

## Содержание

Введение . . . . .	3
1 Обзор предметной области . . . . .	4
1.1 История развития СКУД . . . . .	4
1.1.1 Первое поколение . . . . .	4
1.1.2 Второе поколение . . . . .	5
1.1.3 Третье поколение . . . . .	6
1.2 Основные составляющие СКУД . . . . .	7
1.2.1 Контроллер . . . . .	7
1.2.2 Считыватель . . . . .	8
1.2.3 Программное обеспечение . . . . .	9
1.3 Виды СКУД . . . . .	10
2 Обзор и анализ существующих решений . . . . .	12
3 Обзор платформы для разработки и проектирование клиентской части . . . . .	16
3.1 Требования и задачи . . . . .	16
3.2 Аппаратная часть СКУД . . . . .	16
3.3 Программное обеспечение СКУД . . . . .	19
3.3.1 Чат-бот . . . . .	20
3.3.2 Модуль распознавания лиц . . . . .	20
3.3.3 Модуль управления реле . . . . .	21
3.4 Выбор инструментов разработки . . . . .	21
3.4.1 Работа с камерой . . . . .	21
3.4.2 Работа с распознаванием лиц . . . . .	22
3.4.3 Построение чат-бота . . . . .	22
3.4.4 Выводы по разделу 3 . . . . .	23
4 Разработка системы контроля и управления доступом . . . . .	25
4.1 Подготовка и настройка платформы СКУД . . . . .	25
4.1.1 Выбор и установка операционной системы . . . . .	25
4.1.2 Подготовка операционной системы для разработки . . . . .	26
4.2 Структура проекта . . . . .	27
4.3 Модуль распознавания лиц . . . . .	28
4.3.1 Детектирование лиц со статичного изображения . . . . .	28
4.3.2 Распознавание лиц со статического изображения . . . . .	29
4.3.3 Тренировка распознавания системы . . . . .	31
4.3.4 Распознавание лиц с видеопотока . . . . .	32
4.4 Модуль Telegram-бот . . . . .	34

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Тема	Код специальности		
						Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Имя автора							
Провер.	Имя проверяющего							
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								
						Группа	1	44

4.4.1	Получение и отправка данных Telegram-ботом . . . . .	34
4.4.2	Построение пользовательских меню . . . . .	35
4.4.3	Построение диалога с пользователем . . . . .	35
4.5	Безопасность . . . . .	36
4.6	Тестирование . . . . .	37
5	Экономическая часть . . . . .	40
6	Охрана труда и промышленная экология . . . . .	41
	Заключение . . . . .	43
	Список литературы . . . . .	44

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						2

## Введение

Система контроля и управления доступом (далее СКУД) - это совокупность программных и аппаратных средств, предоставляющая возможность управления пропускным режимом, с целью ограничить доступ к определённым территориям или помещениям лицам, не имеющим к ним разрешения. Подобные системы широко используются среди не только крупных организаций и предприятий, но и малого бизнеса, индивидуальных предпринимателей. Причинами такого успеха являются:

- централизованное управление пропускным режимом на объекты;
- сокращение времени на проверку документов;
- упрощение ведения статистики.

Для обеспечения контроля доступа в больших предприятий существует большое количество решений на рынке, однако для малых помещений с соответственно пониженной ценой наблюдается недостаток предложений. Именно поэтому, до сегодняшнего дня, малые организации используют простые замки или, к примеру, домофоны. Такие устройства значительно снижают удобство и быстроту доступа к определенным объектам.

Решением данной проблемы является разработка собственной СКУД, что определяет цель дипломного проекта. Для достижения данной цели должны быть решены следующие задачи:

- изучение теории по системам СКУД;
- анализ существующих решений на рынке, выявление их основных возможностей и недостатков;
- изучение теории по методам идентификации пользователей;
- выбор программных и аппаратных инструментов для разработки системы СКУД.

Структура работы включает в себя ...

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						3

## 1. Обзор предметной области

СКУД - система контроля и управления доступом. В более широком смысле это совокупность программных и аппаратных средств технической защиты, цель которых - ограничение и отслеживание событий входа/выхода на определенной территории.

### 1.1. История развития СКУД

История СКУД начинается в связи с потребностью введения контроля над доступом людей на ограниченные территории, заменив старые, неактуальные способы контроля на автоматизированные и удобные в управлении системы. Структурная схема первых систем (на сегодняшний день также используются):

- считыватель (программно-аппаратное устройство, которое принимает коды от внешних устройств);
- валидатор (логический блок, предназначенный для проверки кода на его соответствие);
- реле (программный или аппаратный модуль, предназначенный для управления устройствами блокировки прохода).

#### 1.1.1. Первое поколение

СКУД первого поколения выполняли лишь базовые функции: считыватель ключей получал определенный код, передавал его в валидатор, далее валидатор проверял код на соответствие и принимал решение о открытии/закрытии блокирующего устройства.

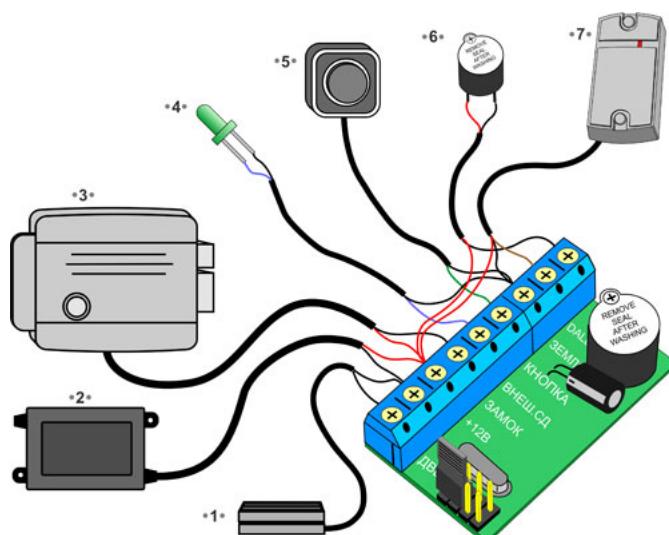


Рисунок 1 – пример простого СКУД – Z-5R

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						4

В качестве устройств содержащих в себе ключ доступа широко использовалась TouchMemory – устройства, имеющие однопроводный протокол обмена информацией и флеш-память для её хранения.



Рисунок 2 – электронный ключ Button.com, реализующий систему TouchMemory

Подобные устройства хоть и не отличались большой функциональностью, внесли в развитие СКУД несколько нововведений:

- отказ от линий связи, что привело к использованию палиативных механизмов программирования;
- внедрение протокола MicroLan, на основе которого позже будет создано множество охранных и пожарных систем.

Несмотря на все достоинства, СКУД первого поколения не отвечали еще некоторым основным требованиям – ведению журнала событий и простоте программирования контроллеров.

### 1.1.2. Второе поколение

Опыт использования первых СКУД показал, что они востребованы, однако пользователи нуждаются в увеличении функциональности и безопасности.

В связи с увеличением мощности микроконтроллеров, а также появлением доступа к технологиям Ethernet. Из этого исходят следующие нововведения:

- появились журналы событий. Они не работали в реальном времени, но значительно повышали безопасность охраняемых объектов;
- контроллеры стали способны сами получать и передавать данные для обработки, без необходимости в управляющих командах;
- на платах СКУД предусматривался канал связи Ethernet. Отныне локальные сети стали ключевыми линиями связи.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						5

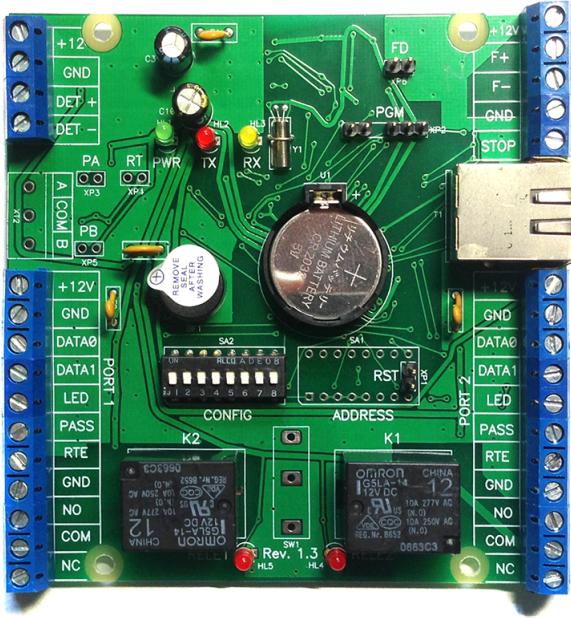


Рисунок 3 – Сетевая СКУД Sigur – поддерживает работу по сети за счет встроенного Ethernet порта

В процессе использования СКУД нового поколения, были выявлены следующие недостатки:

- журналы событий не работали в реальном времени. Такая функция позволила бы незамедлительно реагировать на определенные события;
- не было поддержки более сложных алгоритмов валидации ключей, соответственно безопасность нельзя было повысить;
- не поддерживались разные виды идентификаторов, такие как штрих-коды, отпечатки пальцев и т.п.

### 1.1.3. Третье поколение

Применение локальных сетей ускорило развитие СКУД. Ранее совмещенные элементы систем контроля и управления доступом стали разделяться, образовывая распределенные системы. Это означало, что стало возможным располагать на разные объекты считыватели, подключённые к одному контроллеру СКУД.

Также, чаще роль контроллера СКУД стал выполнять персональный компьютер, с установленным управляющим программным обеспечением. Такая структура позволила:

- наделить системы СКУД гибкостью, возможностью использования различного ПО, выбираемого по требуемым характеристикам;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						6

- использовать любые поддерживающие методы идентификации – от простых TouchMemory до биометрии.

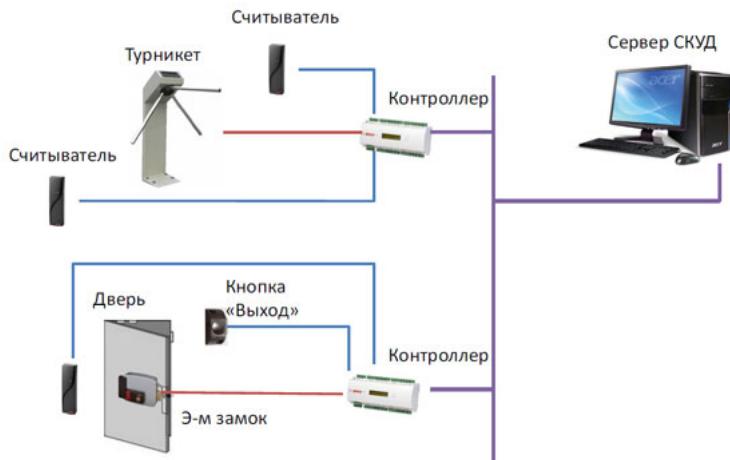


Рисунок 4 – структурная схема СКУД третьего поколения

Третье поколение СКУД вследствие больших нововведений получила и ряд нерешённых проблем:

- все элементы системы теперь зависели от одного-двух серверов, на которых выполнялось управляющее программное обеспечение;
- за счёт большого числа новых методов идентификации появилось множество проблем с безопасностью. Такая ситуация подтолкнула производителей к использованию и разработке новых протоколов обмена информацией между устройствами.

## 1.2. Основные составляющие СКУД

### 1.2.1. Контроллер

В современных системах контроля и управления доступом контроллер – одна из самых функциональных модулей. Он выполняет роль центрального модуля управления – в его памяти хранятся коды идентификаторов, а значит контроллер принимает решение о допуске определённого человека на охраняемый объект.

В случае необходимости автономного контроллера, он совмещается со считывателем в одном устройстве, что позволяет сократить затраты, снизить стоимость и упростить монтаж.

При использовании СКУД на несколько точек доступа, ощутимо возрастает значимость характеристик.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						7



Рисунок 5 – пример контролеров – автономный Z-5R (слева), Anviz SAC844 (справа)

### 1.2.2. Считыватель

Считыватель - устройство, которое получает код идентификатора и передаёт его в контроллер для обработки. Считыватели, в зависимости от модели, позволяют принимать в качестве идентификатора следующие идентификаторы:

- proximity-карты;
- TouchMemory;
- код доступа;
- биометрия (отпечатки пальцев, радужная оболочка глаз, лица).

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Код специальности

Лист  
8



Рисунок 6 – считыватели Smartec

### 1.2.3. Программное обеспечение

В случае использования компьютера в качестве контроллера, существует специальное программное обеспечение, роль которого – управление подключёнными модулями и хранение идентификаторов.

Программное обеспечение используется при необходимости более широкого функционала, чем может предоставить обычный контроллер, например:

- ведение отчётности, быстрый доступ к отчётам;
- подключение баз данных сотрудников, например в 1С;
- удалённое управление, изменение баз данных, конфигураций.

					Код специальности	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

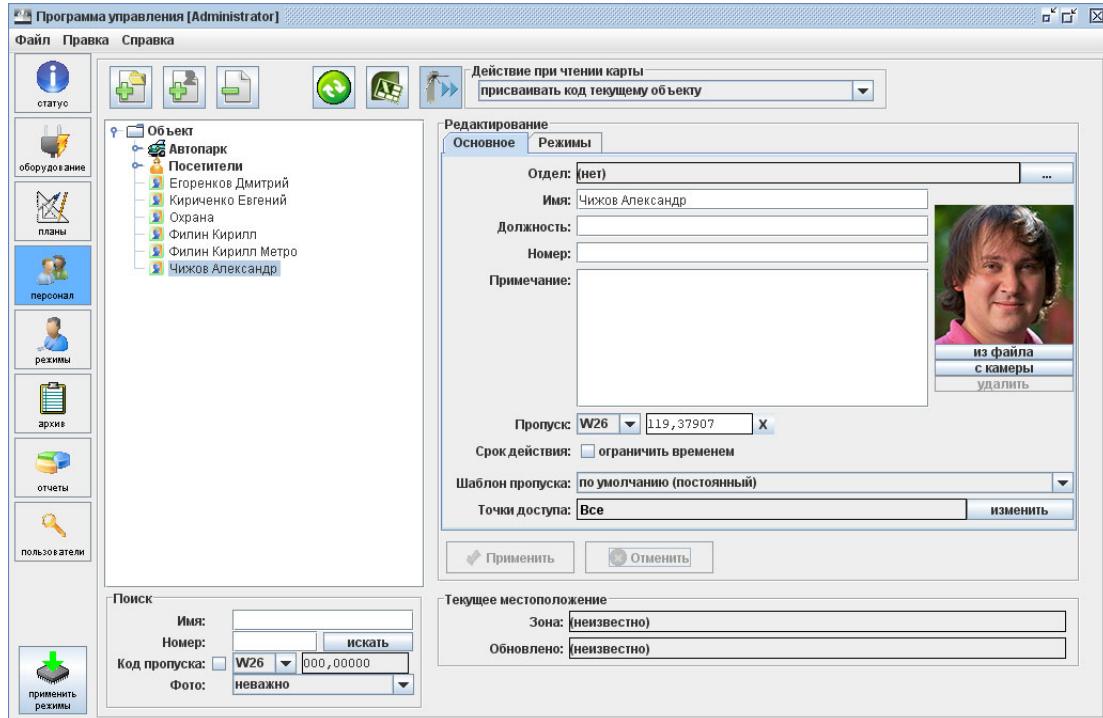


Рисунок 7 – программное обеспечение Castle

### 1.3. Виды СКУД

Все системы контроля и управления доступом можно разделить на две категории: сетевые и автономные системы.

В сетевой системе все контроллеры соединены с компьютером, что позволяет управлять десятками дверей, проходных пунктов, турникетов. Подобные системы удобны для больших объектов (офисов, производственных предприятий).

Сетевые системы используются для:

- использования сложных алгоритмов допуска сотрудников с разными привилегиями в разные зоны объекта;
- организации учёта рабочего времени;
- при взаимодействии с другими системами безопасности, например с пожарной сигнализацией.

В сетевой СКУД могут применяться как проводные, так и беспроводные методы передачи данных, например:

- Bluetooth;
- Wi-Fi;
- GSM.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Автономные системы менее функциональны, дешевле, проще в эксплуатации. Они не требуют прокладки сотен метров кабеля, а также сопряжения и управления с компьютера. При этом, автономные системы могут иметь некоторый функционал сетевых СКУД, например, ведение отчётов, удалённое управление, но должны обеспечивать безопасность хранения информации, т.к. все идентификаторы располагаются непосредственно в автономной системе.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						11

## 2. Обзор и анализ существующих решений

В качестве примеров существующих на рынке СКУД, были выбраны следующие системы:

- комплексная система с распознаванием лиц Sigur;
- Smartec ST-FR040EM;
- комплексная система Perco.

Важно отметить, что для выполнения сравнения системы Sigur и Perco были теоретически собраны из представленных модулей.

Краткое описание всех выбранных систем:

В продуктах Sigur распознавание лиц используется для автоматической идентификации сотрудников в точках прохода. Видеопоток может быть получен с IP-камер, подключённых к системе напрямую.

Комплексная система Sigur поддерживает как только распознавание лиц, так и другие методы идентификации совместно.

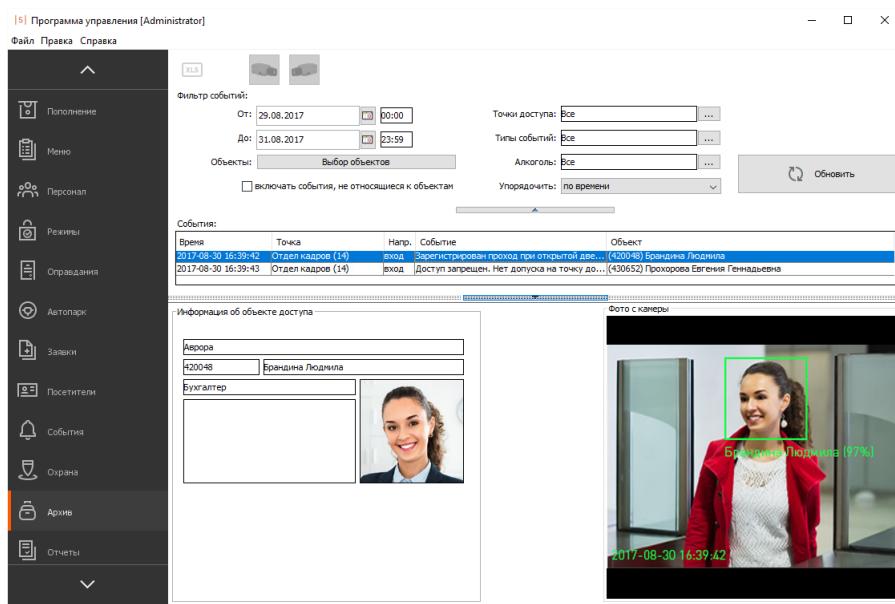


Рисунок 8 – СКУД Sigur

Корректная работа гарантируется только при следующих условиях:

- количество лиц в базе до 1000;
- качественный видеопоток;
- качественное освещение.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						12

При этом СКУД Sigur требует для работы компьютер/сервер со следующими техническими характеристиками: процессор Intel Core i7, не менее 8 Гб ОЗУ.

Цена продукта определения посредством лицензирования – выбором покупателем количества камер и максимального количества сотрудников в базе. Например, минимальная конфигурация, состоящая из:

- одна камера – 7000 руб.
- 10 лиц сотрудников в базе – 72000 руб.
- контроллер – 16170 руб.

стоит 95170 руб.

Следующая система, биометрический считыватель ST-FR040EM марки Smartec выполняет распознавание геометрии лица, а также идентификацию пользователей по коду доступа и картам стандарта Em Marine. Наличие встроенного контроллера позволяет ему выполнять функции СКУД в автономном режиме.



Рисунок 9 – СКУД Smartec ST-FR040EM

На передней панели считывателя под небольшим углом к вертикальной плоскости расположены две камеры: обычная цветная и камера, фиксирующая изображение в ИК-диапазоне. При этом распознавание лиц выполняется с помощью обработки кадров, зафиксированных ИК-камерой.

Помимо биометрического ридера, ST-FR040EM имеет встроенный считыватель карт доступа формата Em Marine, а также оснащен экранной кодо-наборной клавиатурой. Благодаря этому, устройство позволяет реализовать не только распознавание лиц, но и осуществлять контроль доступа по картам,

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						13

коду, а также использовать эти методы идентификации в различных комбинациях.

ST-FR040EM имеет релейный выход с НЗ/НР контактами, через который считыватель может управлять электрическим дверным замком. НР-контакт применяется в тех случаях, когда устройство для распознавания лиц должно управлять замком, открывающимся при подаче напряжения, а НЗ – когда замок открывается при отключении питания. При этом, если рабочее напряжение замка составляет 12 В, то для него и устройства распознавания можно использовать единый источник электропитания достаточной мощности. Система обеспечивает корректную работу при выполнении следующих условий:

- до 500 лиц в базе распознавания;
- температурах работы от 0 до 50 С;
- питание не более 400 мА.

Розничная цена СКУД Smartec составляет 29000 руб.

Системы контроля доступа PERCo-S-20 интегрированы с биометрическими контроллерами Suprema предназначенными для учета отпечатков пальцев сотрудников и посетителей. В качестве идентификаторов в системе могут использоваться карты доступа и отпечатки пальцев совместно или по отдельности.



Рисунок 10 – биометрический СКУД Perco Suprema

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						14

Для функционирования оборудования Suprema необходимо приобрести, как минимум, Базовое ПО PERCo-SN01 и один контроллер PERCo с интерфейсом связи по Ethernet.

Система поддерживает хранение до 10 отпечатков для одного сотрудника/посетителя, а максимальное количество отпечатков, хранимых в СКУД – 20000.

При использовании контроллеров и считывателей Suprema могут быть использованы как недельные, так и сменные графики доступа для сотрудников.

Интеграция настольных считывателей серии BioMini позволяет регистрировать биометрические данные сотрудников/посетителей централизованно, например, сотрудником отдела кадра или бюро пропусков.

Цена подобной системы составляет 22470 руб.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Код специальности

Лист

15

### 3. Обзор платформы для разработки и проектирование клиентской части

#### 3.1. Требования и задачи

Для создания системы контроля и управления доступом были сформулированы наиболее важные идеи, задачи и требования на основе проведённого теоретического анализа и обзора существующих решений.

Разрабатываемая система должна:

- осуществлять контроль доступа на основе биометрического метода идентификации – распознавания лиц. Такой метод является наиболее практичным для небольшого количества сотрудников, т.к. позволяет не приобретать карты доступа, а также даёт возможность более быстрой идентификации.
- иметь реле для управления различными видами замков, турникетов, и т.п.
- иметь клиентскую часть, представленную в виде чат-бота в мессенджере. Исследование рынка показало, что методы управления СКУД неудобны, не имеют большого функционала и часто требуют непосредственного нахождения рядом с управляющим блоком. Основные модули, из которых должна состоять клиентская часть: модуль обработки видеопотока и распознавания лиц; модуль чат-бота мессенджера. В качестве мессенджера был выбран Telegram, так как имеет самое функциональное и документированное API для создания чат-ботов и сами чат-боты Telegram отличаются от всех мессенджеров наличием таких особенностей как: возможность общения с ботом посредством клавиатур, команд (например, /help или /menu), обычных сообщений и картинок; возможность построения многоуровневых меню, что решает проблему незнания пользователем команд управления; модуль управления реле. Модуль отвечает за принятие команд от модуля распознавания, подачей напряжения на контакты GPIO для управления реле.
- обеспечивать безопасность хранения информации.

#### 3.2. Аппаратная часть СКУД

Разработка системы контроля и управления доступом осуществляется на платформе компании Raspberry Pi Foundations – Raspberry Pi 3B. Основой данного продукта является процессор с ARM-архитектурой Cortex-A53 с частотой 1,2 ГГц и модуль оперативной памяти на 1 Гб. Raspberry Pi 3B

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						16

разработана с интерфейсами Ethernet и USB, что позволяет использовать многочисленные устройства расширения.

Поддержка технологий Wi-Fi и Bluetooth обеспечивает широкие возможности для организации соединения и контактирования внешних устройств с платой.

Raspberry Pi имеет контакты GPIO, что может быть использовано для программного управления различными устройствами.

Выбранное устройство имеет малые габариты – 85,6×53,98×17 мм. Это подразумевает то, что конечное устройство будет занимать минимальное количество места.

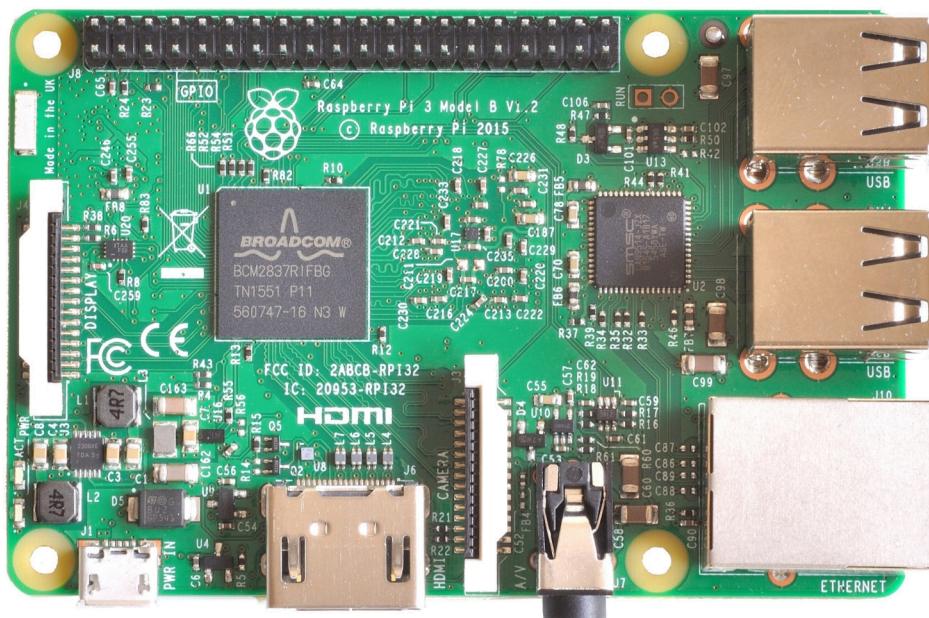


Рисунок 11 – Raspberry Pi 3B

Raspberry Pi имеет слот CSI, представляющий интерфейс между платой и модулем камеры. Такая возможность позволяет передавать данные с камеры со скоростью до 5 Гбит/с и не использовать IP-камеры, имеющие задержку из-за передачи данных по сети.

Для создания видеопотока для обработки следует использовать камеру. Благодаря описанному разъёму CSI плата может использовать модуль камеры с соответствующим интерфейсом.

В качестве модуля камеры был выбран Raspberry Pi Camera Board v2.1 – модуль от производителя основной платы. Это обеспечивает совместимость камеры с компьютером, а также даёт возможность использовать официальный SDK для работы с камерой, тем самым получая наилучшее быстродействие.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						17

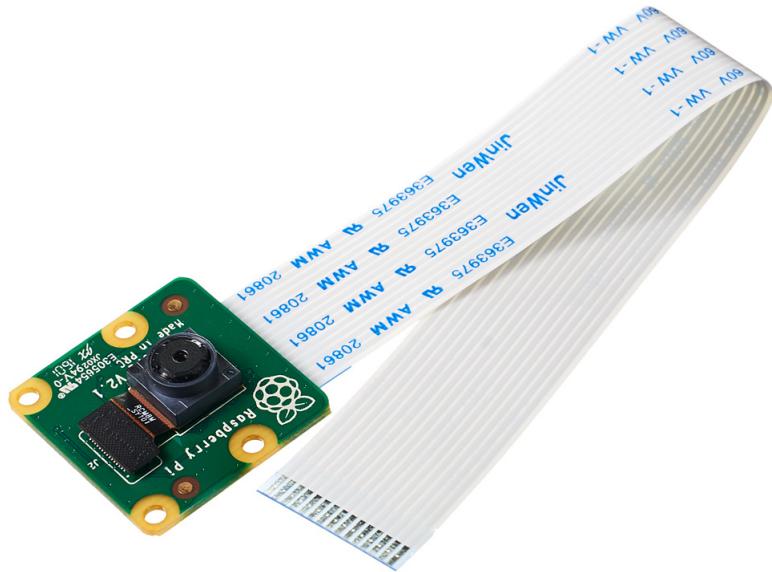


Рисунок 12 – модуль камеры Raspberry Pi Camera Board

Модуль камеры основан на сенсоре Sony IMX 219 PQ, имеет разрешение до 8 Мп (3280x2464) и поддерживает видеоформаты от 480р (90 FPS) до 1080р (30 FPS).

Для выполнения одной из главных функций устройства – управления внешними блокирующими устройствами – выбран модуль реле Tongling с рабочим напряжением 5В. Данный модуль поддерживает проходящий ток до 10А, а также имеет специальные контакты для подключения к контактам GPIO.

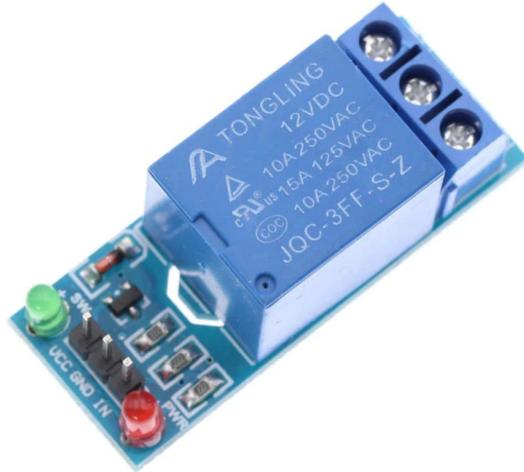


Рисунок 13 – модуль реле Tongling на 5В

Raspberry Pi не имеет стандартных разъёмов для подключения жестких дисков, но содержит слот для SD-карты. Такое решение было сделано для большей компактности. Для в качестве хранилища информации была выбрана SD-карта название.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						18

Общая архитектура аппаратной части системы контроля и управления доступом:

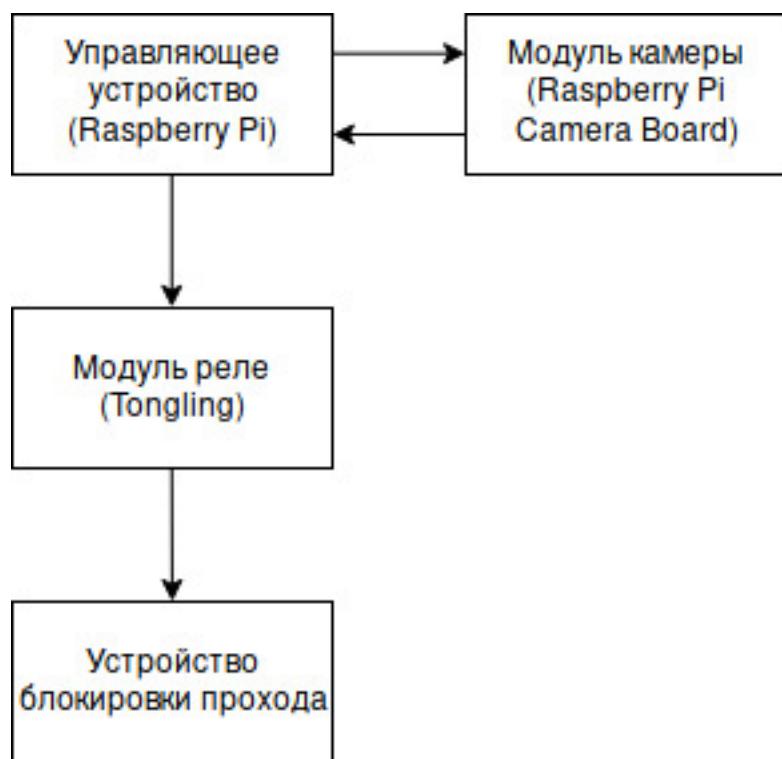


Рисунок 14 – структура аппаратной части системы

### 3.3. Программное обеспечение СКУД

Разработка программного обеспечения СКУД осуществляется на основе трёх модулей: чат-бота, модуля распознавания лиц и модуля управления реле.

Основная схема программного обеспечения:

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						19



Рисунок 15 – структура программной части СКУД

### 3.3.1. Чат-бот

Задача данного программного модуля состоит в получении пользовательских команд, обработки, конструирования и отправки ответов.

Основная функциональность, выполняемая модулем:

- построение пользовательских меню;
- построение диалогов с пользователем;
- проведение аутентификации пользователя чат-бота;
- управление базой лиц: добавление, удаление, модификация;
- уведомления о происходящих событиях пользователя (например проход распознанного/нераспознанного лица).

### 3.3.2. Модуль распознавания лиц

Модуль распознавания лиц выполняет одну из главных задач системы контроля и управления доступом – идентификацию пользователей. Функциональность модуля:

- обработка и подготовка изображения для детектирования лиц;
- детектирование лица на фотографии, составление выделяющих масок;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						20

- распознавание лиц, идентификация лиц с заранее заданными фотографиями пользователей в режиме единичной фотографии или в режиме потока кадров;
- принятие решения об подаче сигнала открытия/закрытия на реле.

### 3.3.3. Модуль управления реле

Данный модуль представляет простое сокрытие реализации работы с контактами GPIO, то есть предоставляет интерфейс для управления состояниями реле.

Функциональность данного модуля состоит из:

- подачи сигнала отключения реле;
- подачи сигнала включения реле.

## 3.4. Выбор инструментов разработки

В рамках разработки системы контроля и управления доступом выбор инструментов зависит не только от возможностей тех или иных библиотек конкретных языков программирования, но и от задач поставленных в разделе 3.1.

В результате проведения обзора высокогородневых языков, в качестве которых были выбраны C++, Java, Python, был сделан выбор в пользу Python по следующим причинам:

- код программы выполняется интерпретатором, что даёт возможность запускать программу без процесса компиляции. Это ускоряет процесс разработки и отладки программного обеспечения;
- интерпретатор Python занимает гораздо меньший объём памяти по сравнению с JRE;
- большая кроссплатформенность в отличие от C++;

### 3.4.1. Работа с камерой

В качестве решения для работы с модулем камеры была выбрана официальная библиотека для Raspberry Pi Camera Board – picamera. Она предоставляет интерфейс для камеры на языке программирования Python.

picamera позволяет выполнять такие операции как:

- работа с изображением с камеры, сохранение, обработка (поворот, изменение цвета и т.п.);

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						21

- получение видеопотока, возможность выбора формата и количества кадров в секунду.

### 3.4.2. Работа с распознаванием лиц

Для распознавания лиц был выбран инструмент Face Recognition, который представляет из себя библиотеку, имеющую интерфейс на языке Python. Данная библиотека использует два основных инструмента:

- библиотеку OpenCV – широко распространённый набор алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов. Включает в себя базовые структуры, вычисления (математические функции, генераторы случайных чисел), обработку изображений, модели машинного обучения, модули для работы с калибровкой камеры.
- библиотеку dlib, для работы с нейронными сетями, машинным обучением и пр. Использует обученные каскады для поиска лиц.

Используя возможности детектирования лиц и обученных нейросетей Face Recognition добивается максимального процента распознавания лиц.

### 3.4.3. Построение чат-бота

Для разработки чат-бота в мессенджере Telegram была использована имплементация API Telegram на языке Python – pyTelegramBotAPI. Одна из ключевых возможностей инструмента – использование паттерна проектирования Decorator, предназначенного динамического подключения дополнительного поведения к объекту.

Основные возможности pyTelegramBotAPI:

- получение, обработка и отправка нескольких видов сообщений и медиафайлов – текстовых сообщений, аудио, видео, документов различных форматов, голосовых сообщений, стикеров и т.д.;
- управлять сообщениями, т.е. отправлять, получать, удалять, редактировать;
- генерировать меню и inline-меню (Рисунок 16)
- использовать механизм web-hooks;
- использовать любые прокси-серверы;
- собирать отчёты о работе API.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						22

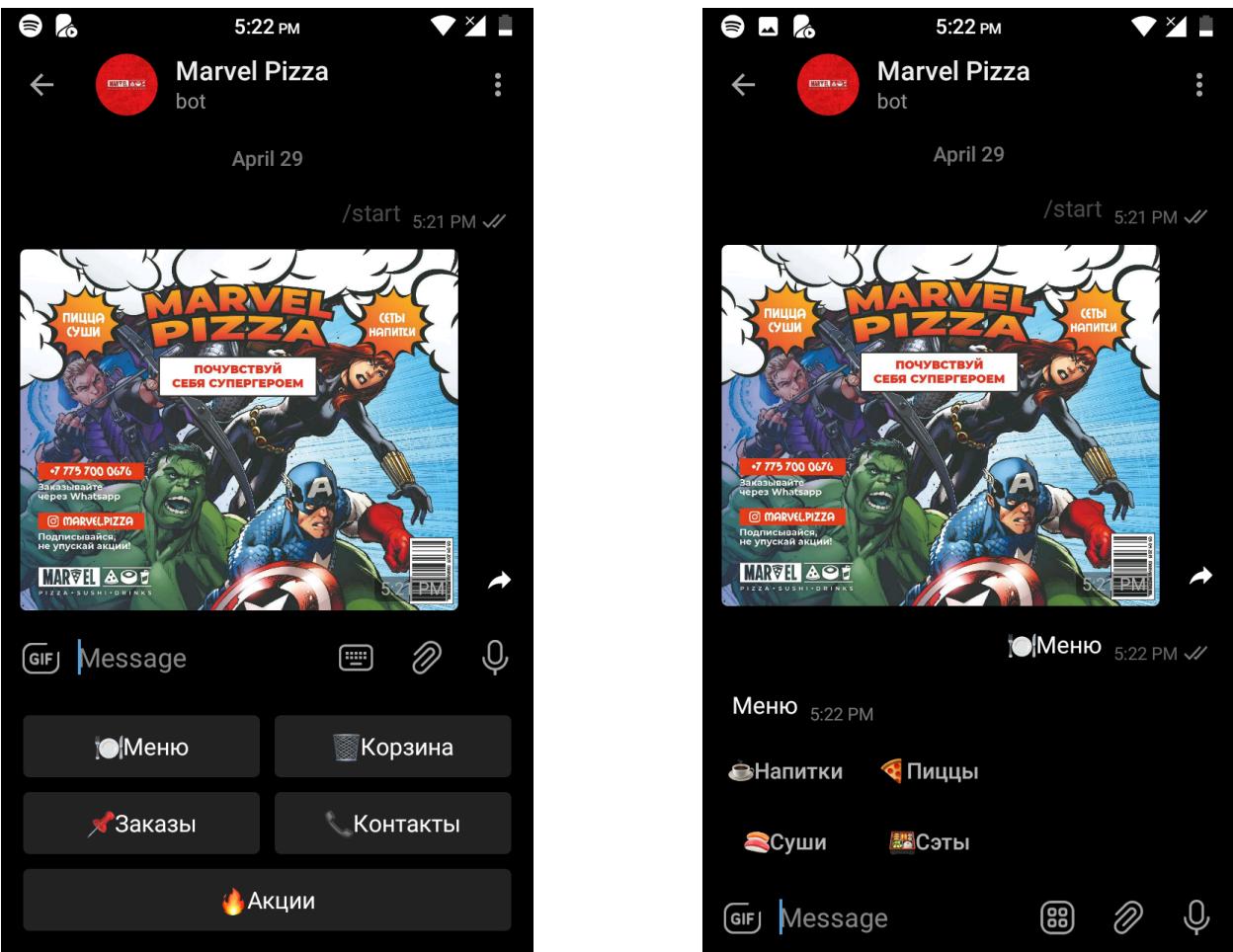


Рисунок 16 – пример меню (слева) и inline-меню (справа)

#### 3.4.4. Выводы по разделу 3

Проведён обзор платформы для разработки СКУД. Были выявлены основные требования к аппаратным и программным модулям системы. В результате были спроектированы аппаратная и программная части системы, перечислены основные используемые устройства и библиотеки.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						23

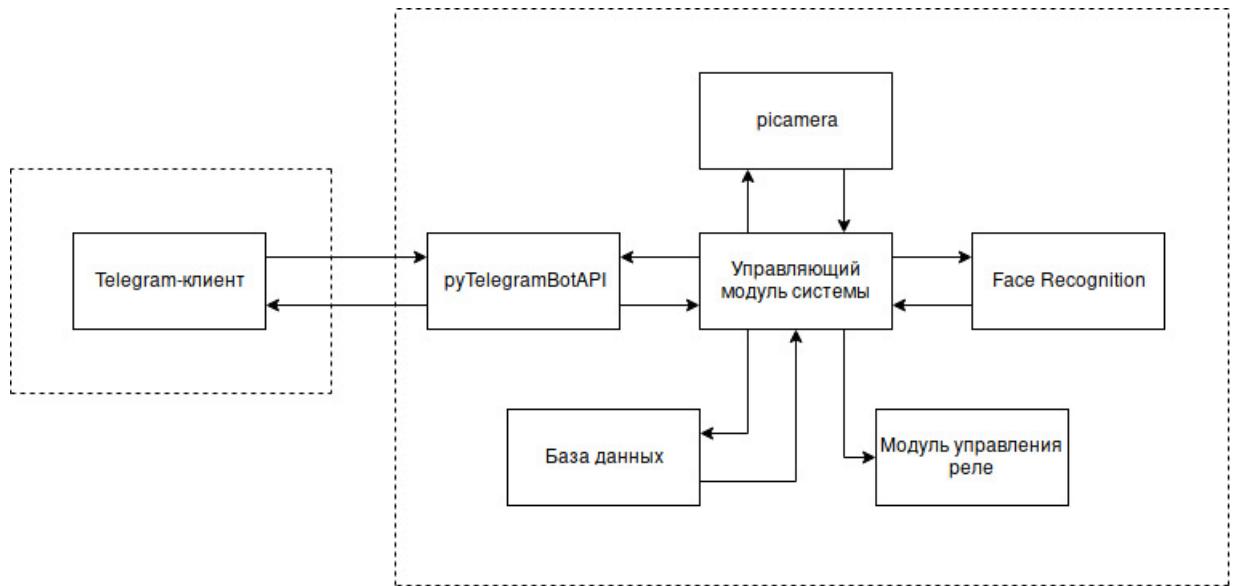


Рисунок 17 – Уточнённая структура программного обеспечения СКУД

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						24

## 4. Разработка системы контроля и управления доступом

### 4.1. Подготовка и настройка платформы СКУД

Аппаратной основой системы контроля и управления доступом является мини-компьютер Raspberry Pi 3B. Для обеспечения работы всех аппаратных и программных модулей СКУД требуется произвести выбор и установку дистрибутива операционной системы, её конфигурирование, настройку разъёмов, проводных и беспроводных подключений.

#### 4.1.1. Выбор и установка операционной системы

Выбор операционной системы в первую очередь зависит от характеристик системы. Raspberry Pi 3B имеет процессор с ARM-архитектурой (Advanced RISC Machine) ARMv7. Такие процессоры часто требуют меньшее количество транзисторов, чем с архитектурой CISC, что позволяет уменьшить цену, потребление электроэнергии и тепловыделение. Характеристики процессоров ARM отлично подходят для легких, портативных устройств, например смартфонов, нетбуков, планшетов.

Архитектура ARM поддерживает 64-битный набор инструкций начиная с ARMv8, поэтому для установки на Raspberry Pi требуется операционная система, поддерживающая 32-битные ARM процессоры.

Под критерии подходят довольно большое количество операционных систем, так как сообщество Raspberry Pi активно их разрабатывает под самые различные задачи, например Open Source Media Center – предназначен для создания домашнего киноцентра, или Pi MusicBox – основан на Mopidy Music Streaming Server, используется для проигрывания музыки из Spotify, Google Music и т.п.

Но большинство из таких операционных систем предназначены для решения конкретной задачи и имеют предустановленные тематические приложения. Для разработки СКУД требуется операционная система имеющая инструменты для работы с контактами GPIO, поддерживающая все необходимые для разработки программные пакеты.

Также операционные системы подходящие для Raspberry Pi делятся на несколько групп:

- Unix-like системы (основанные на Linux, BSD и пр.);
- разрабатываемые компанией Microsoft (Microsoft Windows);
- разрабатываемые компанией Google Chrome OS и Android.

Для выполнения проекта была выбрана операционная система, разрабатываемая непосредственно для Raspberry Pi – Raspbian. Raspbian – это операционная система на основе ядра Linux, являющаяся потомком системы

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						25

Debian. Данный дистрибутив включает в себя множество полезных инструментов для разработки – интерпретатор Python, редактор кода, пакеты для работы с камерой и контактами GPIO.

Установка дистрибутива операционной системы тривиальна – требуется записать ISO образ дистрибутива Raspbian на карту памяти и загрузить операционную систему.

#### 4.1.2. Подготовка операционной системы для разработки

После установки операционной системы была проведена её базовая настройка, а именно:

- настройка сетевого подключения по технологии Wi-Fi, а также протокола SSH – он позволяет управлять устройством удалённо и не запускать при этом графический интерфейс;
- настройка статического IP-адреса для подключения по SSH;
- изменение часового пояса системы.
- обновление установленных пакетов и системы с помощью пакетного менеджера Apt.

После настройки был получен доступ к эмулятору терминала Raspberry Pi по протоколу SSH.

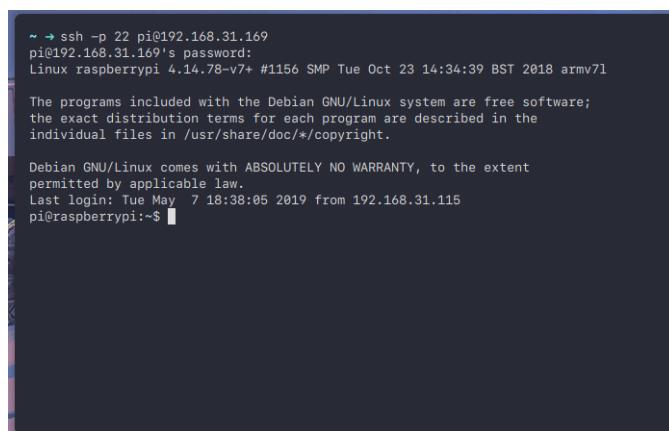


Рисунок 18 – управление Raspberry Pi по SSH

Apt - пакетный менеджер для дистрибутивов Debian. По завершению настройки операционной системы с помощью Apt были установлены необходимые для разработки программные пакеты:

- dlib;
- Face Recognition;
- OpenCV;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						26

- pyTelegramBot;

Пакеты интерпретатора языка Python предустановлены в операционной системе Debian, поэтому их установка не требуется.

## 4.2. Структура проекта

Исходный код приложения представляет из себя Python—проект, разделённый на логические модули. Такая организация проекта позволяет держать исходный код в одном репозитории и упростить сборку Python приложения.

Исходный код и используемые в проекте файлы содержатся в корневой папке *smartcamera*:

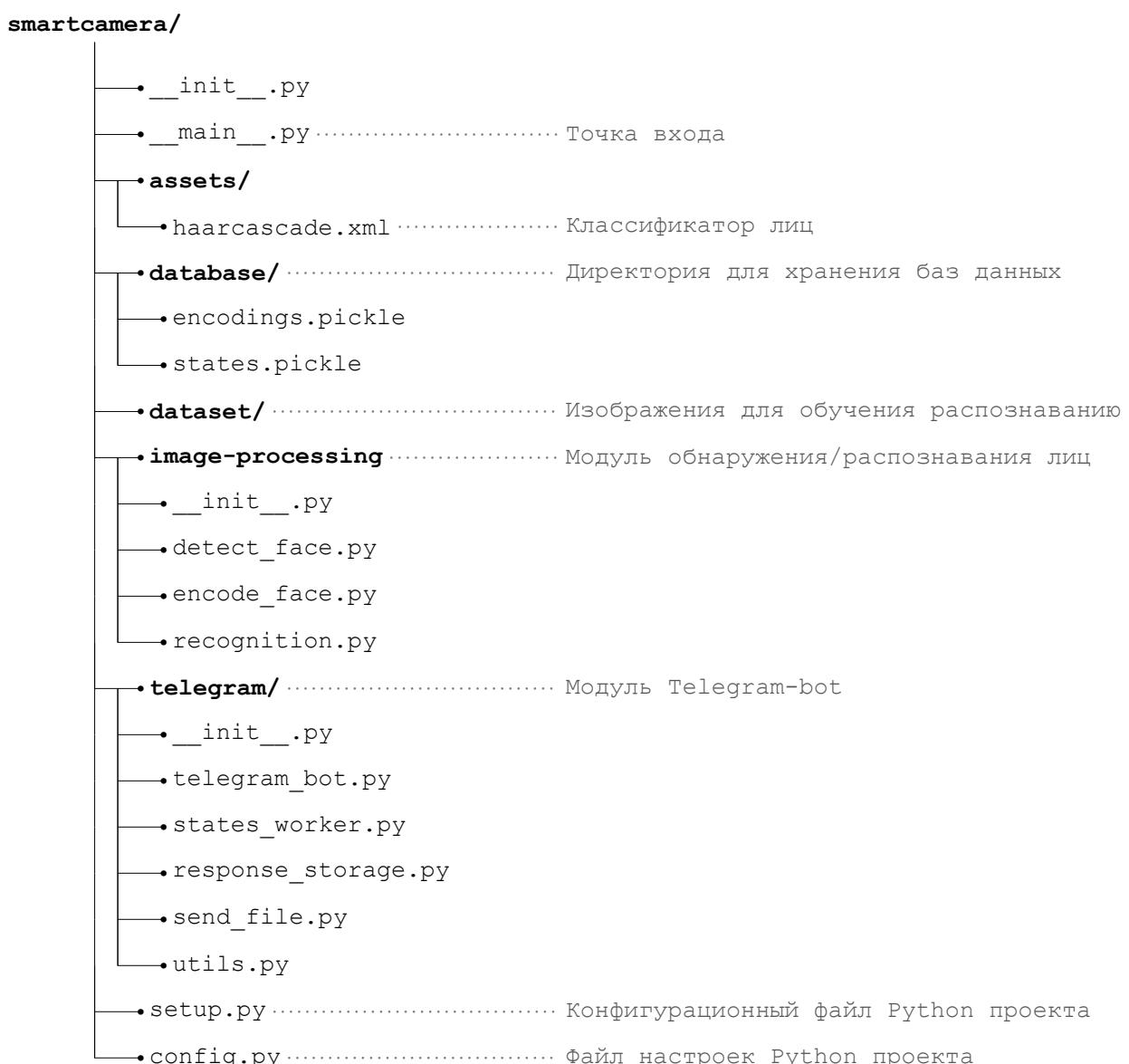


Рисунок 19 – Структура проекта

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						27

### 4.3. Модуль распознавания лиц

Данный модуль состоит из трех несвязных частей – распознавания лиц в видеопотоке, распознавания лиц со статичного изображения, детектирования лиц со статичного фото.

#### 4.3.1. Детектирование лиц со статичного изображения

Для разработки функции детектирования лиц использовался алгоритм, основанный на методе Виолы-Джонса. Данный метод основывается на примитивах Хаара, представляющих собой разбивку заданной прямоугольной области на наборы разнотипных прямоугольных подобластей:

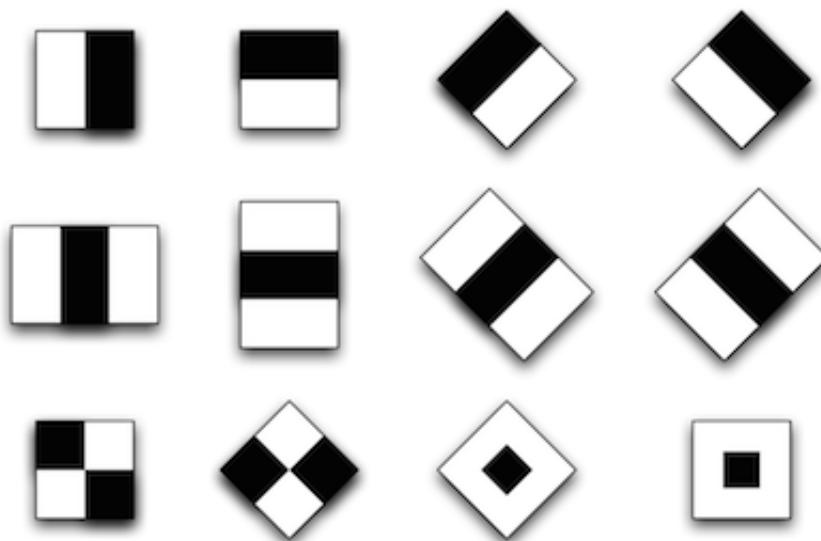


Рисунок 20 – примитивы Хаара

Для того, чтобы найти лицо, нужно выделить его основные компоненты, такие как нос, глаза, лоб, губы. Для этого существуют специальные шаблоны (примитивы) Хаара:

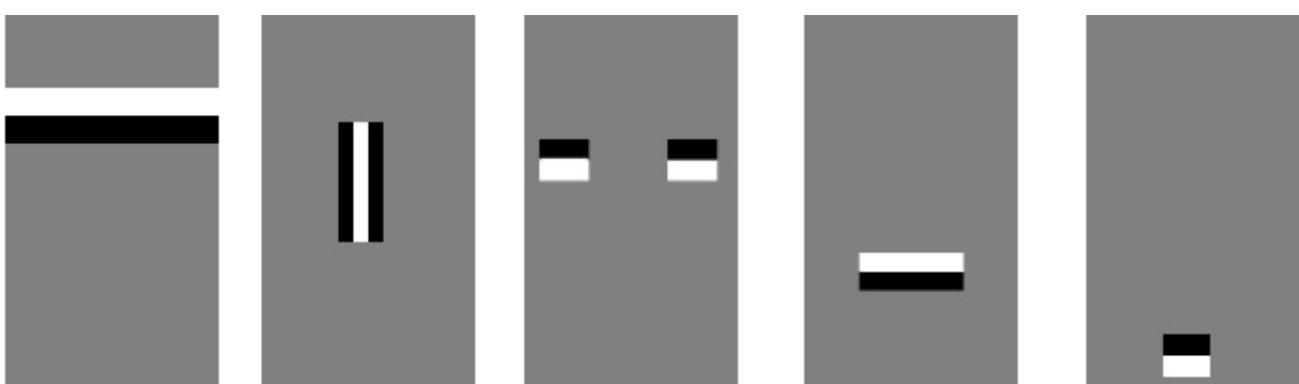


Рисунок 21 – примитивы Хаара для: лба, носа, глаз, губ, подбородка (слева направо)

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Код специальности

Лист

28

Для каждого из этих шаблонов, высчитывается разность между яркостью белой и чёрной областей. Это значение сравнивается с эталоном и принимается решение о том, найдено лицо на фото или нет. В этом заключается метод Виолы-Джонса, который успешно используется в сфере компьютерного зрения.

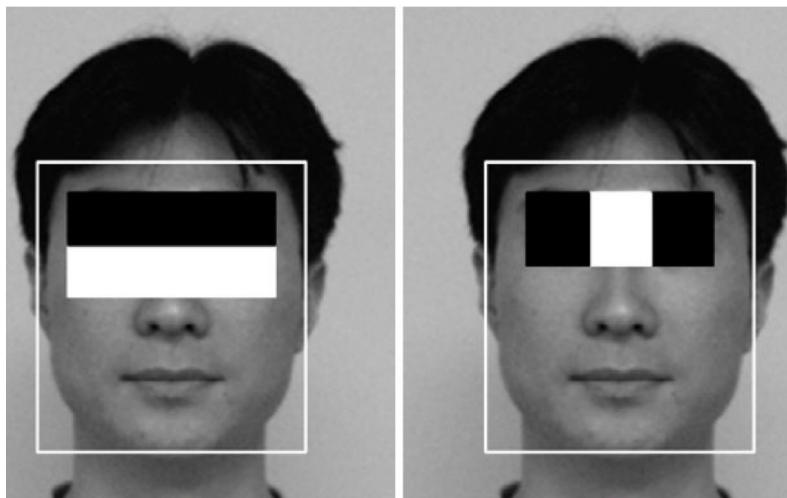


Рисунок 22 – пример использования шаблонов Хаара

Библиотека распознавания OpenCV имеет свою имплементацию алгоритма Виолы-Джонса, использование заключается в написании следующего кода:

```
1 import cv2 as cv  
2  
3 face_cascade = cv.CascadeClassifier('haarcascade.xml')  
4 faces = face_cascade.detectMultiScale(#COLOR, 3, 5)
```

Создание класса *CascadeClassifier* происходит на основе файла с шаблонами (примитивами) в формате XML. Данный класс содержит функцию *detectMultiScale()*, которая выполняет предобработку изображения – преобразует его в черно-белый цвет и выполняет базовую цветокоррекцию, что позволяет увеличить эффективность детектирования. После предобработки функция применяет метод Виолы-Джонса, и возвращает результат в виде массива с координатами лица на изображении.

#### 4.3.2. Распознавание лиц со статического изображения

Распознавание лица - это идентификация личности человека с заданного изображения на основе имеющихся баз данных. Технология распознавания требует минимум два этапа:

- ”обучение” системы на конкретные лица или массив лиц;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						29

- распознавание на основе ”обучающих” данных.

Под термином ”обучение” в данном случае подразумевается преобразование изображения в вид, удобный и эффективный для сравнения. Для решения данной задачи использовался алгоритм Local Binary Patterns (LBP). Данный алгоритм состоит из следующих этапов:

- разделить изображение на части;
- в каждой части интенсивность цвета центрального пикселя сравнивается с интенсивностью соседних пикселей;
- если значение центрального больше соседнего, соседний пиксель заменяется на 0, иначе на 1. В результате получается некоторое число (см. Рисунок 23);
- на основе полученного числа строится гистограмма;
- гистограммы всех частей объединяются в один вектор, характеризующий изображение в целом. Такой числовой вектор можно использовать для сравнения и хранить в базе данных.

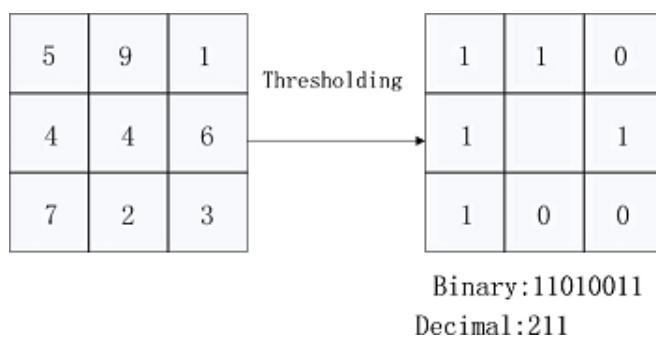


Рисунок 23 – Вычисление числа части изображения

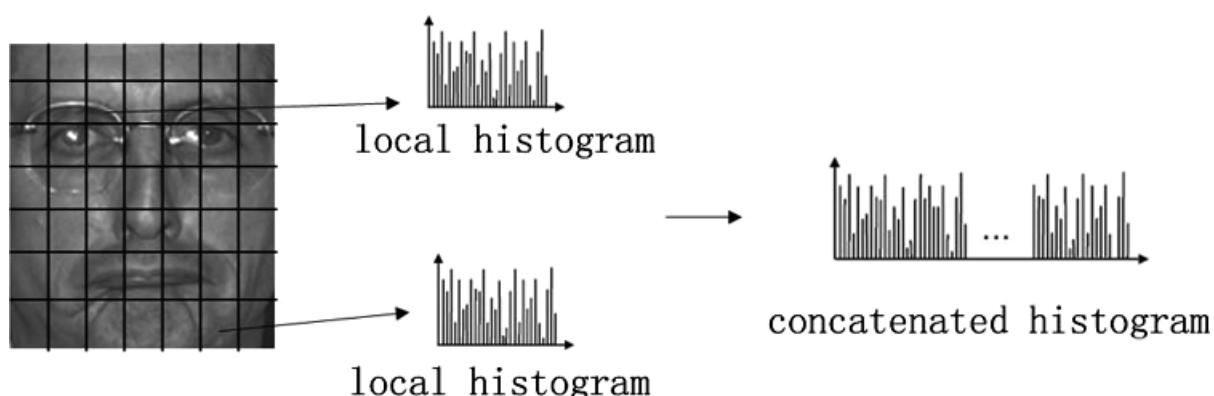


Рисунок 24 – Вычисление общей гистограммы и построение вектора

В библиотеке Face Recognition использовать алгоритм Local Binary Patterns можно следующим образом:

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						30

```

1 import cv2 as cv
2 import face_recognition
3
4 # Вычисление вектора полученного изображения
5 # IMAGE – изображение, COORDINATES – координаты найденного лица
6 encodings = face_recognition.face_encodings(IMAGE, COORDINATES)
7
8 # Сравнение полученного вектора с имеющимся в базе
9 # В случае распознавания функция вернёт значение True, иначе False
10 matches = face_recognition.compare_faces(knownEncodings, encoding)

```

#### 4.3.3. Тренировка распознавания системы

Модуль распознавания требует наличия базы данных с лицами. Для каждого человека, которому должен быть разрешён доступ, нужно создать запись в базе данных с числовым вектором тренировочного фото, для дальнейшего сравнивания с кадрами из видеопотока.

Для решения задачи использовалась библиотека pickle – это база данных, основанная на файлах, и хранящая информацию в виде ”ключ - значение”. Подобный формат хранения удобно использовать для тренировки системы распознавания – достаточно получить числовой вектор лица, и сохранить в базе данных в виде ”имя - вектор”.

```

1 import pickle
2
3 # Чтение базы данных из файла
4 # PATH – путь хранения файла
5 data = pickle.loads(open(PATH, "rb").read())
6
7 # Получение из базы данных массива имён и массива векторов
8 knownEncodings = data["encodings"]
9 knownNames = data["names"]
10
11 # Формирование словаря ассоциативный( массив)
12 # и сохранение в базу данных
13 data = {"encodings": knownEncodings, "names": knownNames}
14 f = open(PATH, "wb")
15 f.write(pickle.dumps(data)).close()

```

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

#### 4.3.4. Распознавание лиц с видеопотока

Используя детектирование и распознавание лиц был разработан модуль, описываемый в данной главе. Алгоритм работы модуля заключается в использования видеопотока с камеры с помощью библиотеки picamera,

```
1 import picamera  
2 from picamera import VideoStream  
3  
4 stream = picamera.VideoStream(0)  
5 while True:  
6     # Получение кадров с камеры в бесконечном потоке  
7     (ret, frame) = stream.read()
```

и сравнивании изображения с потока с изображениями из базы данных.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Код специальности

Лист

32

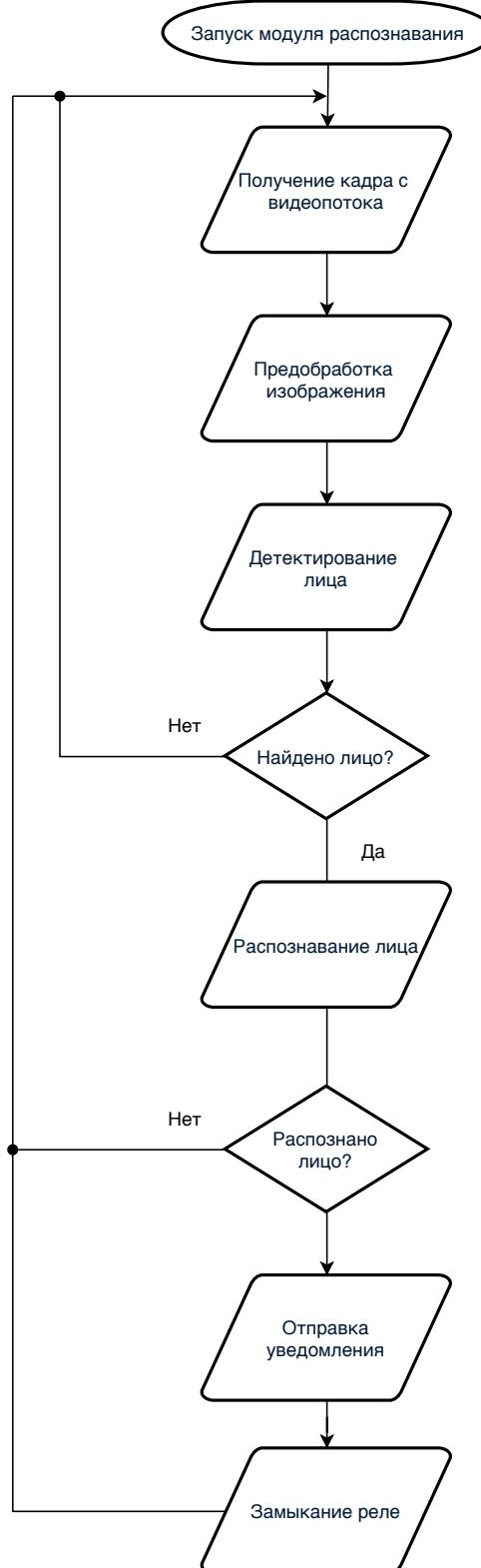


Рисунок 25 – Алгоритм работы модуля распознавания

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Код специальности

Лист

33

#### 4.4. Модуль Telegram-бот

Telegram-бот представляет в СКУД средство пользовательского управления работой системы. Бот связует две части – серверную и клиентскую с помощью серверов Telegram (см. Рис 26).

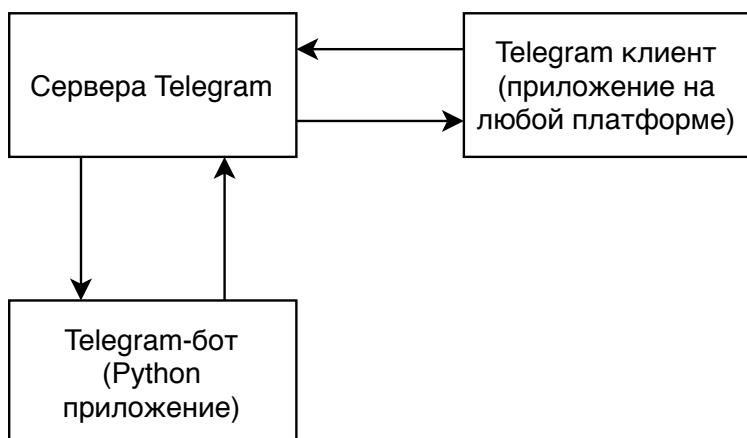


Рисунок 26 – Структура связи Telegram-бота и клиента

Функционал бота определяет:

- беспрерывное обновление данных;
- построение пользовательских меню;
- составление диалога с пользователем;

##### 4.4.1. Получение и отправка данных Telegram-ботом

В дипломном проекте использовалась программная ”обёртка” над Telegram Bot API – библиотека pyTelegramBotAPI, выполняющая API запросы функцией Python.

Библиотека инкапсулирует все вызовы API в один класс – TeleBot. Для запуска бота требуется создать экземпляр класса Telebot (см. Рисунок 27)

```
1 from telebot import TeleBot  
2  
3 # TOKEN – уникальный код владельца бота, можно сгенерировать в  
4 # Father Bot, родительском боте.  
5 bot = TeleBot(TOKEN)
```

Для получения новых сообщений, требуется создать специальные функции с параметрами ожидаемых сообщений (тип, условие и т.п.):

```
1 # Функция для обработки сообщения с командой Статус ""  
2 @bot.message_handler(func=lambda message: message.text == "Статус")
```

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

```

3 | def cmd_status(msg):
4 |     # do something
5 |
6 | # Функция для обработки сообщения, содержащего
7 | # изображение
8 | @bot.message_handler(content_types=['photo'])
9 | def photo_msg(msg):
10|    # do something

```

Отправка новых сообщений выполняется функциями из класса TeleBot:

```

1 # Отправка сообщения
2 # CHAT_ID – идентификатор чата, RESPONSE – сообщение
3 bot.send_message(CHAT_ID, RESPONSE)
4
5 # Отправка изображения
6 bot.send_photo(CHAT_ID, photo)

```

#### 4.4.2. Построение пользовательских меню

Управление ботом текстовыми командами неудобно для пользователя по причине долгого набирания команд, а также необходимости запоминания этих команд. Для избежания такого рода проблем были использованы встроенные в Telegram пользовательские меню. Подобный инструмент позволяет строить меню из кнопок, а по нажатию кнопки отправлять команду:

```

1 from telebot.types import InlineKeyboardButton, InlineKeyboardMarkup
2
3 keyboard = InlineKeyboardMarkup()
4 keyboard.row(InlineKeyboardButton(TEXT, COMMAND))
5
6 # Отправка сообщения с меню – кнопка COMMAND
7 bot.send_message(CHAT_ID, RESPONSE, reply_markup=keyboard)

```

#### 4.4.3. Построение диалога с пользователем

Некоторые операции управления СКУД требуют больше одного сообщения от пользователя, а также нуждаются в уже полученных данных. Для решения проблемы бот был разработан на основе конечного автомата с использованием состояний.

При каждой команде, бот переходит в определенное состояние, и запрашивает новые данные. В конце графа каждого состояния бот сбрасывает его на

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						35

начальное. В ходе разработки Telegram-бот был реализован с использованием конечного автомата (Рис. 28).

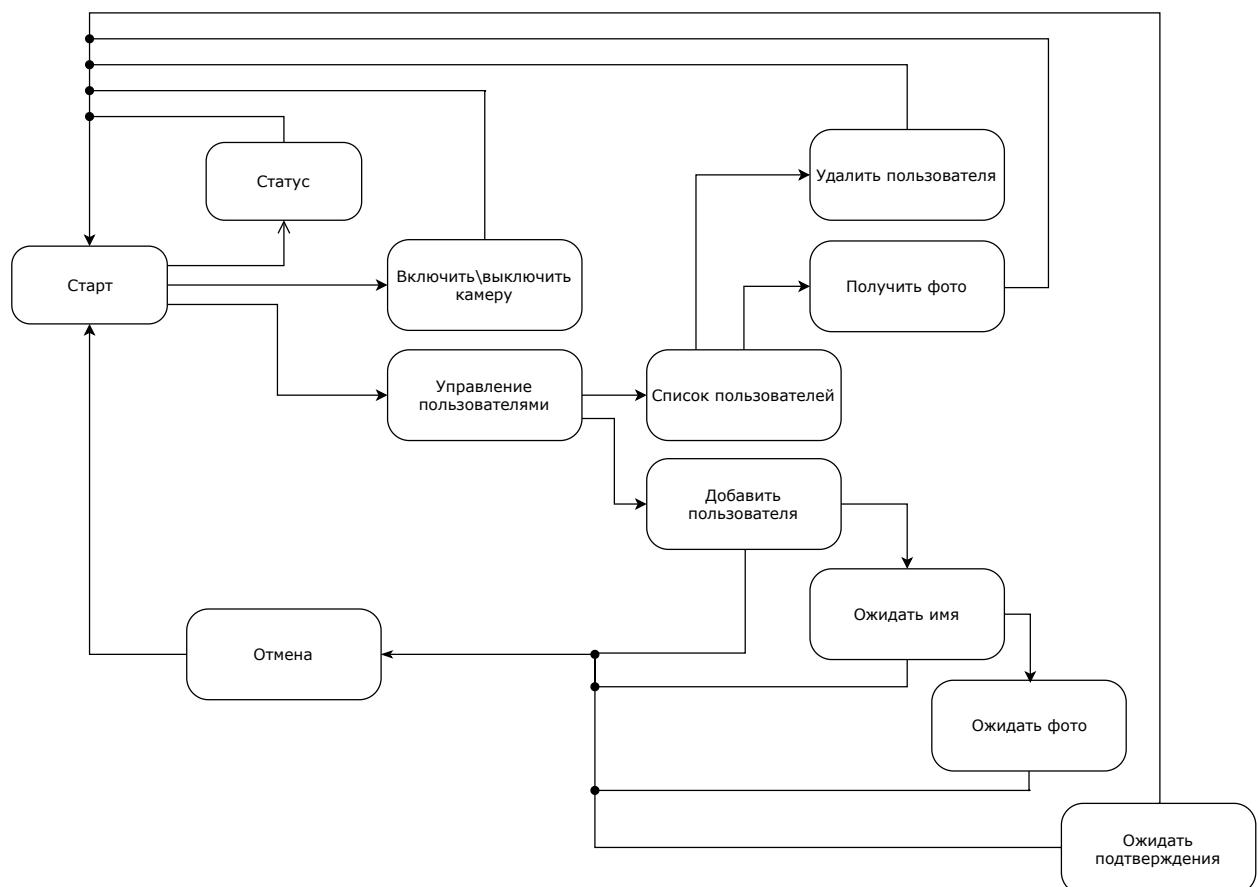


Рисунок 27 – Конечный автомат

#### 4.5. Безопасность

Вследствие работы с важными персональными данными – лицами, при разработке системы был добавлен функционал, обеспечивающий защиту от кражи данных:

- зашифрована SD-карта, содержащая на себе установленную операционную систему и хранимые данные;
- заблокированы все интернет-соединения от любых приложений, все физические и программные соединения (Bluetooth, USB, и т.п.), которые не используются системой, исключая Telegram-соединения и протокол SSH.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

## 4.6. Тестирование

По завершению разработки системы, было проведено функциональное тестирование. В результате был протестирован функционал составления диалогов с пользователем (см. Рисунок 28),

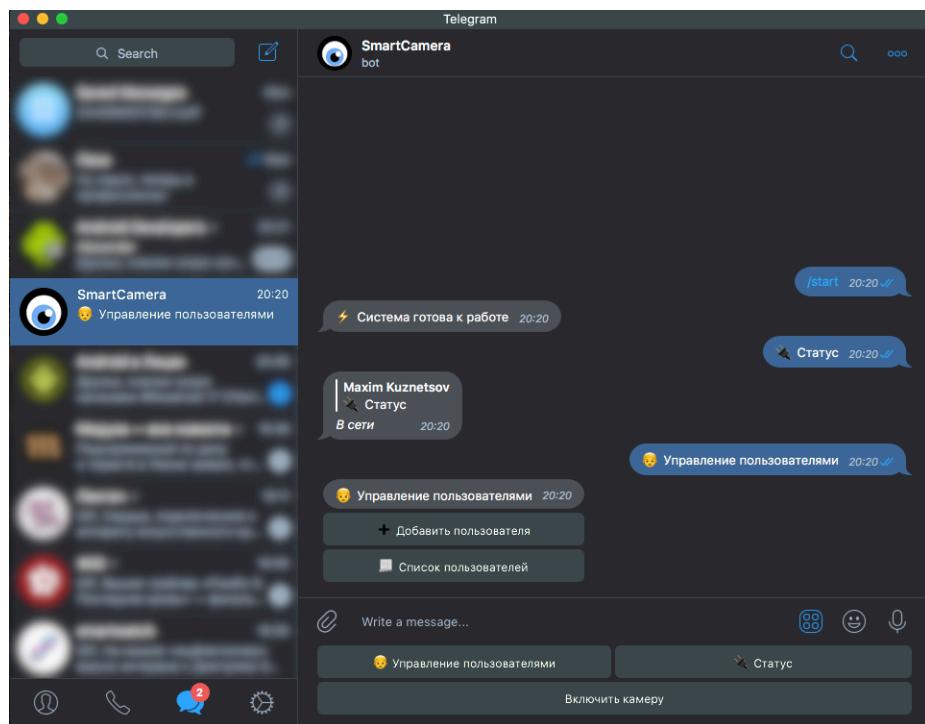


Рисунок 28 – Диалог с пользователем

для тренировки системы (см. Рисунок 29),

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						37

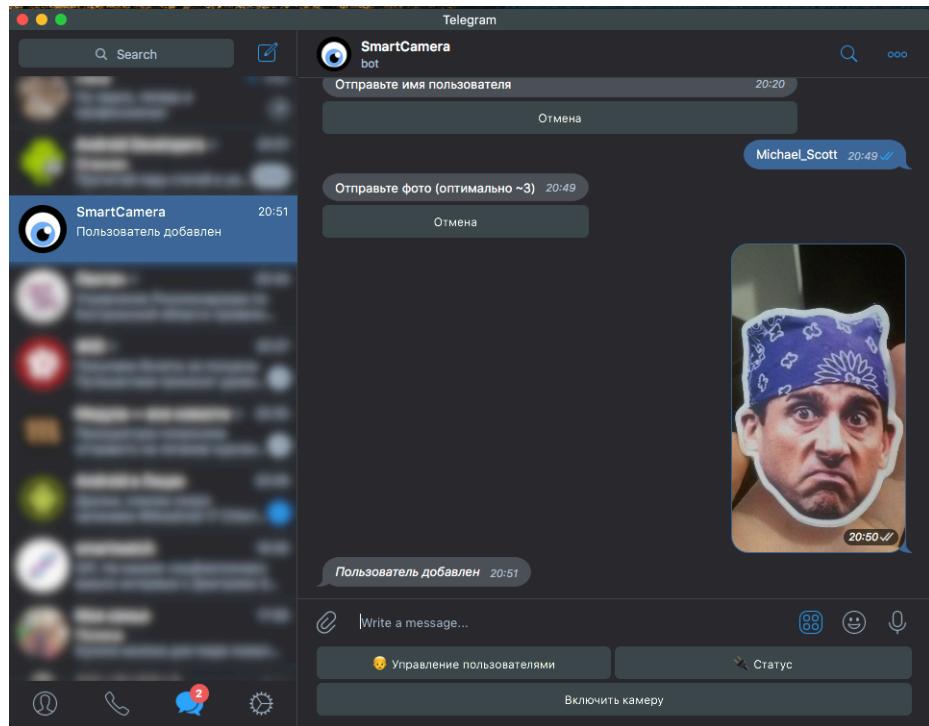


Рисунок 29 – Добавление пользователя

распознавания лиц с камеры (см. Рисунок 30)

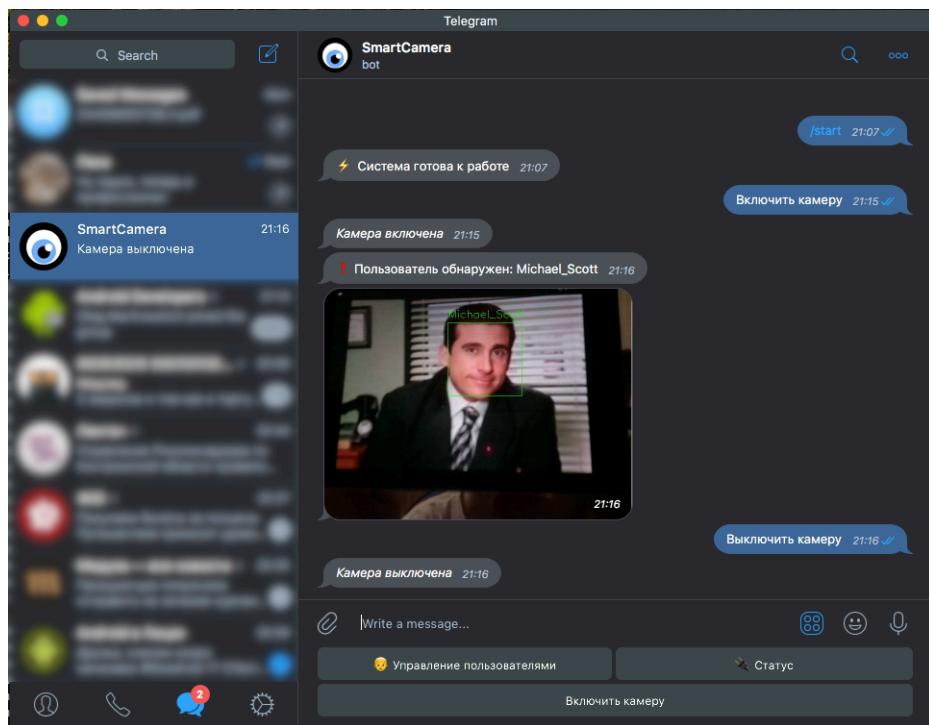


Рисунок 30 – Распознавание лиц с камеры

В ходе тестирования опытным путём был определён нижний порог освещенности для корректной работы распознавания – 10-11 Люкс.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						38

В результате проведения функционального тестирования были проверены все функциональные возможности системы, сделан вывод, что система работает стабильно и корректно.

					Код специальности	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

5. Экономическая часть

- 6.1 расчет себестоимости
- 6.2 оценка эффективности внедрения

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						40

## 6. Охрана труда и промышленная экология

Все интегральные микросхемы, содержащиеся в системе, подключены к источнику питания и снабжены блокировочными конденсаторами. Напряжение питания, необходимое для работы системы составляет 5 В.

К опасным производственным факторам можно отнести электрический ток и факторы пожара.

К вредным физическим производственным факторам, связанных с проектированием принципиальной электрической схемы на ПК с помощью программных средств, можно отнести: повышенные уровни электромагнитного излучения, статического электричества, запыленности воздуха рабочей зоны нерациональная организация освещенности рабочего места.

К последствиям психофизиологических факторов относятся: болезни глаз из-за перенапряжения зрения, нервные заболевания из-за напряжения внимания, интеллектуальных, больших информационных нагрузок и эмоциональных перегрузок, а также монотонности труда, болезни позвоночника, спины, шеи из-за длительных статических нагрузок и нерациональной организации рабочего места.

Эти физические и психофизиологические факторы следует исключить организационными и техническими мерами защиты, выбором программного обеспечения, соответствующего качества и характеризующегося основными принципами организации взаимодействия «человек-машина».

Любую электроустановку следует рассматривать как возможный инициатор воспламенения. К основным факторам, приводящим к возгоранию электротехнических изделий, относятся чрезмерный нагрев электрическим током отдельных деталей и электрическая дуга. Для предупреждения пожаров необходимо соблюдение общих норм пожаробезопасности согласно ГОСТ 12.1.004-91 [5]. 5 - ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. М.: ИПК Издательство стандартов, 1996.

При работе в помещении с указанным выше электрооборудованием не применяются легковоспламеняющиеся и горючие вещества. Пожарная безопасность электрооборудования обеспечивается наличием предохранителей в цепях питания, а также УЗО. Помещение оборудовано порошковым огнетушителем ОП - 3, предназначенным для тушения твердых, жидким и газообразных веществ, а также для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. В целях пожарной профилактики в помещении проводятся следующие мероприятия:

- производится периодический инструктаж работников, работающих с электрооборудованием, о мерах пожарной безопасности;
- работники постоянно закрепляют навыки обращения со средствами пожаротушения;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						41

- средства пожаротушения располагаются в доступных местах;
- все электроприборы проходят регулярное и своевременное техническое обслуживание. Все электрооборудование используется в строгом соответствии с инструкциями по эксплуатации. Не допускаются такие режимы работы оборудования, при которых происходит его перегрев, образование искр или электрической дуги.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Код специальности

Лист

42

## Заключение

					Код специальности	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		43

## Список литературы

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Код специальности	Лист
						44