональность из этих решений в свое также не представляется возможным. Если разработчику понадобится реализовать в своем продукте работу с почтовыми серверами и почтовыми ящиками, ему придется разрабатывать этот функционал самостоятельно. Так, различные разработчики тратят время на одни и те же действия в своих продуктах.

Конечно, некоторые компании предоставляют API для некоторых методов и функций для взаимодействия с их почтовым сервером, но не более. Это может быть полезным, если нужно взаимодействовать только с одним почтовым сервером. Если же планируется работа с различными почтовыми серверами, то решение может быть построено на подключении веб-служб для тех серверов, компании которых предоставляют такие службы; иначе необходимо реализовывать связь с сервером напрямую. Всё это сказывается на скорости разработки и перегруженности приложения. Эти проблемы можно было бы решить, разработав веб-службу, которая будет включать в себя методы взаимодействия с различными почтовыми серверами.

На рисунке 1.1 изображен принцип взаимодействия приложений с почтовыми серверами до и после введения ВС ДЭП.



Рисунок 1.1 – Иллюстрация принципа взаимодействие приложений с почтовыми серверами до и после введения ВС ДЭП

Поэтому, принято решение разработать веб-службу с открытым интерфейсом для доступа к различным почтовым ящикам. В дальнейшем веб-службу можно будет использовать как самостоятельно, так и в силу открытого интерфейса встраивать в другие приложения.

## Изучение предметной области

### Протоколы работы с электронной почты

На данный момент основными протоколами для получения электронных писем с почтового сервера являются POP3 и IMAP.

POP3 (Post Office Protocol Version 3 – 3-я версия протокола почтового отделения) – интернет-протокол прикладного уровня, используемый для получения электронной почты с удаленного почтового сервера. Принцип работы с протоколом заключается в проверке удаленного сервера на наличие новых писем, последующего их скачивания на устройство пользователя и удаление скачанных писем с сервера. При этом письмо скачивается целиком, со всеми вложениями. К преимуществам такого подхода получения писем можно отнести:

* экономия трафика, так как письма загружаются в локальное хранилище один раз, и хранятся на нем;
* быстрый доступ к вложениям, т.к. они загружаются вместе с письмами;
* сохранение незаполненным дискового пространства почтового сервера, выделенного под почтовый ящик.

Однако, также можно выделить и ряд недостатков данного подхода:

* риск потери данных при поломке локального носителя, на котором хранятся загруженные письма;
* невозможность синхронизации между несколькими компьютерами.

Таким образом, данный подход подошел бы пользователям, которым достаточно иметь доступ к электронной почте с одного устройства, при условии, что они будут периодически выполнять резервирование данных, с целью снижения риска потери загруженных писем.

IMAP (Internet Message Access Protocol – протокол доступа к интернет-сообщениям) – интернет-протокол прикладного уровня, также как и POP3, служащий для получения доступа к электронным письмам на удаленном почтовом сервере. Разработанный как альтернатива протоколу POP3, имеет ряд доработок, связанных с возможностью работы с почтой непосредственно на сервере, без загрузки их на локальное устройство. Так, к преимуществам протокола IMAP перед POP3 можно отнести:

* хранение писем на почтовом сервере, а как следствие меньший риск их потерять;
* возможность одновременного доступа к письмам с нескольких устройств;
* установка флагов письмам (прочитано, отвечено, черновик и т. п.).

Переход к постоянному хранению писем на почтовом сервере, помимо преимуществ имеет и несколько недостатков:

* необходимость постоянного интернет-соединения для доступа к почтовому ящику;
* хоть риск потери электронных писем и ниже, чем при работе с POP3 и хранением писем на локальном устройстве, вероятность поломки серверного оборудования также присутствует.

Исходя из выше написанного следует что протокол IMAP является более универсальным по сравнению с POP3. Если у пользователя нет проблемы с доступом в интернет и получение писем не ограничено одним единственным устройством, то следует использовать именно IMAP.

### Подходы к построению API веб-служб

Основными подходами к построению API веб-служб являются RESTful API и SOAP API. Если первый подход основывается на архитектурном стиле REST (Representational State Transfer – передача репрезентативного состояния), то второй – на протоколе обмена сообщениями SOAP (Simple Object Access Protocol – простой протокол доступа к объекту). Оба подхода имеют существенные различия.

Рассмотрим, что из себя представляет протокол SOAP. Сообщение по протоколу SOAP передаются в формате XML, и имеют структуру:

* envelope – корневой элемент, являющийся обязательным;
* header – заголовок; необязательный элемент, содержащий атрибуты сообщения;
* body – тело; обязательный элемент содержащий непосредственно сообщение;
* fault – ошибки; необязательный элемент, в котором описываются ошибки.

На рисунке 1.2 изображен пример сообщения SOAP-запроса.



Рисунок 1.2 – Сообщение SOAP-запрос

На рисунке 1.3 изображен пример сообщения SOAP-ответа.



Рисунок 1.3 – Сообщение SOAP-ответ

Строгость спецификации SOAP-сообщений, с одной стороны, является их преимуществом, так как представляет собой строгий стандарт, но тем самым усложняет реализацию.

К преимуществам SOAP также относится неразрывно идущий с этим протоколом WSDL (Web Service Description Language) – язык описания веб-сервисов. WSDL как и SOAP имеет XML-синтаксис и полностью описывает функции и процедуры веб-службы и способы доступа к ним.

В отличие от SOAP API подхода, использующего в своей основе протокол обмена сообщений, RESTful API подход основывается на архитектурном стиле REST. Иными словами, здесь нет строго стандарта, но есть набор правил, которым следует придерживаться:

* модель клиент-сервер;
* отсутствие хранения состояния клиента между запросами на сервере;
* кэширование ответов сервера;
* единообразие интерфейса;
* иерархическая структура сетей (слои)
* код по требованию (расширение функциональности клиента за счет получаемых с сервера сценариев)

Вызов функции или процедуры веб-службы при REST подходе представляет собой HTTP-запрос, определяющий к чему обратиться по конечной точке и HTTP методу. Особое внимание стоит уделить использованию методов HTTP – в RESTful API принято использовать:

* GET – для получения ресурса;
* POST – для создания ресурса;
* DELETE – для удаления ресурса;
* PUT – для обновления ресурса.

На таблице 1.1 приведен пример того, как может выглядеть набор функций созданных для RESTful API для класса Customer (клиент).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ресурс | POST | GET | PUT | DELETE |
| /customers | Создание нового клиента | Получение всех клиентов | Обновление всех клиентов | Удаление всех клиентов |
| /customers/1 | - | Получение сведений о клиенте 1 | Обновление сведений о клиенте 1 | Удаление клиента 1 |
| /customers/1/orders | Создание нового заказа для клиента 1 | Получение всех заказов для клиента 1 | Обновление заказов клиента 1 | Удаление всех заказов клиента 1 |

Таблица 1.1 – Пример действий веб-службы для различных HTTP методов и конечных точек.

При этом, в отличие от SOAP, REST не огранивает сообщения определённым форматом представления данных. Хотя наибольшее распространение и имеет формат JSON (который является более гибким и удобочитаемым чем XML), в сообщения могут передаваться и в XML формате, а также в виде обычного текста или бинарных данных и т. п.

Если у SOAP есть WSDL как способ описания, в REST применяется спецификация открытого API (OAS – open API specification), представленная фреймворком Swagger.

### Авторизация и аутентификация

Для обеспечения безопасности данных пользователей, учетные записи ограничиваются определенным набором возможных действий. Выдача прав на какое-либо действие подразумевает под собой процесс авторизации. Таким образом чтобы пользователь получил доступ к своим данным, он должен пройти процесс авторизации. Но чтобы пройти процесс авторизации, нужно сначала пройти два других процесса: идентификацию и аутентификацию. Во время идентификации пользователь однозначно определяется в системе по имени учетной записи. Аутентификация – это проверка подлинности субъекта, пытающегося авторизоваться. Чаще всего эта проверка происходит путем предоставления пароля учетной записи.

Однако проверки только по паролю часто может быть недостаточно, т.к. злоумышленник различными способами может получить доступ к паролю от учетной записи какого-либо пользователя. Для повышения уровня защиты доступа к данным пользователей применяется многофакторная аутентификация, в том числе широко распространена двухфакторная аутентификация.

Многофакторная аутентификация представляет собой комбинацию нескольких факторов аутентификации, а именно:

* фактор знания (authentication by knowledge);
* фактор владения (authentication by ownership);
* фактор биометрических характеристик (authentication by characteristic).

Фактор знания (something they know – что-то известное) – пароль либо PIN-код (personal identification number – персональный идентификационный номер). Основным его преимуществом является возможность изменения и использования без специальных устройств.

Фактор владения (something they have – что-то чем обладают) – ключ-флешка или магнитная карта, OTP-токен (устройство генерирующее одноразовый пароль). Главным преимуществом этого фактора по сравнению с первым является сложность создания дубликата, а как следствие использования злоумышленниками. С другой стороны, физические носители могут быть просто украдены.

Фактор биометрических характеристик (something they are – что-то присущее) – отпечаток пальца, рисунок сетчатки глаз, голос. Данный фактор является наиболее сильным, но в тоже время и наиболее дорогим, т.к. производство периферийных устройств, эффективно распознающих биометрические характеристики, достаточно дорогое.

Таким образом, каждый из факторов имеет как сильные, так и слабые стороны, поэтому они применяются в связке, компенсируя друг друга. Часто можно встретить связку первого и второго фактора, с определенной модификацией: OTP-token может быть заменен, на приложение на телефоне, генерирующее одноразовые пароли.

Для одновременной генерации одноразовых паролей в системе, и на устройстве-генераторе пользователя, используются различные алгоритмы, такие как: TOTP (time-based one-time password – базируемый на времени одноразовый пароль) и HOTP (HMAC-based one-time password – базируемый на хеше одноразовый пароль; HMAC – hash-based message authentication code, базируемый на хеше код аутентификации сообщений).

### Почтовые сервера

Рассмотрим особенности взаимодействия с почтовыми серверами таких компаний как «VK» (до 12 октября 2021 г. «Mail.ru Group»), «Яндекс», «Google» и «Microsoft».

##### Почта Mail.ru («VK»)

Для доступа к почтовому ящику следует обращаться к серверам «imap.mail.ru» (IMAP-сервер) и «pop.mail.ru» (POP3-сервер). В силу использования протокола шифрования SSL/TLS, используемые порты: IMAP – 993, POP3 – 995.

При процессе авторизации, для идентификации и аутентификации используются имя пользователя (полное имя почтового ящика, включая логин, «@» и домен) и пароль (пароль для внешнего приложения). Внешними приложениями считаются все кроме сервисов Mail.ru: Агент, Облако, Почта, Мой Мир.

Для аутентификации через внешнее приложение необходимо заранее через сервисы Mail.ru создать пароль для внешних приложений. Это может быть как один пароль, так и несколько (рекомендуется использовать разные внешние пароли для разных приложений). Так, если злоумышленник получит доступ к внешнему паролю, у него все равно не будет полномочий ко всем возможностям учетной записи, а только к почтовому ящику. При такой утечке внешнего пароля он просто удаляется в настройках учетной записи.

На рисунке 1.4 приведена экранная форма «Пароль для внешнего приложения создан», отображаемая при создании нового пароля для внешних приложений.



Рисунок 1.4 – Пароль для внешнего приложения

Яндекс.Почта («Яндекс»)

Для доступа к почтовому ящику следует обращаться к серверам «imap.yandex.ru» (IMAP-сервер) и «pop.yandex.ru» (POP3-сервер). В силу использования протокола шифрования SSL/TLS, используемые порты: IMAP – 993, POP3 – 995.

Также как и для доступа к почтовым ящикам mail.ru, здесь используются полное имя почтового ящика и пароль для внешнего приложения. Особое внимание уделяется тому, что при создании пароля внешнего приложения его можно увидеть только один раз. При его потере рекомендуется удалить потерянный и создать новый.

На рисунке 1.5 представлена экранная форма «Пароли приложений», показывающая все имеющиеся пароли внешних приложений.



Рисунок 1.5 – Список паролей для внешних приложений

Все созданные пароли внешних приложений сбрасывается если происходит одно из следующих событий:

* смена основного пароля;
* включение/выключение двухфакторной аутентификации;
* восстановление доступа к учетной записи;
* «выход на всех устройствах».

После этого необходимо заново создавать пароли внешних приложений.

Gmail («Google»)

Для доступа к почтовому ящику следует обращаться к серверам «imap.gmail.com» (IMAP-сервер) и «pop.gmail.com» (POP3-сервер). В силу использования протокола шифрования SSL/TLS, используемые порты: IMAP – 993, POP3 – 995.

Для получения доступа к почтовым ящикам google для идентификации используется полное имя почтового ящика, но в отличие от mail.ru и yandex.ru, здесь нет обязательного пароля внешних приложений. Для аутентификации используется пароль Gmail (но, если в учетной записи google включена двухфакторная аутентификация – используется пароль для внешних приложений).

Следует отметить, что во взаимодействии с почтовыми серверами «Google» существуют определённые ограничения. Так, превышение лимита по трафику для протокола IMAP (не более 2500 МБ в день на скачивание и не более 500 МБ в день на загрузку) может привести к блокировке учетной записи. Также для одного аккаунта разрешено не более 15 одновременных подключений по протоколу IMAP. По протоколу POP3 можно включить доступ только на одном клиенте.

Outlook («Microsoft»)

Для доступа к почтовому ящику следует обращаться к серверу «outlook.office365.com». В силу использования протокола шифрования SSL/TLS, используемые порты: IMAP – 993, POP3 – 995.

Для подключения по протоколу IMAP для этого существует нерешенная проблема – может возникнуть ошибка подключения если подключено несколько клиентов к одной учетной записи.

## Обзор существующих аналогов

### Microsoft Graph

«Microsoft Graph» - представляет собой набор API, предоставляющий доступ к данным и средствам искусственного интеллекта в Microsoft 365. Благодаря этому обеспечивается единая модель программируемости, которую можно использовать для доступа к колоссальному объему данных в Microsoft 365, Windows 10 и Enterprise Mobility + Security.

Microsoft Graph предоставляет интерфейсы REST API и клиентские библиотеки для доступа к данным в различных облачных службах Майкрософт. Для версии API Microsoft Graph v1.0 конечной точкой является graph.microsoft.com/v1.0

Microsoft Graph позволяет получать авторизованный доступ к данным почты Outlook в личной или корпоративной учетной записи.

Служба предоставляет доступ к следующему функционалу:

* создание, чтение, ответ, пересылка, отправка, обновление или удаление сообщений;
* запрос сообщений и их получение в папке поиска;
* получение содержимого сообщения или его вложения;
* добавление, получение или удаление вложений сообщения;
* получение настроек языка и часовых поясов для пользователя;
* получение или обновление автоматического ответа, языкового стандарта, часового пояса или рабочего времени пользователя;
* поиск и фильтрация сообщений;
* получение уведомлений об изменениях сообщений в папке;
* синхронизация сообщений или иерархии папок почты.

### Gmail API

Gmail API представляет собой набор API предоставляемый сервисом gmail.googleapis.com. Данный сервис позволяет просматривать и управлять данными почтового ящика Gmail, такими как:

* сообщение – сообщение электронной почты, состоящее из отправителя, получателя, темы и тела письма. Созданное сообщение является неизменяемым.
* поток сообщений – набор связанных сообщений, формирующих переписку-беседу (когда получатель отвечает на сообщение своим собственным сообщением).
* метка – механизм организации сообщений и потоков, позволяющий разделить их на категории. Метки делятся на системные («INBOX» – входящие, «TRASH» – корзина, «SPAM» – спам) и пользовательские.
* черновик – неотправленное сообщение. В отличии от неизменяемых сообщений, черновик до его отправки и преобразования в сообщение может быть изменен.
* возможности, предоставляемые сервисом:
* извлечение данных для чтения, индексирование, резервное копирование;
* автоматическая и программная отправка сообщений;
* миграция учетной записи электронной почты;
* фильтрация и сортировка писем;
* стандартизация подписей электронной почты в организации.

Подробное описание возможностей, предоставляемых сервисом, можно получить по адресу https://developers.google.com/gmail/api/reference/rest.

Существенным и самым явным недостатком Gmail API является возможность доступа исключительно к учетным записям почтового ящика Gmail.

### Mail.ru для бизнеса

Сервис «Mail.ru для Бизнеса» предоставляет почтовый сервис для компаний, с возможностью миграции писем с других почтовых серверов на новые почтовые ящики, созданные для сотрудников компании-пользователя. Часть функционала данного сервиса, в том числе и миграция писем, доступна через API по адресу biz.mail.ru/api/v1/

## Сравнение существующих аналогов

В таблице 1.2 отображено сравнение аналогов по основным параметрам.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Microsoft Graph | Gmail API | Mail.ru для Бизнеса | ВС ДЭП |
| Взаимодействие с различными почтовыми серверами | Нет,  (только сервер Outlook) | Нет, (только сервер Google) | Производит миграцию писем с почтовых ящиков различных серверов, на свой сервер | Да |
| Наличие документации | Да,  https://biz.mail.ru/developer/api.html | Да,  https://developers.google.com/gmail/api/reference/rest | Да,  https://docs.microsoft.com/ru-ru/graph/outlook-mail-concept-overview | Да |
| Формат данных | Json | Json | Json | Json, Xml |
| Работа одновременно с несколькими почтовыми ящиками | Нет | Нет | Да | Да |
| Возможность просмотра сообщений | Да | Да | Нет | Да |

Таблица 1.2 – Обзор существующих аналогов

## Цель и задачи разработки

Целью данной работы является повышение скорости разработки приложений, включающих в себя работу с различными почтовыми серверами и почтовыми ящиками.

Задачами разрабатываемой веб-службы являются:

* доступ к электронным письмам посредством протокола POP3;
* доступ к электронным письмам посредством протокола IMAP;
* взаимодействие с часто используемыми почтовыми серверами;
* взаимодействие с иными почтовыми серверами по указанию пользователя;
* регистрация учетных записей в службе;
* подключение учетной записи к нескольким электронным почтовым ящикам;
* обеспечение дополнительной защиты учетных записей пользователей двухфакторной системой аутентификации.

## Концептуальная модель предметной области

На основе проведенного исследования предметной области и сформированных задач, составим концептуальную модель предметной области.

На рисунке 1.6 представлена инфологическая модель предметной области, наиболее подробно отображающая концептуальную модель.

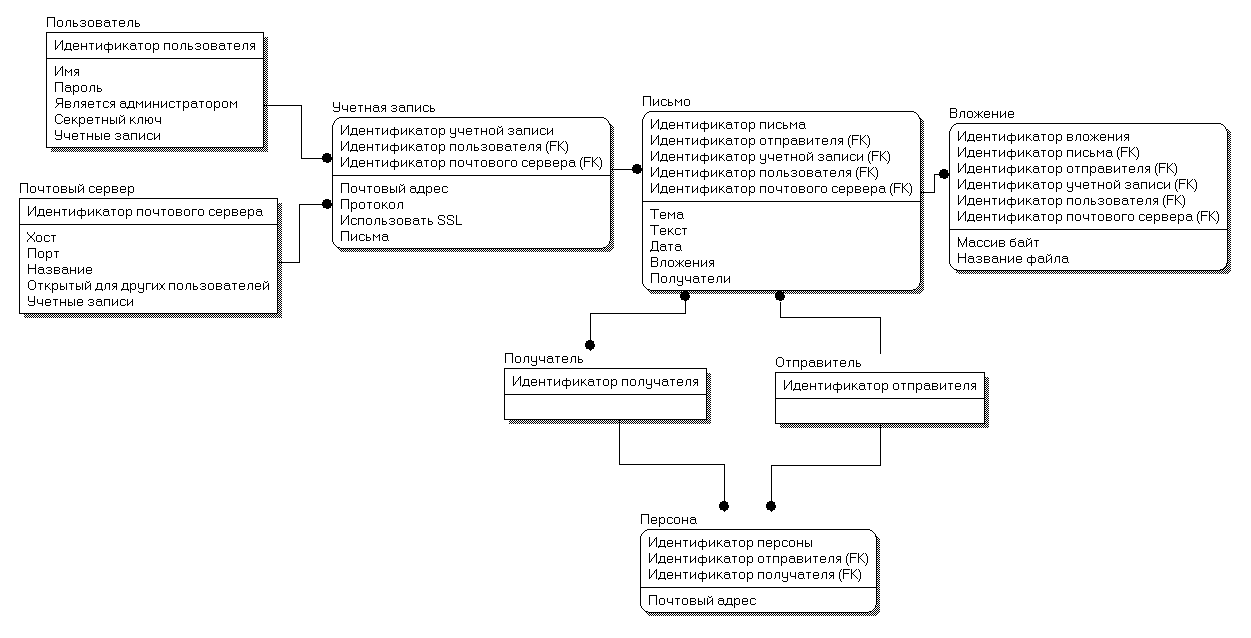


Рисунок 1.6 – Инфологическая модель предметной области

Опишем подробнее назначение сущностей и их атрибутов.

Сущность «Пользователь» представляет собой учетную запись ВС ДЭП. Включает в себя атрибуты имени и пароля, секретный ключ, необходимые чтобы авторизоваться; пользователь также может являться администратором, что дает ему дополнительные полномочия (создание новых пользователей, сброс паролей, настройка почтовых серверов). Атрибуты сущности «Пользователь»:

* S Идентификатор пользователя (целое число больше 0);
* S Имя (строка до 255 символов);
* S Пароль (строка до 255 символов);
* S Является администратором (логический тип);
* D Секретный ключ (строка до 255 символов);
* DN Учетные записи (список «Учетная запись»).

Сущность «Учетная запись» хранит в себе информацию об учетных записях почтовых серверов пользователей, а именно: почтовый адрес пользователя, тип протокола подключения, необходимо ли при подключении использовать SSL и ссылку на почтовый сервер. Атрибуты сущности «Учетная запись»:

* S Идентификатор учетной записи (целое число больше 0);
* S Идентификатор пользователя (целое число больше 0);
* S Идентификатор почтового сервера (целое число больше 0);
* S Почтовый адрес (строка до 255 символов);
* S Протокол (строка до 255 символов);
* S Использовать SSL (логический тип);
* DN Письма (список «Письмо»).

Сущность «Почтовый сервер» — это информация необходимая для подключения к почтовому серверу: хост и порт, также хранимые почтовые сервера имеют название и параметр определяющий будет ли отображаться другим пользователям почтовый сервер, предложенный пользователем. Атрибуты сущности «Почтовый сервер»:

* S Идентификатор почтового сервера (целое число больше 0);
* S Хост (строка до 255 символов);
* S Порт (целое число больше 0);
* D Название (строка до 255 символов);
* D Открытый для других пользователей (логический тип);
* DN Учетные записи (список «Учетная запись»).

Сущность «Письмо» хранит в себе информацию, передаваемую в электронном письме. Атрибутами письма являются тема, дата, текст письма, а также отправитель, получатели и вложения. Атрибуты сущности «Письмо»:

* S Идентификатор письма (целое число больше 0);
* S Идентификатор отправителя (целое число больше 0);
* S Идентификатор учетной записи (целое число больше 0);
* S Идентификатор пользователя (целое число больше 0);
* S Тема (строка до 255 символов);
* S Текст (текст);
* S Дата (тип даты-времени);
* S Вложение («Вложение»);
* S Получатели (список «Получатели).

Сущности «Получатель» и «Отправитель» связывают «Письмо» и сущностью «Персона», которая хранит почтовый адрес получателей и отправителей писем. Атрибуты сущности «Персона»:

* S Идентификатор персоны (целое число больше 0);
* S Идентификатор отправителя (целое число больше 0);
* S Идентификатор получателя (целое число больше 0);
* S Почтовый адрес (строка до 255 символов).

Сущность «Вложение» необходима для хранения пришедших с письмом файлов: их названий и массива байт. Атрибуты сущности «Вложение»:

* S Идентификатор вложения (целое число больше 0);
* Массив байт (массив байт)
* Название файла (строка до 255 символов).

На основе описанной инфологической модели построим диаграммы «сущность связь» (диаграмма ER-типа). Эта диаграмма наглядно показывает, как сущности (entities) соотносятся и взаимодействуют между собой посредством связей (relationships). Связи в такой диаграмме могут иметь тип: «один-к-одному», «один-ко-многим», «многие-ко-многим». Диаграмма «сущность-связь» изображена на рисунке 1.7.



Рисунок 1.7 – Диаграмма «сущность-связь»

## Структура входных и выходных данных

Взаимодействие со службой производится при помощи HTTP-запросов, формируемых на клиентской стороне. Входные данные поступают в формате JSON и представляют из себя:

* данные авторизации;
* запрос на действие с письмом или письмами;
* запрос настройки учетной записи.

Выходными данными является HTTP-ответ. Данные в нем представлены в JSON-формате и являются ответами на запросы:

* сообщение о результате выполнении запроса;
* запрошенным письмом или письмами.

В процессе обработки запросов и подготовки ответов данные в ВС ДЭП представлены классами данных, описанных в концептуальной модели. Таким образом при получении запроса и отправки ответа происходит десериализация из формата JSON и сериализация этих данных в формат JSON соответственно.

Наглядное отображение преобразование входных данных во внутренне представление и данных во внутреннем представлении в выходные данные изображено на рисунке 1.8.

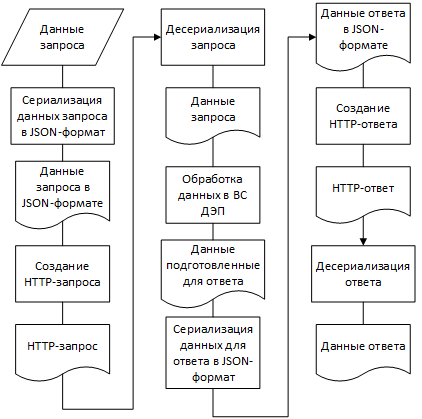


Рисунок 1.8 – Схема данных ВС ДЭП

## Выводы исследовательского раздела

В исследовательском разделе проведено исследование предметной области, определена актуальность изучаемой проблемы, рассмотрены существующие аналоги (т.е. аналогичных программных средств и методов – программных технологических решений изучаемой проблемы). На основе этого поставлены цель и задачи разработки веб-службы, отвечающей критериям, выявленным при изучении аналогов. После этого была описана концептуальная модель предметной области, на основании которой были описаны наборы входных и выходных данных, форматы внутреннего представления данных в программе. На основании информационных потребностей пользователей определены требования к алгоритмам работы программы.

# Конструкторский раздел

## Выбор языка и среды программирования

Для разработки ВС ДЭП был проведен анализ языков программирования, их сравнение. После выбора языка программирования также были изучены среды разработки, предназначенные для выбранного языка. Анализ и сравнение языков программирования, а в последствии сред разработки позволяет выбрать оптимальный вариант для решения поставленных задач.

### Выбор языка программирования

Для выбора, наиболее подходящего для реализации задач языка программирования, выделим критерии для анализа.

Прежде всего, язык должен поддерживать парадигму объектно-ориентированного программирования (ООП). В основе данной методологии лежит понятия объектной модели, формируемой с помощью системы классов и объектов. Основными принципами ООП являются: абстракция, инкапсуляция, наследование и полиморфизм.

Объектно-ориентированный подход, помимо прочего, помогает упростить взаимодействие базами данных, предоставляя удобную возможность для проектирования сущностей. При проектировании ВС ДЭП не обойтись без таких сущностей как «Пользователь», «Письмо».

Однако существуют процессы, которые не должны хранить состояния, но сопоставлять и передавать данные. Авторизация (аутентификация?) будет более уязвимой если данные участвующие в этом процессе будут открыты к внешним изменениям. Для решения подобных задач применима функциональная парадигма программирования (ФП). Основным принципом ФП можно назвать утверждения:

* функция от тех же аргументов дает те же значения;
* функция при выполнении не изменяет элементов извне.

Сочетание ООП и ФП позволит спроектировать гибкое и безопасное приложение.

Полезным при разработке будет наличие, как статической, так и динамической типизации данных. С одной стороны, статистическая типизация является более безопасной в плане разработки кода, явно помогая обнаружить несоответствие данных на этапе компиляции. С другой стороны, использование JSON для передачи данных может быть облегчено наличием динамической типизации, упрощающей процесс преобразования данных: сериализации и десериализации.

Во время выполнения программы могут возникать различные ошибки и исключения, как возникающие в самой программе, так и внешние (например, ошибки базы данных). Не все из них можно предугадать и не все возможно устранить. Поэтому для корректной работы программы и избежания её аварийного завершения, необходимо предусмотреть механизмы обработки исключений и ошибок.

В силу использования веб-службы большим числом пользователей необходимо позаботиться о единовременной работе со всеми. Введение многопоточности, несомненно, усложнит архитектуру приложения, но обеспечит более удобную работу с пользователями, выделяя на запросы от каждого отдельные потоки. Но так как потоки не могут выделяться бесконечно, т.е. количество потоков в пуле ограничено, необходимо также предусмотреть возможность асинхронного выполнения операций, которые могут блокировать работу приложения.

Таким образом можно выделить семь основных критериев для выбора языка программирования:

* поддержка объектно-ориентированной парадигмы программирования (ООП);
* поддержка функциональной парадигмы программирования (ФП);
* статическая типизация данных;
* поддержка динамической типизации данных;
* поддержка обработки исключений;
* реализация многопоточности;
* реализация асинхронности.

Наиболее подходящими под эти критерии являются такие языки как Java, C#, JavaScript, Python, PHP, Ruby.

Java – объектно-ориентированный язык программирования со статической типизацией, разработанный изначально для программирования бытовой техники. Сейчас же сфера применения языка гораздо шире: микроэлектроника, клиентские приложения, разработка веб-служб, мобильная разработка. Однако язык не обладает полным набором средств для функционального программирования, а также не поддерживает динамическую типизацию.

С# – объектно-ориентированный язык программирования со статической типизацией. Имеет широкий спектр применения: настольные приложения, разработка игр, веб сфера, машинное обучение. В последние годы стремительно развивается, чем привлекает к себе больше новых разработчиков, расширяя комьюнити. Язык обладает большим количеством встроенных и open-source библиотек что упрощает процесс разработки, а совместимость языка с другими языками (Manage C++, Visual Basic, F# и прочих .NET-совместимых языков) позволяет существенно расширить возможности программирования. А наличие платформы ASP.NET позволяет создавать веб-приложения и веб-службы различных шаблонов (веб-приложение, веб-приложение с шаблоном модель-представление-контроллер, веб-API, службы RPC).

JavaScript – язык сочетающий в себе объектно-ориентированную и функциональную парадигмы, тесно связанный с веб-разработкой. Он может использоваться как на стороне веб-сервера, для чего в основном используется, платформа Node.js, так и на клиентской стороне: библиотека React.js и встраиваемые в html JS-скрипты. Основными недостатками разработки на JavaScript является отсутствие статической типизация, что увеличивает вероятность возникновения ошибок во время выполнения программы; однопоточная архитектура языка, что вынуждает тратить дополнительное время на эмулирование многопоточности.

Python – язык активно развивающийся в сфере веб разработки благодаря такому фреймворку как Django. Иным направлением языка является машинное обучение, в чем он имеет большую популярность. Преимуществом языка является большое количество библиотек, позволяющих упростить процесс написания кода за счет использования множества готовых решений. Однако существенным недостатком являются отсутствие статической типизации и то, что язык является интерпретируемым, что существенно осложняет своевременное нахождение ошибок в программе.

PHP изначально разрабатывался, как язык для создания персональных веб-страниц. Также как и python является интерпретируемым, с динамической типизацией, что и определяет его недостатки. А ограниченность лишь сферой разработки веб-страниц ограничивает его распространенность в комьюнити, что осложняет процесс его изучения.

Ruby – интерпретируемый динамический язык реализующий в себе парадигму функционального программирования. Для создания веб-приложений и служб создан фреймворк Ruby on Rails. Однако язык и фреймворк не смогли получить сильного распространения в силу малого количества обучающих ресурсов и медленной разработки и развития.

Результаты анализа изучения языков программирования отображены в таблице 2.1.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Критерий | Java | C# | JavaScript | Python | PHP | Ruby |
| Поддержка ООП | Да | Да | Да | Да | Да | Да |
| Поддержка ФП | Нет | Да | Да | Да | Да | Да |
| Статическая типизация | Да | Да | Нет | Нет | Нет | Нет |
| Поддержка динамической типизации | Нет | Да | Да | Да | Да | Да |
| Обработка исключений | Да | Да | Да | Да | Да | Да |
| Многопоточность | Да | Да | Нет | Да | Да | Да |
| Асинхронность | Да | Да | Да | Да | Да | Да |

Таблица 2.1 – Выбор языка программирования

Как видно из проведенного анализа, наиболее подходящим по критериям языком программирования для разработки веб-службы является C#. Для написания веб-службы на языке C# поможет платформа ASP.NET Core.

ASP.NET Core – это кроссплатформенная среда с открытым исходным кодом, предназначенная для создания веб-приложений и веб-служб. Использование платформы .NET Core открывает доступ к ее функциональности и преимуществам, таким как: встроенные механизмы логирования, конфигурирования и внедрения зависимостей, доступ к технологии Entity Framework Core (объектно-ориентированная технология доступа к данным, позволяющая работать с данными базы данных на уровне объектов).

Текущей версией являются C# 10.0 и ASP.NET Core 6.0, вышедшие совместно с платформой .NET 6.0, являющийся развитием платформы .NET Core (начиная с версии 5.0 «Core» было убрано из названия).

### Выбор среды программирования

Наиболее важными критериями выбора среды программирования являются:

* бесплатность распространения;
* наличие автоматического дополнения кода;
* наличие статистического анализатора кода;
* наличие отладчика;
* возможность проведения тестирования;
* наличие профилировщиков;
* возможность кроссплатформенной сборки;
* возможность создания проектов по шаблонам.

Такие возможности, как автоматическое дополнение кода и создание проектов по шаблонам, позволят писать код быстрее, не отвлекаясь на детали, общие для всех различных проектов. Отладчик и статистический анализатор кода служат для поиска и устранения ошибок в программе. А тестировщик и профилировщик необходимы для гарантии корректных выполнения кода, работы с выделенными ресурсами (память, потоки и т. п.). Также должна быть предусмотрена возможность кроссплатформенной сборки, для последующего запуска на различных платформах.

Наиболее распространёнными средствами разработки на языке С# и платформе .Net являются Visual Studio, Rider, MonoDevelop и SharpDevelop. Отобразим в таблице 2.2 сравнительного анализа этих средств согласно вышеописанным критериям.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Критерий | Visual Studio | Rider | MonoDevelop | SharpDevelop |
| Бесплатность | Да | Бесплатно для студентов | Да | Да |
| Автоматическое дополнение кода | Да | Да | Да | Да |
| Статистический анализатор кода | Да | Да | Да | Да |
| Отладчик | Да | Да | Да | Да |
| Тестирование | Да | Да | Да | Да |
| Профилирование | Да | Необходимы расширения | Нет | Да |
| Шаблоны проектов | Да | Да | Нет | Нет |
| Кроссплатформенная сборка | Да | Да | Да | Нет |

Таблица 2.2 Выбор среды программирования

Наиболее подходящей средой разработки является Visual Studio.

Visual Studio – интегрированная среда разработки, разрабатываемая компанией Microsoft, что идеально подходит для языка С#, разработанного также компанией Microsoft. Язык C# и платформа .NET активно развиваются, а в месте с ними и среда разработки Visual Studio, синхронизирующая свои возможности с новыми возможностями языка быстрее, других сред разработки.

## Алгоритм и методы работы ВС ДЭП

### Алгоритм работы ВС ДЭП

Алгоритм работы представляет собой взаимодействие с письмами на электронных почтовых серверах по протоколам IMAP и POP3.

В первую очередь происходит авторизация пользователя с помощью логина, пароля и одноразового пароля-ключа. После этого пользователь подключается к почтовым серверам. Для этого он передает учетные данные, которые сохраняются в базе и при последующих входах в учетную запись ВС ДЭП, подключение к почтовым серверам будет происходить автоматически. В зависимости от выбранного протокола происходит подключение к IMAP или POP3 серверу. После этого пользователь получает доступ к письмам и функциям работы с ними. Письма с сервера POP3 могут быть загружены и сохранены в базе данных, а также удалены с сервера. Для протокола IMAP кроме загрузки, сохранения и удаления доступны функции фильтрации писем, их сортировки, редактирования флагов писем. В случае возникновения ошибок на каком-либо из этапов они обрабатываются и логируются. Изобразим алгоритм работы ВС ДЭП в виде диаграммы на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 Алгоритм ВС ДЭП

### Логирование

В случае возникновения ошибок во время работы программы, помимо их обработки, необходимо сохранять сообщения об ошибках с целью дальнейшей их диагностики и устранения причины ошибок. Одной из наиболее популярных библиотек логирования для платформы .Net является Serilog (более 400 миллионов скачиваний). Для сравнения две другие популярные библиотеки логирования log4net и NLog имеют 113 и 142 миллиона скачиваний соответственно.

Serilog предоставляет различные уровни логирования событий, такие как: verbose, debug, information, warning, error и fatal. Журнал можно вести в консоль, файл, локальный или облачный сервер, базу данных, очередь сообщений либо свой собственный приемник. При этом не обязательно ограничиваться лишь одним приемником – можно использовать несколько, определив для каждого свою конфигурацию. При записи в файл в конфигурации определяются такие параметры как предельный размер для файла (после чего запись идет в новый файл), либо срок записи в один файл (по истечении которого создается новый файл, например 1 день). Записи логов также сопровождаются вспомогательной контекстной информацией: дата, время, поток в котором было вызвано событие, уровень события и т. д.).

Так, в ВС ДЭП ведется логирование в консоль, для чтения сообщений и ошибок в реальном времени, и в файл, для последующего анализа. Имя файлов и предельный размер конфигурируются пользователем, а интервал записи в файл – 1 день. На рисунке 2.2 отражена настройка конфигурации логирования в ВС ДЭП.

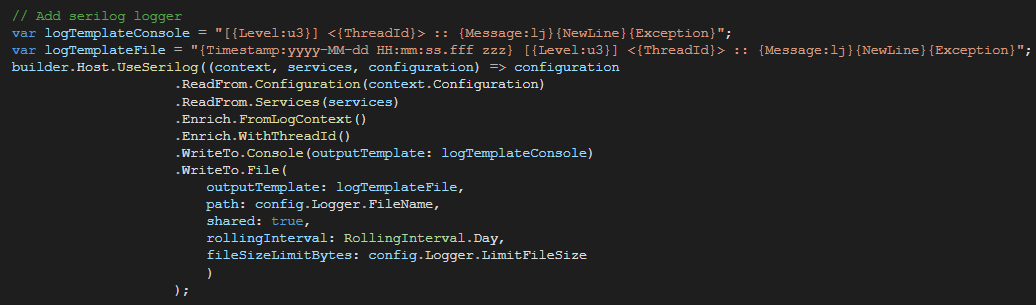


Рисунок 2.2 – конфигурация логирования в ВС ДЭП

Фрагмент возможного файла-лога и консоли-лога изображены на рисунке 2.2. и рисунке 2.3 соответственно

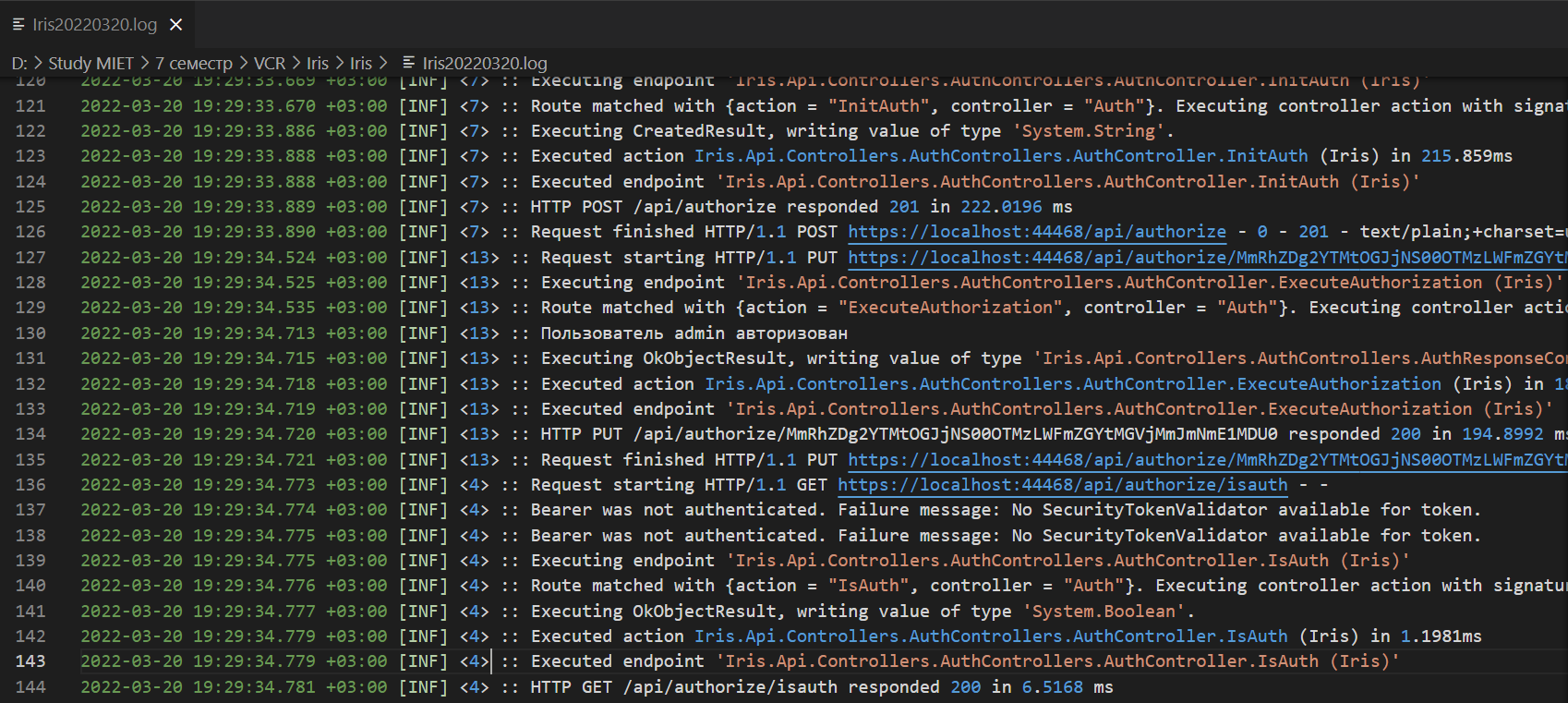


Рисунок 2.2 – Пример фрагмента файла лога



Рисунок 2.3 – Пример фрагмента консоли лога

### Документирование API

Для создания документации по API в C# используются структурированные XML-комментарии. На основе этих комментариев компилятором создается XML-файл, в котором содержаться структурированные данные: комментарии и сигнатуры API. В дальнейшем этот файл может быть обработан другими средствами для преобразования в удобочитаемую форму.

Основные теги XML-комментариев документации:

* <summary> – описание типа или метода;
* <param> – описание параметра метода;
* <returns> – описание возвращаемого значения;
* <exception> – описание возможных исключений;
* <example> – пример использования элемента;
* <code> – указание нескольких строк кода;
* <inheritdoc> – ссылка на переиспользование текста документации.

Одним из способов описания REST API документация является Swagger использующий спецификацию OpenAPI3.0. Для платформы .NET реализацией Swagger является Swashbuckle.

Особенностью интерфейса Swagger-документации является возможность запустить и протестировать каждый из методов, что добавляет документации большую наглядность. Пример фрагмента сформированного интефейса документации изображен на рисунке 2.4.



Рисунок 2.4. Пользовательский интерфейс Swagger-документации.

Конфигурация Swagger в реализации Swashbuckle предлагает к настройке следующие параметры:

* заголовок документации;
* описание;
* версия API;
* контакты разработчика;
* лицензия.

## Пользовательский интерфейс ВС ДЭП

### Технологии разработки пользовательского интерфейса

Наиболее распространённой практикой разработки пользовательского веб-интерфейса являются сочетание HTML, CSS, JavaScript.

HTML (HyperText Markup Language, язык гипертекстовой разметки) – язык разметки документов для просмотра веб-страниц. Он используется для разметки веб-страниц. CSS (Cascading Style Sheets, каскадные таблицы стилей) – язык описания внешнего вида документа написанного с помощью языка разметки HTML. Он позволяет добавить документу внешнее оформления. JavaScript используется в этой связке для реализации интерактивности документов с пользователем, связи с сервером.

Однако несмотря на все возможности JavaScript, использование его в этом стеке без дополнительных средств является трудной задачей. Поэтому в этот стек технологий часто добавляется библиотека jQuery существенно расширяющая возможность JavaScript по динамическому взаимодействию с элементами HTML. Либо же используются специализированные фреймворки для создания веб-интерфейсов Angular, Vue.js и библиотека Resct.js.

Для реализации пользовательского интерфейса ВС ДЭП выбрана библиотека React.js. React.js – это open-source JavaScript библиотека, позволяющая быстро создавать веб-интерфейсы, преимущественно одностраничного типа. В её основе лежит проектирование отдельных компонент, позволяющих переиспользовать код множество раз, тем самым реализуется принцип not repeat yourself, отсутствующий в стеке HTML+CDD+JavaScript.

К особенностям проектирование интерфейсов на React.js относятся:

* реализация HTML-разметки непосредственно в JavaScript коде. Это реализуется благодаря расширению JSX (JavsScript XML), которое позволяет писать HTML-блоки непосредственно в JavaScript функциях с последующим рендерингом. С помощью JSX реализуется определение отдельны компонентов, которые потом используются в других компонентах;
* виртуальный DOM, позволяющий перегружать только измененные компоненты, а не всю страницу целиком;
* одностраничный шаблон, что позволяет загрузить страницу целиком – это позволяет экономить трафик пользователя т.к. при переключении между вкладками ему не придется подгружать код страниц каждый раз заново;
* возможность использовать написанный код не только для веб-интерфесов, но и для настольных и мобильны приложений с помощью расширения React Native:
* Расширение CSS до module.css что позволяет определять стили для отдельных компонентов, избавляя от проблемы необходимости уникальных идентификаторов для HTML-элементов для из взаимосвязи с отдельным стилем.

### Переопределяемые компоненты

React.js позволяет определить компоненты для повторного использования, используемые во всем проекте. К таким компонентам, например, можно отнести кнопки и формы ввода. Примеры определения компонент отображены на рисунках 2.5 и 2.6.



Рисунок 2.5 – реализация компонента «Форма ввода»

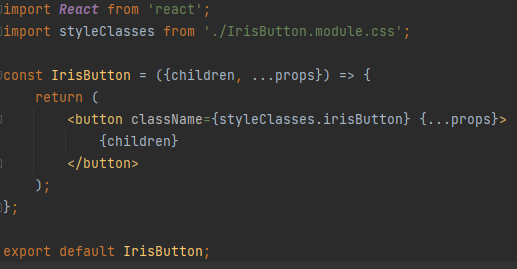


Рисунок 2.6 – реализация компонента «Кнопка»

### Форма авторизации



Рисунок 2.7. Форма авторизации

## Выводы конструкторского раздела

В конструкторском разделе на основе разработанной в исследовательском разделе концептуальной модели были сформированы критерии для выбора языка программирования и среды разработки, проведено исследования языков программирования и выбран C# наиболее полно отвечающий критериям, а затем изучены среды программирования для этого языка с конечным выбором Visual Studio. После этого на основе концептуальной модели, входных и выходных данных, их внутреннем преставлении и потребностей пользователей разработан и описан алгоритм и методы решения поставленных задач, описан процесс реализации разработанных моделей и алгоритмов. Также описан процесс разработки пользовательского интерфейса.

# Список литературы

1. Доронина А.А., Касимов Р.А., Федотова Е.Л. Методические указания по подготовке выпускной квалификационной работы по направлению подготовки бакалавров 09.03.04 «Программная инженерия» / под ред. Л.Г. Гагариной. М.: МИЭТ, 2021. 28 с.
2. Гост 19.701-90. Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения
3. ГОСТ Р 7.0.5-2008. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления.
4. ГОСТ 7.32-2017. «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».
5. Илюшечкин В.М., Илюшечкина Л.В. Учебно-методические разработки для самостоятельной работы студентов, изучающих дисциплину «Базы данных». - М.: МИЭТ, 2007. - 88 с.: ил.
6. А. А. Афанасьев, Л. Т. Веденьев, А. А. Воронцов. Аутентификация. Теория и практика обеспечения безопасного доступа к информационным ресурсам. Учебное пособие для вузов. 2012. – 550 с.
7. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж. П75 Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. — СПб: Питер, 2001. — 368 с.: ил. (Серия «Библиотека программиста»)
8. Буч, Гради, Максимчук, Роберт Α., Энгл, Майкл У, Янг, Бобби Дж.,Коналлен, Джим, Хьюстон, Келли А. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений, 3-е изд.: Пер. с англ. -М.: 000 "И.Д. Вильяме", 2008. -720 с.:ил. —Парал. тит. англ.
9. IMAP, SMTP и POP3 Mail.ru – Помощь Mail.ru Почта [Электронный ресурс]. URL: https://help.mail.ru/mail/mailer/popsmtp
10. Пароли для внешних приложений – Помощь Mail.ru Почта [Электронный ресурс]. URL: https://help.mail.ru/mail/security/protection/external
11. Другие программы – Почта. Справка [Электронный ресурс]. URL: https://yandex.ru/support/mail/mail-clients/others.html
12. Пароли приложений – Яндекс ID. Справка [Электронный ресурс]. URL: https://yandex.ru/support/id/authorization/app-passwords.html
13. Как настроить доступ к Gmail в сторонних почтовых клиентах – Справка – Gmail [Электронный ресурс]. URL:

https://support.google.com/mail/answer/7126229?hl=ru

1. Как использовать почтовый POP-клиент для работы с письмами Gmail клиентах – Справка – Gmail [Электронный ресурс]. URL:

https://support.google.com/mail/answer/7104828

1. Настройка POP, IMAP и SMTP для Outlook.com [Электронный ресурс]. URL: https://support.microsoft.com/ru-ru/office/настройка-pop-imap-и-smtp-для-outlook-com-d088b986-291d-42b8-9564-9c414e2aa040
2. Центр разработчиков Microsoft Graph [Электронный ресурс]. URL: https://developer.microsoft.com/ru-ru/graph
3. Gmail API | Google Developers [Электронный ресурс]. URL: https://developers.google.com/gmail/api
4. API – документация biz.mail.ru 1.0 [Электронный ресурс]. URL: https://biz.mail.ru/developer/api.html
5. Simple Object Access Protocol (SOAP) 1.1 [Электронный ресурс]. URL: https://www.w3.org/TR/2000/NOTE-SOAP-20000508/
6. NCSC-TG-017 [Электронный ресурс]. URL:

<https://csirt.org/color_%20books/NCSC-TG-017.pdf>

1. Serilog — simple .NET logging with fully-structured events [Электронный ресурс]. URL: <https://serilog.net/>
2. API Documentation &amp; Design Tools for Teams | Swagger [Электронный ресурс]. URL: <https://swagger.io/>
3. Java Documentation - Get Started [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.oracle.com/en/java/>
4. Документация по C#. Начало работы, руководства, справочные материалы. | Microsoft Docs [Электронный ресурс]. URL: https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/
5. Welcome to Python.org [Электронный ресурс]. URL: https://www.python.org/
6. Современный учебник JavaScript [Электронный ресурс]. URL: https://learn.javascript.ru/
7. PHP: Hypertext Preprocessor [Электронный ресурс]. URL: https://www.php.net/
8. Язык программирования Ruby [Электронный ресурс]. URL: https://www.ruby-lang.org/ru/
9. Visual Studio: IDE и редактор кода для разработчиков и групп, работающих с программным обеспечением [Электронный ресурс]. URL: https://visualstudio.microsoft.com/ru/
10. Rider: кросс-платформенная IDE для .NET [Электронный ресурс]. URL: https://www.jetbrains.com/ru-ru/rider/
11. MonoDevelop | MonoDevelop [Электронный ресурс]. URL: https://www.monodevelop.com/
12. SharpDevelop [Электронный ресурс]. URL:

https://ru.wikipedia.org/wiki/SharpDevelop