

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ  
ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
КАФЕДРА ЭЛЕКТРОННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

**Направление 09.03.01 - Информатика и вычислительная техника**  
*(код и наименование направления)*

**Профиль – Программное и аппаратное обеспечение вычислительной техники**

Допускаю к защите  
Заведующий кафедрой ЭВМ

\_\_\_\_\_ / Долженкова М.Л. /  
*(подпись)* *(Ф.И.О.)*

## **Разработка конструктора Telegram-ботов. Часть 1**

Пояснительная записка выпускной квалификационной работы  
ТПЖА 09.03.01.514 ПЗ

Разработал: студент гр.ИВТб-4302-02-00 \_\_\_\_\_ / Бушков Д. А. / \_\_\_\_\_

Руководитель: к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ / Долженкова М. Л. / \_\_\_\_\_

Нормоконтролер: к.т.н., доцент кафедры ЭВМ \_\_\_\_\_ / Скворцов А. А. / \_\_\_\_\_  
*(подпись)* *(Ф.И.О.)* *(дата)*

Киров 2024

## Реферат

Бушков Б. Д. Разработка конструктора Telegram-ботов. Часть 1: ТПЖА.09.03.01.514 ПЗ ВКР / ВятГУ, каф. ЭВМ; рук. Долженкова М.Л. – Киров, 2024. – Гр.ч. 8 л. ф.А1; ПЗ 25 с., 8 рис., 1 табл., 14 форм., 1 источников, 1 прил.

КОНСТРУКТОР, TELEGRAM-БОТ, КЛИЕНТСКАЯ ЧАСТЬ, ВИЗУАЛЬНЫЙ РЕДАКТОР, СЕРВЕРНАЯ ЧАСТЬ, HTTP, GOLAND, POSTGRESQL, TYPESCRIPT, SOLID.JS, JSON, HTML, CSS.

Объект выпускной квалификационной работы - программное средство для упрощения создания и управления ботами в мессенджере Telegram.

Целью данной выпускной квалификационной работы является повышение скорости разработки, настройки и управления ботами, что позволит пользователям без специальных навыков программирования создавать эффективных ботов для различных целей.

Результат работы - конструктор Telegram-ботов, который будет предоставлять набор инструментов и функций для создания и настройки ботов, а также предоставлять возможности для их управления.

## Содержание

Введение .....	4
1 Анализ предметной области .....	5
1.1 Telegram-боты и конструкторы.....	5
1.2 Обзор аналогов.....	6
1.2.1 Бот-платформа «ManyBot».....	6
1.2.2 Конструктор Telegram ботов «Puzzlebot» .....	7
1.2.3 Конструктор ботов «Botmother».....	7
1.2.4 Сравнение аналогов .....	7
1.3 Актуальность разработки.....	8
2 Расширенное техническое задание .....	10
2.1 Краткая характеристика области применения.....	10
2.2 Основание для разработки.....	10
2.3 Требования к структуре.....	10
2.4 Требования к серверной части конструктора.....	10
2.4.1 Требования к функциональным характеристикам .....	11
2.4.2 Требования к предоставляемому программному интерфейсу .....	11
2.4.3 Требования к параметрам технических и программных средств...	11
2.5 Требования к клиентской части конструктора .....	12
2.5.1 Требования к функциональным характеристикам .....	12
2.5.2 Требования к пользовательскому интерфейсу .....	13
2.5.3 Требования к клиентскому программному обеспечению .....	13
2.6 Стадии разработки .....	13

					ТПЖА.09.03.01.514 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разработка конструктора Telegram-ботов. Часть 1			Литера	Лист	Листов	
Разраб.	Бушков Б. Д.									2	25
Пров.	Долженкова							Кафедра ЭВМ Группа ИВТ-41			
Реценз.											
Н. контр.	Скворцов										
Утв.	Долженкова										

3	Разработка структуры приложения.....	15
3.1	Разработка общей структуры конструктора .....	15
3.2	Разработка структуры серверной части конструктора .....	16
3.2.1	Модульная структура серверной части конструктора .....	17
3.2.2	Структура модуля компонентов .....	17
3.2.3	Алгоритмы функционирования серверной части конструктора ....	18
3.2.4	Обеспечение защиты информации клиентов конструктора.....	22
3.3	Разработка структуры клиентской части конструктора .....	22
3.3.1	Структура интерфейса конструктора .....	22
3.3.1.1	Длинный длинный длинный длинный длинный длинный длин- ный длинный длинный текст .....	22
4	Расчёт координат объектов визуального редактора .....	23

## Введение

В современном мире стали популярными такие приложения для быстрого общения как мессенджеры. Таких приложений достаточно много, но большинство пользователей сети интернет все чаще отдают предпочтение мессенджеру Telegram как наиболее удобному и надежному.

У Telegram имеется удобное API для создания ботов. Бот способен выполнять определенные команды, заданные пользователем через интерфейс Telegram. Данный функционал вполне может удовлетворять потребности компании в предоставлении некоторых услуг в разных сферах. Например, спортивные залы являются одной из таких сфер.

Создание ботов — это трудоемкий процесс, требующий квалифицированных программистов, что довольно затратно для бизнеса.

Для решения данной проблемы существуют конструкторы Telegram-ботов, которые предоставляют функции создания, редактирования и управления ботами. К сожалению, большинство таких конструкторов предоставляют ограниченный функционал при бесплатном использовании, а также имеют закрытые способы хранения данных клиентов. Поэтому было принято решение выполнить анализ и разработать конструктор Telegram-ботов без данных недостатков.

## 1 Анализ предметной области

На данном этапе работы необходимо рассмотреть функции конструкторов Telegram-ботов, провести обзор существующих на данный момент аналогов, рассмотреть их возможности, выявить их недостатки и обосновать актуальность разработки нового конструктора.

### 1.1 Telegram-боты и конструкторы

Боты в мессенджере Telegram становятся все более популярными и число их пользователей постоянно растет. Они помогают пользователям выполнять типичные рутинные действия в автоматизированном режиме, значительно упрощая им жизнь. Для владельцев же самих ботов они стали незаменимыми помощниками в работе.

Telegram-боты имеют множество плюсов, таких как:

- круглосуточный доступ;
- моментальный ответ на запрос пользователя;
- удобство использования, интуитивно понятный интерфейс;
- не требуется установка дополнительных программ, общение с ботом ведется через мессенджер.

Telegram-бот используют в коммерческой деятельности для следующих сфер и задач:

- развлечения;
- поиск и обмен файлами;
- предоставление новостей;
- утилиты и инструменты;
- интеграция с другими сервисами;
- осуществление онлайн-платежей.

С популярностью ботов стали появляться все больше различных конструкторов, которые позволяют без наличия специальных знаний и навыков создать своего бота всего в несколько кликов.

Конструктором называется NoCode инструмент, который предназначен для быстрого создания ботов без знания каких-либо языков программирования. Иными словами, весь процесс создания – это нажатие тех или иных кнопок и ввода текста (например, название кнопки, текст сообщения и т.д.).

Первое предназначение – упрощение работы. Ведь не все обладают глубокими знаниями и навыками программирования. Когда боты только появились, их могли разрабатывать только программисты, обладающие соответствующим опытом и навыками.

Помимо того, что конструкторы позволяют расширить аудиторию, способную создавать Telegram-ботов, они экономят время разработчикам. При наличии конструктора нет необходимости разрабатывать каждый раз отдельное приложение для выполнения типовых задач, так как конструктор предоставляет необходимый набор инструментов для быстрого создания бота без необходимости писать код.

Но у конструкторов есть некоторые ограничения, например, при их использовании нельзя выйти за рамки возможностей самого конструктора, а также при выходе нового функционала Telegram API, его реализация в конструкторе происходит с некоторой задержкой. Кроме того, боты, реализованные с помощью NoCode решения обычно менее производительные, чем их аналоги, написанные языке программирования.

## 1.2 Обзор аналогов

В подпунктах данного раздела рассматриваются существующие аналоги. В качестве рассматриваемых аналогов были выбраны приложения, реализующие функционал создания Telegram ботов с помощью конструктора.

### 1.2.1 Бот-платформа «ManyBot»

Один из наиболее популярных конструкторов. Работает внутри мессенджера Telegram. Он бесплатный и прост в использовании. Бот предоставляет создание

бота с такими возможностями:

- отправка сообщений;
- создание меню;
- автопостинг из VK, Twitter, YouTube;
- поддержка нескольких языков.

Минусы конструктора состоят в том, что нет администрирования бота за пределами мессенджера, наличие рекламного сообщения в созданном боте, малое количество компонентов и их модификаций, а также отсутствие статистических данных по созданному боту.

### 1.2.2 Конструктор Telegram ботов «Puzzlebot»

Данный конструктор имеет намного больше возможностей, чем предыдущий сервис: удобный личный кабинет, интуитивный интерфейс, имеет намного больше компонентов, позволяющих реализовывать сложных ботов.

Минусы данного решения в том, что на бесплатном тарифе можно создать лишь одного бота и настроить до 15 команд, а также количество участников бота ограничено 150 пользователями.

### 1.2.3 Конструктор ботов «Botmother»

Довольно мощный сервис по созданию ботов, который имеет удобный интерфейс для администрирования и создания ботов, предоставляет много различных компонентов, возможность просмотра статистики созданного бота.

В бесплатном тарифе предоставляет лишь создание 10 тестовых ботов с ограниченным функционалом.

### 1.2.4 Сравнение аналогов

В таблице 1 представлено сравнение вышеперечисленных аналогов.

					ТПЖА.09.03.01.514 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7



Таблица 1 – Сравнение аналогов

Критерии \ Аналоги	Manybot	Puzzlebot	Botmother
Удобный доступ для администрирования бота	нет	да	да
Изменение порядка вызовов компонентов	нет	да	да
Нет ограничений на использования компонентов	да	да	нет
Отсутствие рекламы	нет	нет	да

Как видно из таблицы 1 существующие решения имеют ряд недостатков. Также конструкторы больше ориентированы на получение прибыли и ограничивают функционал для бесплатного использования.

Учитывая недостатки рассмотренных аналогов разрабатываемое приложение должно обеспечивать следующий функционал:

- возможность создания ботов с помощью конструктора;
- возможность администрирования бота;
- возможность изменения порядка вызовов компонентов;
- отсутствие ограничений на использование компонентов;
- отсутствие рекламы.

### 1.3 Актуальность разработки

Telegram боты являются функциональными инструментами для многих пользователей, однако для их разработки зачастую требуются навыки программирования, что усложняет их внедрение в бизнес-процессы компаний. Конструкторы Telegram-ботов по большей части решают данную проблему, предоставляя пользователям удобный интерфейс для создания ботов под конкретные задачи.

Большинство компаний предоставляют ограниченный функционал конструктора, а для расширения их возможности требуют дополнительную плату, что не всегда выгодно для конечного пользователя. Поэтому было принято решение о создании нового конструктора, который исключает вышеперечисленные недостатки, предоставляя пользователям свободную платформу для создания ботов.

## Выводы

В данном разделе был проведен анализ предметной области и осуществлен обзор аналогов. Из рассмотренных аналогов были выявлены требуемые функциональные возможности разрабатываемого продукта. Также было выявлено, что многие решения имеют ряд недостатков, таких как ограничения на использование компонентов и показ рекламы. Таким образом, данная тематика и разработка конструктора Telegram-ботов является актуальной.

					ТПЖА.09.03.01.514 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

## 2 Расширенное техническое задание

В данном разделе представлено техническое задание на разработку конструктора Telegram-ботов.

### 2.1 Краткая характеристика области применения

Программа предназначена для создания Telegram-ботов, которые будут удовлетворять потребности клиентов в создании их бизнес-решений.

### 2.2 Основание для разработки

Функциональным назначением программы является предоставление клиентам возможности создания Telegram-ботов при помощи визуального редактора и без глубоких знаний языков программирования.

Программа должна эксплуатироваться на серверах клиента. Для использования конечному пользователю предъявляются требования знания процесса развёртывания серверных приложений.

### 2.3 Требования к структуре

Конструктор должен состоять из двух частей: серверной и клиентской. Серверная часть должна обеспечивать основной функционал конструктора. Клиентская часть предоставляет собой удобный пользовательский интерфейс.

### 2.4 Требования к серверной части конструктора

В подпунктах данного раздела описываются требования к серверной части конструктора.

					ТПЖА.09.03.01.514 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

#### 2.4.1 Требования к функциональным характеристикам

Серверная часть конструктора должна предоставлять программный интерфейс, который обеспечивает выполнение следующих функций:

- регистрация пользователей;
- аутентификация пользователей;
- создание ботов;
- вывод списка ботов;
- запуск и остановку ботов;
- добавлять компоненты;
- удалять компоненты;
- редактировать содержимое компонента;
- соединять компоненты;
- обслуживать запросы пользователей от запущенных ботов.

#### 2.4.2 Требования к предоставляемому программному интерфейсу

Программный интерфейс, который предоставляется серверной частью конструктора должен удовлетворять следующим требованиям:

- должен быть прост и интуитивен;
- должен быть надежен и доступен;
- должен включать возможность аутентификации и авторизации;
- должен обрабатывать возможные ошибки при запросе пользователя.

#### 2.4.3 Требования к параметрам технических и программных средств

В состав технических средств должен входить компьютер, включающий в себя:

- 64-разрядный процессор с тактовой частотой не менее 1.0 ГГц;
- не менее 4 гигабайт оперативной памяти;

- не менее 1 гигабайт свободного дискового пространства;
- сетевую карту.

Также для работы сервера требуется предустановленная операционная система на базе ядра Linux: Ubuntu 18.04 или старше, Debian 10 или старше.

## 2.5 Требования к клиентской части конструктора

В подпунктах данного раздела описываются требования к клиентской части конструктора.

### 2.5.1 Требования к функциональным характеристикам

Клиентская часть конструктора должна иметь возможность формировать и отправлять данные и запросы для выполнения следующих функций:

- регистрация пользователей;
- аутентификация пользователей;
- создание ботов;
- вывод списка ботов;
- запуск и остановку ботов;
- редактирование ботов.

Для работы с содержимым ботов клиентская часть должна содержать визуальный редактор. Редактор предоставляет пользовательский интерфейс для выполнения следующих функций:

- добавление компонентов;
- удаление компонентов;
- редактирование содержимого компонентов;
- соединение компонентов.

### 2.5.2 Требования к пользовательскому интерфейсу

Интерфейс конструктора Telegram ботов должен состоять из страниц, содержащих разные визуальные элементы, которые предоставляют пользователям возможность взаимодействовать с конструктором.

Также интерфейс должен обеспечивать наглядное, интуитивно понятное представление.

### 2.5.3 Требования к клиентскому программному обеспечению

Клиентская часть конструктора Telegram-ботов должна быть доступна для полнофункционального использования с помощью следующих браузеров:

- Edge 88.0 и выше;
- Opera 43.0 и выше;
- Mozilla Firefox 55.0;
- Google Chrome 64.0 и выше.

### 2.6 Стадии разработки

Разработка должна быть проведена в следующих стадиях:

- разработка технического задания;
- проектирование структуры серверной части конструктора;
- проектирование структуры клиентской части конструктора;
- программная реализация серверной части конструктора;
- программная реализация клиентской части конструктора.

### Выводы

В данном разделе было составлено расширенное техническое задание. Определены основные требования к разрабатываемому конструктору Telegram-

ботов, такие как требования к структуре, требования к функциональным характеристикам, требования к интерфейсу и к клиентскому аппаратному и программному обеспечению. Также выделены основные стадии разработки.

					ТПЖА.09.03.01.514 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

### 3 Разработка структуры приложения

На данном этапе работы необходимо в соответствии с требованиями, поставленными в техническом задании, разработать структуру конструктора и описать основные алгоритмы функционирования.

#### 3.1 Разработка общей структуры конструктора

Общая структура конструктора представлена на рисунке 1.

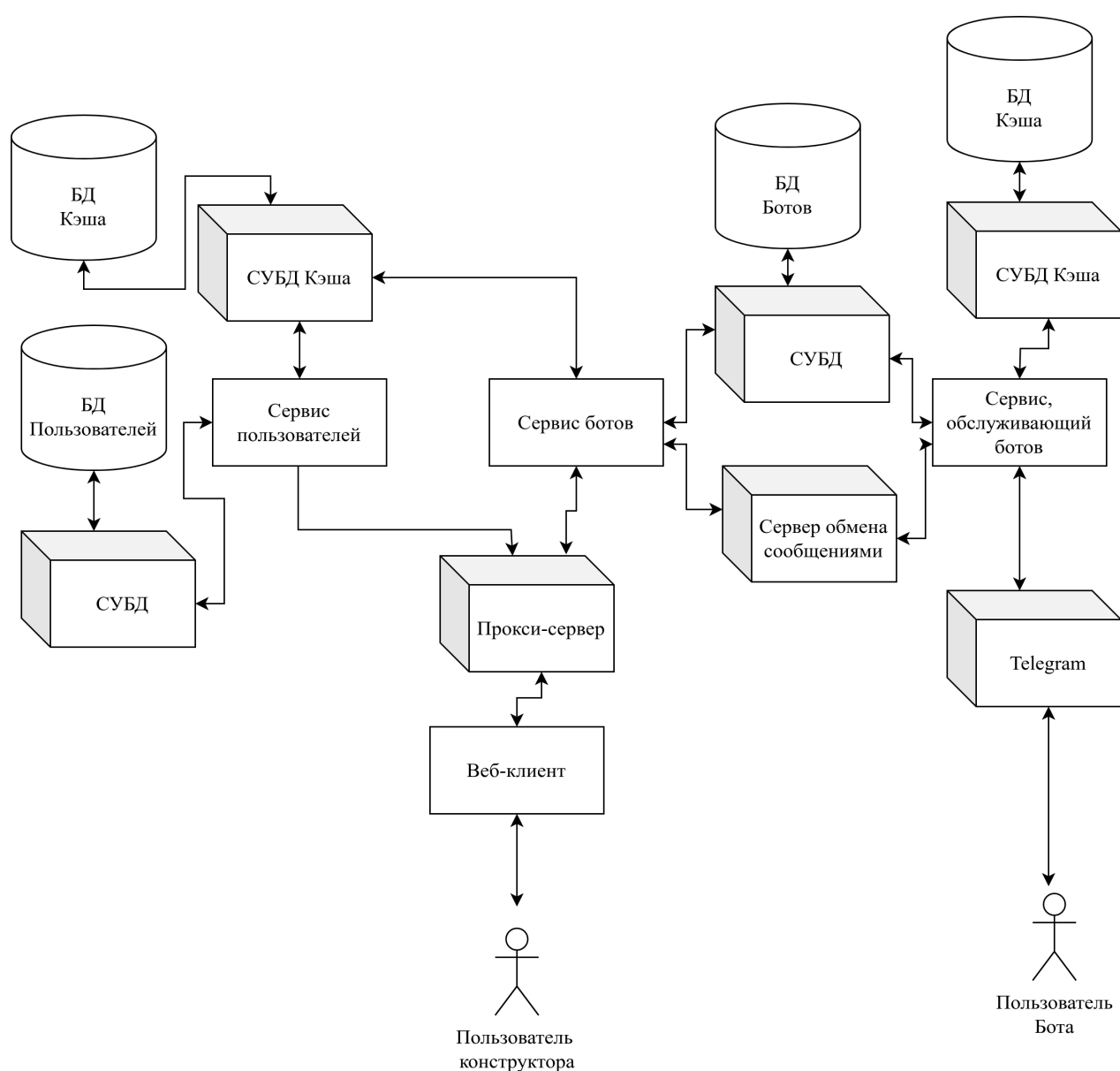


Рисунок 1 – Общая структура конструктора



Конструктор состоит из серверной и клиентской части.

Серверная часть состоит из нескольких сервисов:

- сервис пользователей;
- сервис ботов;
- сервис, обслуживающий ботов.

Сервис пользователей взаимодействует с хранилищами в виде базы данных и кэша, в которых хранятся пользователи конструктора и их токены авторизации. Через него происходит регистрация и аутентификация пользователей.

Сервис ботов предоставляет программный интерфейс для работы с ботами. Данный сервис выполняет следующие функции:

- создание ботов;
- редактирование ботов;
- удаление ботов;
- запуск и остановка ботов.

Данные ботов сохраняются в базе данных. Авторизация пользователя происходит с помощью данных из кэша пользователей.

Сервис, обслуживающий ботов, обрабатывает запросы от запущенных Telegram ботов, также он получает и выполняет команды на запуск и остановку ботов от сервиса ботов, команды при этом посылаются через сервер обмена сообщениями. Данный сервис сохраняет и получает текущее состояние пользователя из кэша.

Пользователь взаимодействует с конструктором через веб-интерфейс, который через прокси-сервер связан с сервисами пользователей и ботов. Веб-интерфейс является клиентской частью конструктора.

### 3.2 Разработка структуры серверной части конструктора

В данном разделе описываются разработанные структуры серверной части конструктора и его основные алгоритмы функционирования.

### 3.2.1 Модульная структура серверной части конструктора

Модуль – набор структур и методов, который обобщает какую-то логику приложения.

Модульная структура серверной части конструктора представлена на рисунке 2.

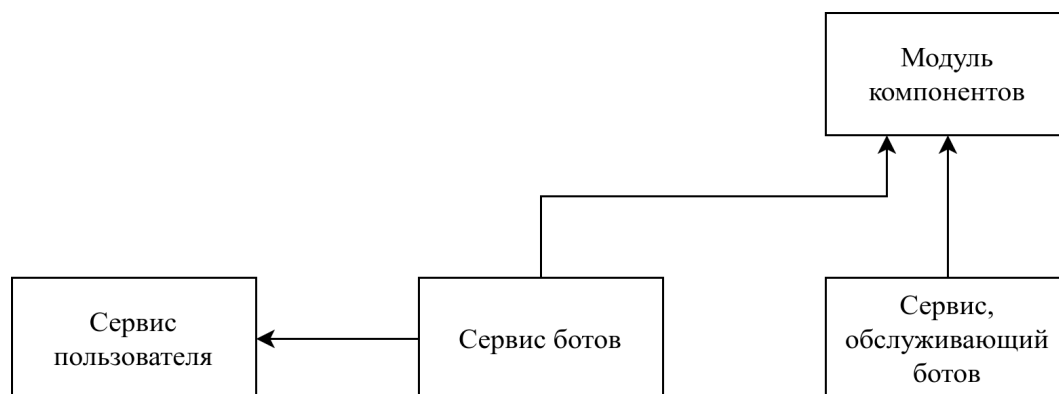


Рисунок 2 – Модульная структура серверной части конструктора

Сервис ботов зависит от сервиса пользователей, который предоставляет первому методы для авторизации пользователя. Также сервис ботов зависит от модуля компонентов, который описывает структуры компонентов и реализует их логику выполнения.

Для выполнения логики ботов сервис, обслуживающий ботов, вызывает методы из модуля компонентов.

### 3.2.2 Структура модуля компонентов

Модуль компонентов состоит из следующих подмодулей:

- подмодуль компонентов;
- подмодуль контекста;
- подмодуль исполнителя;
- подмодуль ввода-вывода.

Структура модуля компонентов представлена на рисунке 3.

Подмодуль компонентов содержит структуру и реализацию логики компо-

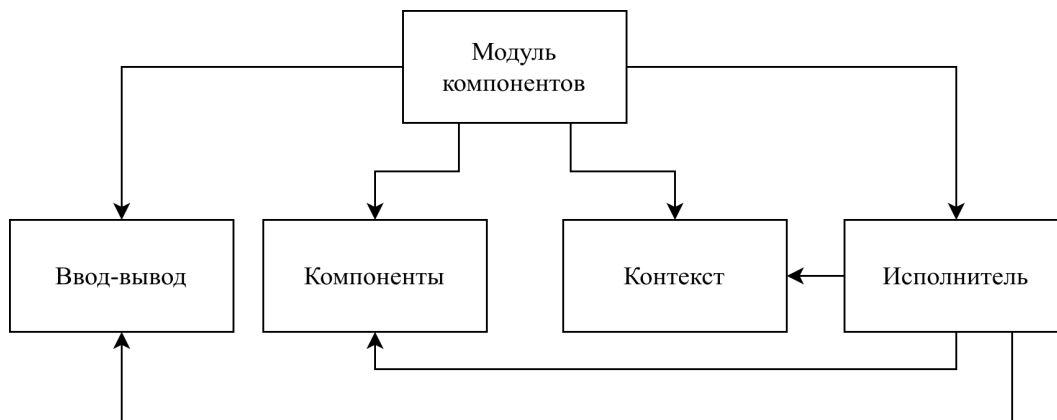


Рисунок 3 – Структура модуля компонентов

ентов. Каждый компонент реализует общий интерфейс компонента, который определен в данном подмодуле.

В данном подмодуле определены следующие компоненты:

- компонент ввода текста;
- компонент отправки сообщения;
- компонент вывода кнопок;
- компонент форматирования;
- компонент точки входа;
- компонент условия.

Подмодуль ввода-вывода предоставляет интерфейс, через который окружение обменивается данными с рядом компонентов.

Подмодуль контекста содержит методы для работы с контекстом. Контекст в рамках бота – память, с которой работают компоненты: компоненты получают из контекста данные для выполнения и записывают в него результат.

Исполнитель представляет собой объект, который содержит в себе контекст и интерфейс ввода-вывода. Через него происходит выполнение компонентов.

### 3.2.3 Алгоритмы функционирования серверной части конструктора

Пользователь конструктора взаимодействует с сервисом ботом, который контролирует изменение данных и состояние ботов. Схема алгоритма обработки запросов от пользователей сервиса ботов представлен на рисунке 4.

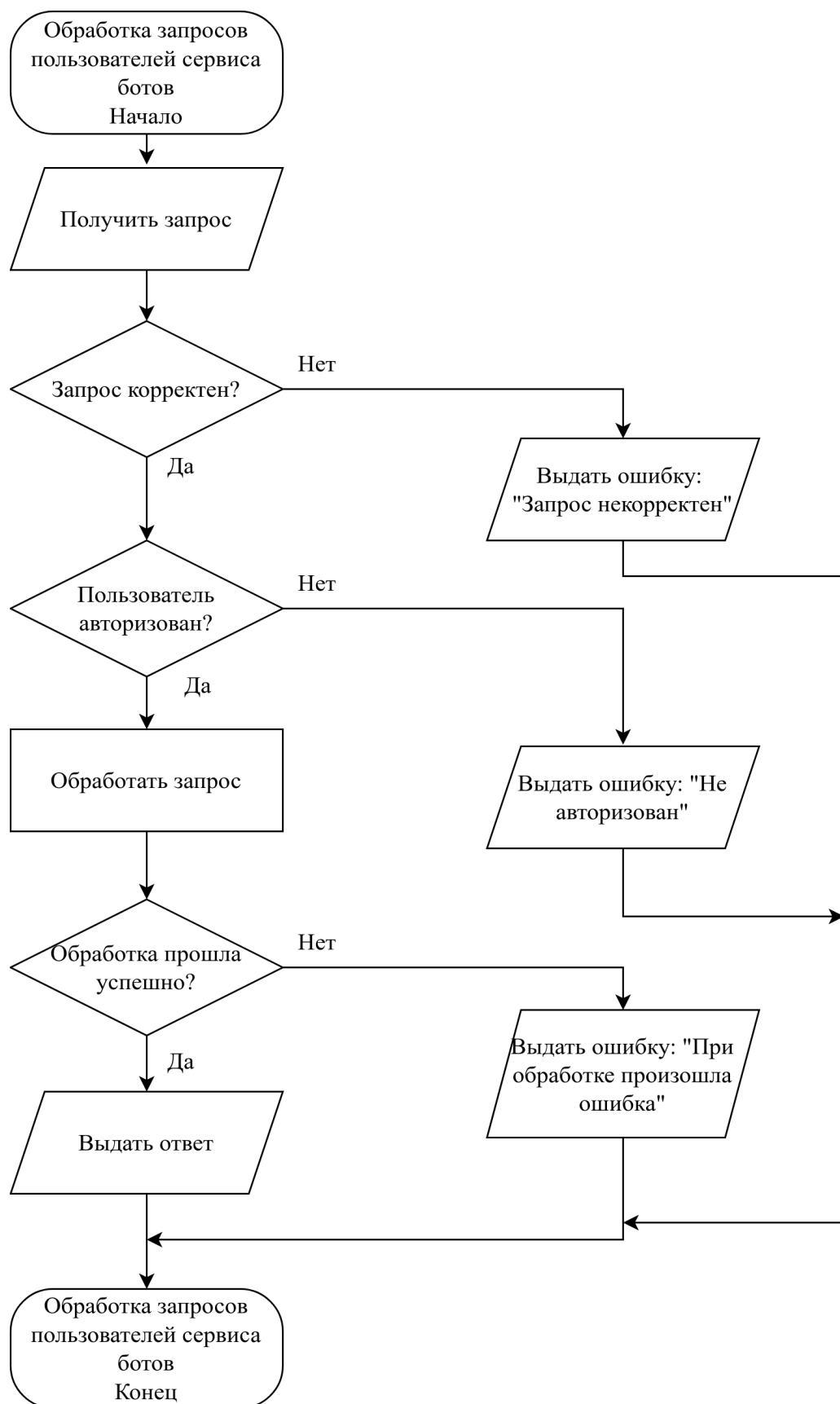


Рисунок 4 – Схема алгоритма обработки запросов от пользователей сервиса ботов

При получении запроса проверяется его корректность. Если запрос не корректен, например, такое обращение не доступно, то выводится соответствующая ошибка. Чтобы обработка прошла успешно, пользователь должен быть авторизован в системе. В случае успешной обработки запроса выдается ответ, иначе - ошибка.

При взаимодействии Telegram пользователя с ботом происходит отправка запросов сервису, обслуживающему ботов, который в дальнейшем обрабатывает данное событие. Схема алгоритма обработки запросов от пользователя бота представлен на рисунке 5.

При принятии события сервисом происходит считывание следующих данных:

- информация о пользователе;
- информация о чате;
- id бота, от которого пришло сообщение.

На основе этих данных из хранилища идёт получение следующих данных:

- контекст пользователя;
- id текущего компонента пользователя;
- компонентов бота.

На основании id текущего компонента происходит получение текущего компонента, который затем выполняется. Результат выполнения представляет собой id следующего компонента, который присваивается текущему.

На основании следующего компонента принимается решение: если компонент ожидает ввода каких-либо данных, то алгоритм заканчивается с сохранением контекста и id текущего компонента, иначе идет выполнение следующего компонента.

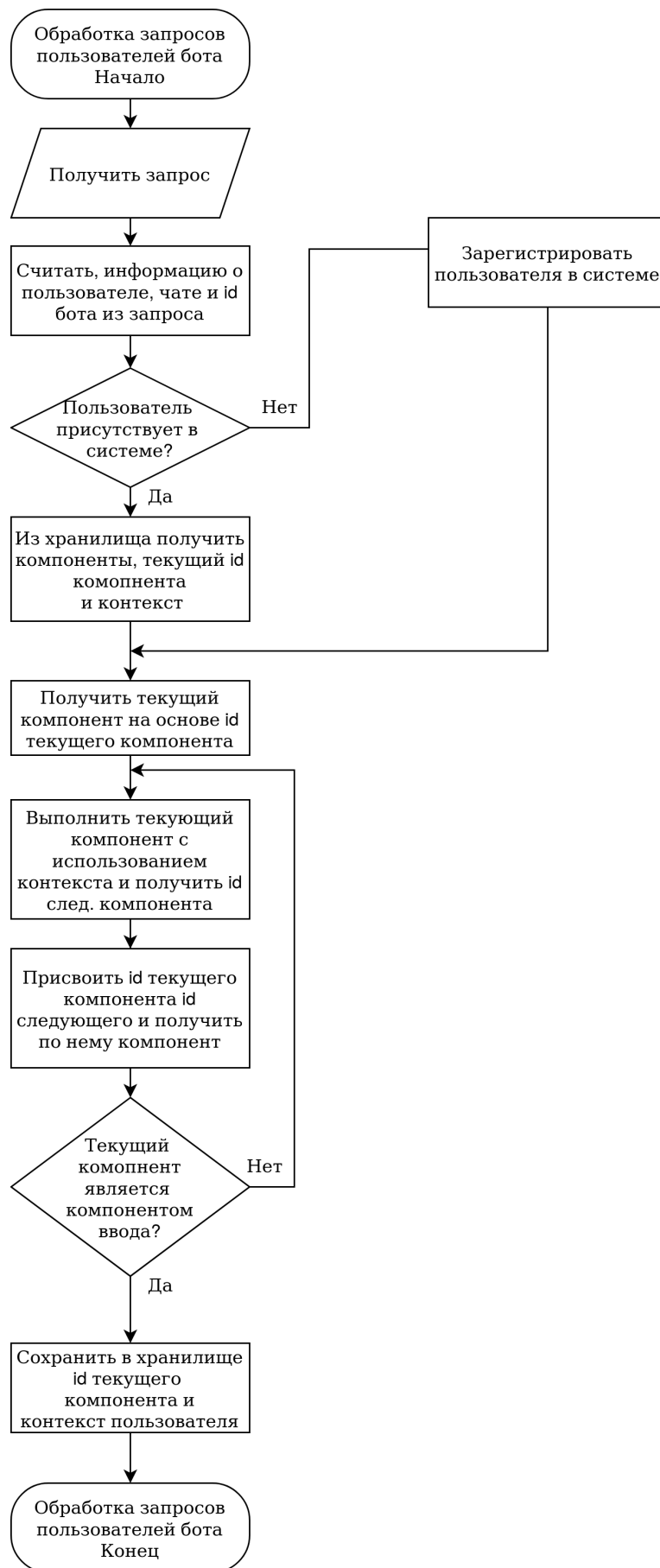


Рисунок 5 – Схема алгоритма обработки запросов от пользователей ботов

### 3.2.4 Обеспечение защиты информации клиентов конструктора

## 3.3 Разработка структуры клиентской части конструктора

В данном разделе описываются разработанные структуры клиентской части конструктора и его диаграммы состояний.

### 3.3.1 Структура интерфейса конструктора

Пользовательский интерфейс конструктора представляет собой административную панель с набором следующих страниц:

- страница аутентификации;
- страница регистрации;
- страница ботов пользователя конструктора;
- страница создания нового бота;
- страница запуска бота;
- страница редактирования бота.

Каждая страница состоит из верхней панели и содержимого страницы. Верхняя панель содержит ссылки на страницы аутентификации и регистрации, если пользователь не вошёл в систему, иначе - кнопку “выйти из системы”.

Страница аутентификации и регистрации содержат поля ввода логина и пароля пользователя, под которым располагается кнопка входа или регистрации. Шаблон содержимого страницы аутентификации представлен на рисунке

#### 3.3.1.1 Длинный длинный длинный длинный длинный длинный длинный длинный длинный длинный текст

#### 4 Расчёт координат объектов визуального редактора

Область редактора представляет собой координатную плоскость, на которой располагаются компоненты бота. Расположение компонента обеспечивается координатами  $(x_c, y_c)$ , которые указывают на левый верхний угол компонента.

При перемещении компонента вычисляются смещения  $\Delta x$  и  $\Delta y$  относительно координат нажатой мыши  $(x_m, y_m)$  по формулам

$$\Delta x = x_c - x_m, \quad (1)$$

$$\Delta y = y_c - y_m. \quad (2)$$

Данные смещения используются для расчёта новых координат компонента  $(x'_c, y'_c)$  при перемещении мыши с координатами  $(x'_m, y'_m)$ , которые вычисляются по формулам

$$x'_c = x'_m - \Delta x, \quad (3)$$

$$y'_c = y'_m - \Delta y. \quad (4)$$

Расположение компонента на координатной плоскости показано на рисунке 6.

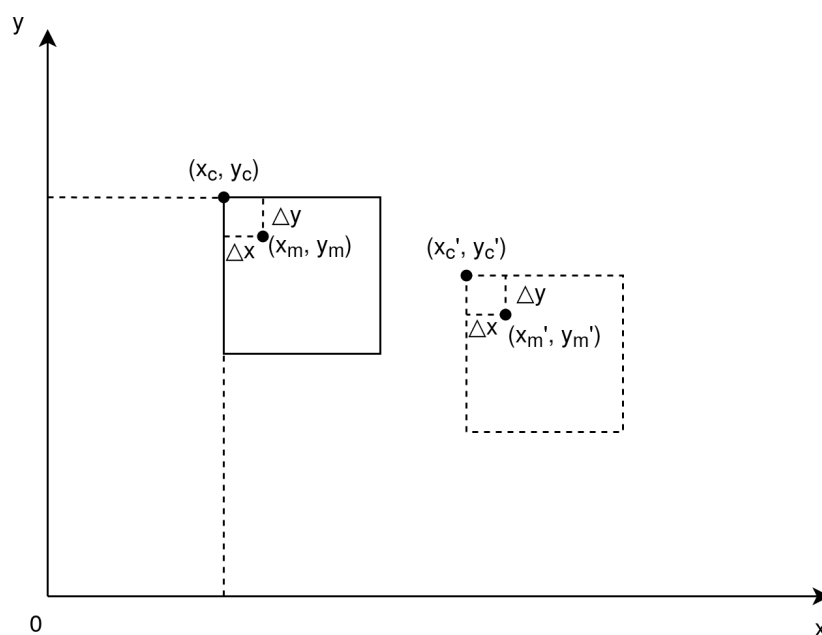


Рисунок 6 – Координаты расположения компонентов



Связи между компонентами представляют собой линию со стрелкой. Линия имеет координаты начала  $(x_{out}, y_{out})$  и конца  $(x_{in}, y_{in})$ , которые представляют собой точки центра окружностей соединительных точек выхода и входа компонентов. Расположение связей компонентов на координатной плоскости показано на рисунке 7.

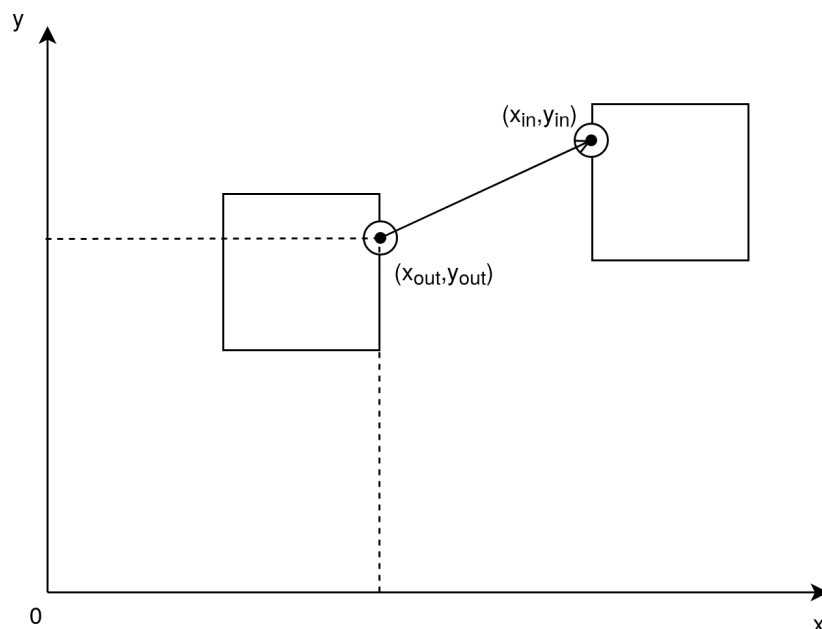


Рисунок 7 – Координаты расположения связей компонентов

Стрелка представляет собой две примыкающих к линии прямых. Стрелка имеет длину  $a$  и угол между примыкающих прямых  $\alpha$ .

Линия между компонентами наклонена под углом  $\beta$  относительно оси  $y$ . Угол вычисляется по формуле

$$\beta = \arctan\left(\frac{x_{in} - x_{out}}{y_{in} - y_{out}}\right). \quad (5)$$

Точка  $(x_a, y_a)$  является окончанием стрелки и её координаты вычисляются по формулам

$$x_a = x_{in} - \sin\beta * a, \quad (6)$$

$$y_a = y_{in} - \cos\beta * a. \quad (7)$$

Расчет смещения  $b$  примыкающих прямых относительно основной линии и

смещений  $\Delta x_a$  и  $\Delta y_a$  относительно осей  $x$  и  $y$  происходит по формулам

$$b = \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) * a, \quad (8)$$

$$\Delta x_a = \cos(\beta) * b, \quad (9)$$

$$\Delta y_a = \sin \beta * b. \quad (10)$$

Сами точки окончания примыкающих прямых  $(x_{a1}, y_{a1})$  и  $(x_{a2}, y_{a2})$  вычисляются по формулам

$$x_{a1} = x_a + \Delta x_a, \quad (11)$$

$$y_{a1} = y_a - \Delta y_a, \quad (12)$$

$$x_{a2} = x_a - \Delta x_a, \quad (13)$$

$$y_{a2} = y_a + \Delta y_a. \quad (14)$$

Расположение стрелки на координатной плоскости представлено на рисунке 8.

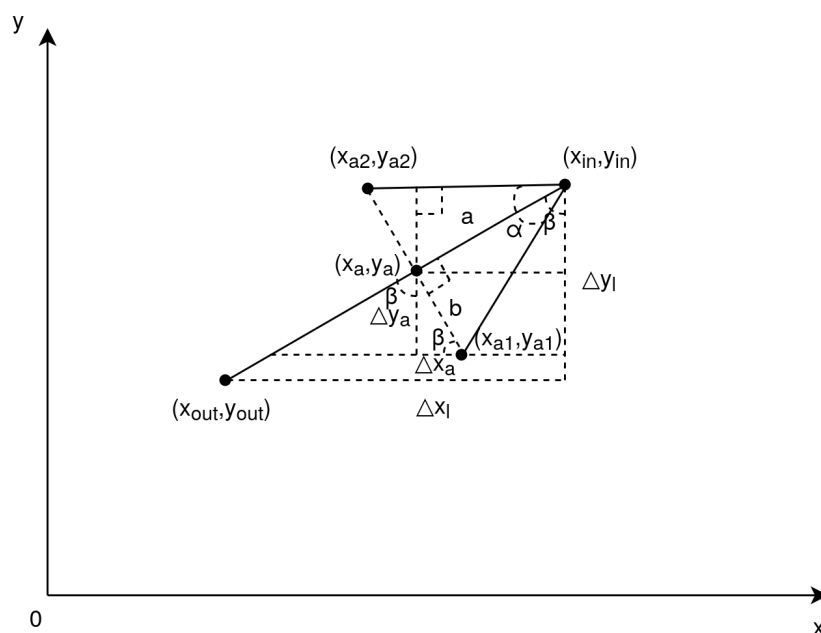


Рисунок 8 – Координаты расположения стрелки