

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)  
Кафедра комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем  
(КИБЭВС)

УТВЕРЖДАЮ

заведующий каф. КИБЭВС

\_\_\_\_\_ А.А. Шелупанов

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015г.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СОРЕВНОВАНИЙ В  
ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Отчет по групповому проектному обучению

Группа КИБЭВС-1502

Ответственный исполнитель

студент гр. 723

\_\_\_\_\_ Д.Е. Муковкин

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015г.

Научный руководитель

аспирант каф. КИБЭВС

\_\_\_\_\_ А.И. Гуляев

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015г.

## РЕФЕРАТ

Курсовая работа содержит 23 страниц, 6 рисунка, 0 таблицы, 4 источников, 1 приложение.

CTF, ATTACK-DEFENSE, СОРЕВНОВАНИЯ, KEVA, ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ, ФЛАГИ, ПРИЕМКА ФЛАГОВ, SCOREBOARD, GIT, PYTHON, MONGODB, MONGOOSE, ЧЕКЕРЫ, HTML, CSS, JAVASCRIPT, КОМАНДА, API.

Цель работы — создание программного комплекса, предназначенного для проведения соревнований в области информационной безопасности CTF.

Задачей, поставленной на данный семестр, стало написание программного комплекса, имеющего следующие возможности:

- инициализация с помощью графического интерфейса;
- интеграция с существующим API и администраторской панелью;
- инициализация и работа проверяющей системы;
- инициализация и работа приемки флагов;
- инициализация и работа таблицы рейтинга;

Результаты работы в данном семестре:

- выбраны язык программирования, база данных с учетом потребностей;
- доработан существующий API и администраторская панель для управления соревнованиями;
- разработана архитектура ядра и организована работа с модулями;
- разработан модуль работы с чекерами;
- разработан модуль приемки флагов;
- разработан модуль таблицы результатов;
- произведено тестирование платформы в форме соревнований.

Пояснительная записка выполнена при помощи системы компьютерной вёрстки L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.

## Список исполнителей

Муковкин Д.Е. – программист, ответственный исполнитель.

Задачи:

- выбор языка программирования;
- создание архитектуры ядра;
- развертывание инфраструктуры;
- разработка модуля проверки сервисов, сдача флагов;
- настройка и тестирование платформы.

Койшинов Т.С. – программист.

Задачи:

- разработка структуры БД в API;
- доработка панели администратора;
- разработка API функций;
- разработка модуля таблицы результатов.

## Содержание

Введение . . . . .	5
1 Назначение и область применения . . . . .	6
2 Постановка задачи . . . . .	6
3 Инструменты . . . . .	6
3.1 Система контроля версий Git . . . . .	6
3.2 Система компьютерной вёрстки T <sub>E</sub> X . . . . .	7
3.3 Язык программирования Python . . . . .	7
3.4 База данных MongoDB . . . . .	8
3.5 TrackingTime - Система управления проектами и задачами . . . . .	9
3.6 Flask - микрофреймворк для Python . . . . .	9
4 Технические характеристики . . . . .	10
4.1 Требования к аппаратному обеспечению . . . . .	10
4.2 Требования к программному обеспечению . . . . .	10
4.3 Требования к сервисам . . . . .	10
5 Разработка программного обеспечения . . . . .	12
5.1 Архитектура . . . . .	12
5.1.1 Ядро . . . . .	12
5.2 Модуль: прием и проверка принятых флагов . . . . .	12
5.2.1 Принцип работы . . . . .	12
5.3 Модуль: таблицы результатов . . . . .	15
5.3.1 Принцип работы . . . . .	15
5.4 Модуль: организации работы с сервисами . . . . .	17
5.4.1 Принцип работы . . . . .	17
Заключение . . . . .	21
Список литературы . . . . .	22
Приложение А Компакт-диск . . . . .	23

## Введение

CTF (Capture the flag, Захват флага) - это командные соревнования, целью которых является оценка умения участников атаковать и защищать компьютерные системы. По типу, соревнования делятся на два типа: task-based (квесты), attack-defense (классические соревнования).

Для проведения соревнований типа attack-defense, каждой команде выдается сервер, на котором имеется ряд сервисов, одинаковые у всех. Сервисами являются программы, которые должны быть запущены на все время соревнований. Раз в минуту жюриейская система проверяет работу сервисов, присылает новый флаг, а также проверяет его наличие на сервере. В роли флага выступает случайно сгенерированная строка, определенной длины. Сервисы заведомо имеют уязвимости, через которые можно украсть флаг. Команда должна найти уязвимости в сервисах и закрыть их. Но также она должна эксплуатировать эти уязвимости на сервисах других команд, похищая флаги.

Команда Keva имеет большой опыт в проведении соревнований CTF. Во время проведения межрегиональных межвузовских соревнований в области информационной безопасности SibirCTF 2014, 2015 использовались наработки Екатеринбургской команды HackerDom. Однако их решение не подходит нам по некоторым критически важным параметрам. Поэтому было принято решение написать собственную платформу для проведения соревнований CTF.

Платформа должна отвечать следующим требованиям:

- Низкое потребление ресурсов сервера;
- Управление игрой через графический интерфейс;
- Возможность горизонтального масштабирования.

При разработке платформы должны быть использованы уже имеющиеся наработки, в частности, панель администратора и API для task-based проведения соревнований.

Новая платформа позволит проводить собственные соревнования не используя готовые решения

## 1 Назначение и область применения

Разрабатываемый программно-аппаратный комплекс предназначен для проведения игр в области информационной безопасности Capture the flag по типу Attack-Defense.

## 2 Постановка задачи

На данный семестр были поставлены следующие задачи:

- выбор инструментов разработки платформы;
- разработка архитектуры;
- определение индивидуальных задач для каждого участника проектной группы;
- исследование предметных областей в рамках индивидуальных задач;
- реализация новых программных модулей и доработка уже существующих;

Задачи, связанные с разработкой программного комплекса:

- 1) разработка ядра платформы;
- 2) разработка модуля проверяющей системы;
- 3) разработка модуля сдачи флага;
- 4) разработка модуля рейтинговой таблицы;
- 5) доработка модуля администраторской панели;

Задачи, связанные с тестированием программного комплекса:

- 1) проверка работы ядра;
- 2) проверка работы модуля проверяющей системы;
- 3) проверка работы модуля сдачи флага;
- 4) проверка работы модуля рейтинговой таблицы;
- 5) проверка работы модуля администраторской панели;

## 3 Инструменты

### 3.1 Система контроля версий Git

Для разработки программного комплекса для проведения соревнований в области информационной безопасности было решено использовать Git.

Git — распределённая система управления версиями файлов. Проект был создан Линусом Торвальдсом для управления разработкой ядра Linux как противоположность системе управления версиями Subversion (также известная как «SVN») [1].

При работе над одним проектом команде разработчиков необходим инструмент для совместного написания, резервного копирования и тестирования программного обеспечения. Используя Git, мы имеем:

- возможность удаленной работы с исходными кодами;
- возможность создавать свои ветки, не мешая при этом другим разработчикам;
- доступ к последним изменениям в коде, т.к. все исходники хранятся на сервере `git.keva.su`;
- исходные коды защищены, доступ к ним можно получить лишь имея RSA-ключ;
- возможность откатиться к любой стабильной стадии проекта.

Основные постулаты работы с кодом в системе Git:

- каждая задача решается в своей ветке;
- необходимо делать коммит как только был получен осмысленный результат;
- ветка master мерджится не разработчиком, а вторым человеком, который производит вычитку и тестирование изменения;
- все коммиты должны быть осмысленно подписаны/прокомментированы.

Для работы над проектом проектной группой был поднят собственный репозиторий на сервере gitlab2.keva.su. Адреса репозитория следующие:

Исходные файлы проекта:

`git@gitlab2.keva.su:sibirctf/sibirctf-attack-defense.git`

### 3.2 Система компьютерной вёрстки T<sub>E</sub>X

T<sub>E</sub>X — это созданная американским математиком и программистом Дональдом Кнутом система для вёрстки текстов. Сам по себе T<sub>E</sub>X представляет собой специализированный язык программирования. Каждая издательская система представляет собой пакет макроопределений этого языка.

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X — это созданная Лэсли Лэмпортом издательская система на базе T<sub>E</sub>X'a[2]. L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X позволяет пользователю сконцентрировать свои усилия на содержании и структуре текста, не заботясь о деталях его оформления.

Для подготовки отчётной и иной документации нами был выбран L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X так как совместно с системой контроля версий Git он предоставляет возможность совместного создания и редактирования документов. Огромным достоинством системы L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X то, что создаваемые с её помощью файлы обладают высокой степенью переносимости [3].

Совместно с L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X часто используется BibT<sub>E</sub>X — программное обеспечение для создания форматированных списков библиографии. Оно входит в состав дистрибутива L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X и позволяет создавать удобную, универсальную и долговечную библиографию. BibT<sub>E</sub>X стал одной из причин, по которой нами был выбран L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X для создания документации.

### 3.3 Язык программирования Python

Python — высокоуровневый язык программирования общего назначения, ориентированный на повышение производительности разработчика и читаемости кода. Синтаксис ядра Python минималистичен. В то же время стандартная библиотека включает большой объём полезных функций [4].

Основные архитектурные черты — динамическая типизация, автоматическое управление памятью, полная интроспекция, механизм обработки исключений, поддержка многопоточных вычислений и удобные высокоуровневые структуры данных. Код в Python организовывается в функции и классы, которые могут объединяться в модули.

Основными преимуществами языка программирования Python являются большое количество библиотек, кроссплатформенность, широкие возможности профилирования кода.

Язык обладает чётким и последовательным синтаксисом, продуманной модульностью и масштабируемостью, благодаря чему исходный код написанных на Python программ легко

читаем. При передаче аргументов в функции Python использует вызов по соиспользованию.

Разработка языка Python была начата в конце 1980-х годов[10] сотрудником голландского института CWI Гвидо ван Россумом.

### 3.4 База данных MongoDB

Для реализации программного комплекса для проведения соревнований в области информационной безопасности была использована база данных MongoDB.

MongoDB — документо-ориентированная система управления базами данных (СУБД) с открытым исходным кодом, не требующая описания схемы таблиц. Написана на языке C++ [1].

Основные возможности MongoDB:

- документо-ориентированное хранение (JSON-подобная схема данных);
- достаточно гибкий язык для формирования запросов;
- динамические запросы;
- поддержка индексов;
- профилирование запросов;
- быстрые обновления «на месте»;
- эффективное хранение двоичных данных больших объёмов, например, фото и видео;
- журналирование операций, модифицирующих данные в базе данных
- поддержка отказоустойчивости и масштабируемости: асинхронная репликация, набор реплик и распределения базы данных на узлы;
- может работать в соответствии с парадигмой MapReduce;
- полнотекстовый поиск, в том числе на русском языке, с поддержкой морфологии.

Архитектура:

СУБД управляет наборами JSON-подобных документов, хранимых в двоичном виде в формате BSON. Хранение и поиск файлов в MongoDB происходит благодаря вызовам протокола GridFS. Подобно другим документо-ориентированным СУБД (CouchDB и др.), MongoDB не является реляционной СУБД. В СУБД:

- нет такого понятия, как «транзакция». Атомарность гарантируется только на уровне целого документа, то есть частичного обновления документа произойти не может;
- Отсутствует понятие «изоляции». Любые данные, которые считываются одним клиентом, могут параллельно изменяться другим клиентом.

В MongoDB реализована асинхронная репликация в конфигурации «ведущий — ведомый» (англ. master — slave), основанная на передаче журнала изменений с ведущего узла на ведомые. Поддерживается автоматическое восстановление в случае выхода из строя ведущего узла. Серверы с запущенным процессом `mongod` должны образовать кворум, чтобы произошло автоматическое определение нового ведущего узла. Таким образом, если не используется специальный процесс-арбитр (процесс `mongod`, только участвующий в установке кворума, но не хранящий никаких данных), количество запущенных реплик должно быть нечётным.



### 3.5 TrackingTime - Система управления проектами и задачами

TrackingTime — это сервис, предоставляющий возможность управлять своими проектами, задачами, персоналом.

Основным преимуществом является удобный учет времени ответственного за задачу. Проект декомпозируется на этапы и задачи. Каждая задача назначается на ответственного работника, который в свою очередь при её выполнении устанавливает таймер.

Приложение доступно на всех основных платформах (Windows, Linux, OS X, iOS, Android)

### 3.6 Flask - микрофреймворк для Python

Flask - это микрофреймворк, написанный на языке программирования Python, основанный на Werkzeug и Jinja 2. Выпускается под BSD лицензией.

Слово «микро» означает, что цель написания фреймворка - сохранить ядро простым, но в то же время легко расширяемой. По умолчанию Flask не включает в себя уровень абстракции базы данных, валидацию форм или другие библиотеки, которые с легкостью можно подключить. Вместо этого Flask поддерживает механизм расширения существующего кода так, как будто он уже был подключен к нему. Множество расширений предоставляют интеграцию с базой данных, валидацию форм, поддержку загрузки файлов, аутентификации пользователя и другие полезные функции.

Особенности фреймворка

- удобная работа с URL;
- богатые возможности шаблонизатора;
- минимальные требования к ресурсам в сравнении с аналогичными фреймворками;

Flask используется в модуле таблицы рейтинга.

## 4 Технические характеристики

### 4.1 Требования к аппаратному обеспечению

Необходимо не менее двух компьютеров, находящихся в локальной сети (компьютеры команд-участников), а также сервер, на котором запускается платформа.

Минимальные системные требования для сервера:

- процессор 1ГГц Pentium 4;
- оперативная память 512 Мб;
- место на жёстком диске – 9 Гб.

Минимальные системные требования для компьютеров команд-участников определяются исходя из написанных сервисов.

### 4.2 Требования к программному обеспечению

Для корректной работы разрабатываемого программного комплекса сервер должен работать под управлением ОС Ubuntu Linux. Также должны быть установлены следующие пакеты: Python 3.X, MongoDB, PHP 5, MySQL, Веб-сервер Apache 2 или Nginx.

Требования к ПО команд-участников выставляются уже при непосредственном проведении соревнований

### 4.3 Требования к сервисам

Для каждого сервиса необходимо иметь следующие компоненты:

- сервис - программа, имеющая уязвимости;
- чекер - программа, реализующая интерфейс работы между сервисом и проверяющей системой;

Чекер должен содержать в себе 3 метода:

- 1) Check — проверка доступности сервиса. В параметрах передается адрес сервиса команды-участника;
- 2) Put — отправление флага на сервис команды-участника. В параметрах передается адрес сервиса, идентификатор флага и флаг;
- 3) Get — получение флага по его идентификатору. В параметрах передается адрес сервиса, идентификатор флага и флаг.

Вызов чекера происходит при помощи вызова исполняемого файла с необходимыми параметрами. Первым параметром является название метода. В ответ чекер должен возвращать одно из четырех состояний, обозначенного кодами 101-104:

- 101 — сервис команды работает и работает корректно;
- 102 — сервис команды работает, но на каком-то этапе отвечает некорректно;
- 103 — сервис команды отвечает, но не работает из-за какой-либо ошибки;
- 104 — сервис команды не отвечает на запрос;

Ниже приведен шаблон кода программы чекера. Шаблон написан на языке Python.

```
#!/usr/bin/python
# coding=utf-8

from sys import argv, exit

def check(hostname):
    return 101

def put(hostname, id, flag):
    return 101

def get(hostname, id, flag):
    return 101

if __name__ == '__main__':
    if len(argv) > 1:
        if argv[1] == "check":
            if len(argv) > 2:
                exit(check(argv[2]))
        elif argv[1] == "put":
            if len(argv) > 4:
                exit(put(argv[2], argv[3], argv[4]))
        elif argv[1] == "get":
            if len(argv) > 4:
                exit(get(argv[2], argv[3], argv[4]))
    exit(110)
```

## 5 Разработка программного обеспечения

### 5.1 Архитектура

#### 5.1.1 Ядро

При запуске платформы ядро выполняет следующие действия:

- Получение инициализационных данных из API;
- Создание необходимых таблиц и заполнение их инициализационными данными;
- Сохранение структурированных данных в переменной;
- Подключение модуля, на основе входных параметров.

В настоящий момент доступны следующие модули:

- Прием и проверка принятых флагов;
- Таблицы результатов;
- Организации работы с сервисами;

#### 5.2 Модуль: прием и проверка принятых флагов

В соревнованиях по информационной безопасности задача команд найти уязвимость и эксплуатировать её, добывая секретную информацию, в нашем случае флаги. Целью модуля является прием и проверка на валидность флагов.

##### 5.2.1 Принцип работы

Программа реализована с использованием вебсокетов. На порту, полученном с API, программа сравнивает IP адрес клиента с данными в базе данных и при нахождении его, клиент определяется как одна из команд и может отправить серверу строку. Строка проверяется на длину символов. Так же флаг проверяется на наличие в базе данных, времени его жизни (флаги валидны определенное количество времени), принадлежность другой команде (свои флаги сдавать нельзя) и статус сервиса (аналогичный сервис сдающей команды должен быть поднят).

Ниже представлен алгоритм и наглядная схема работы flags.py

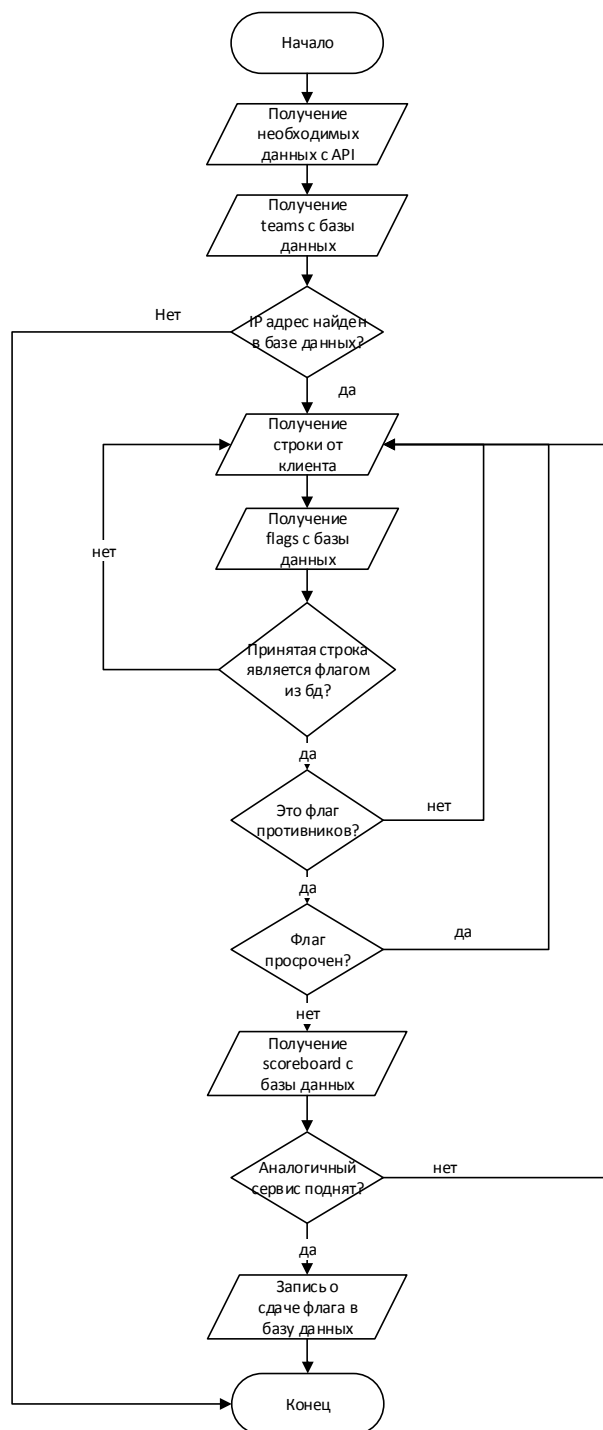
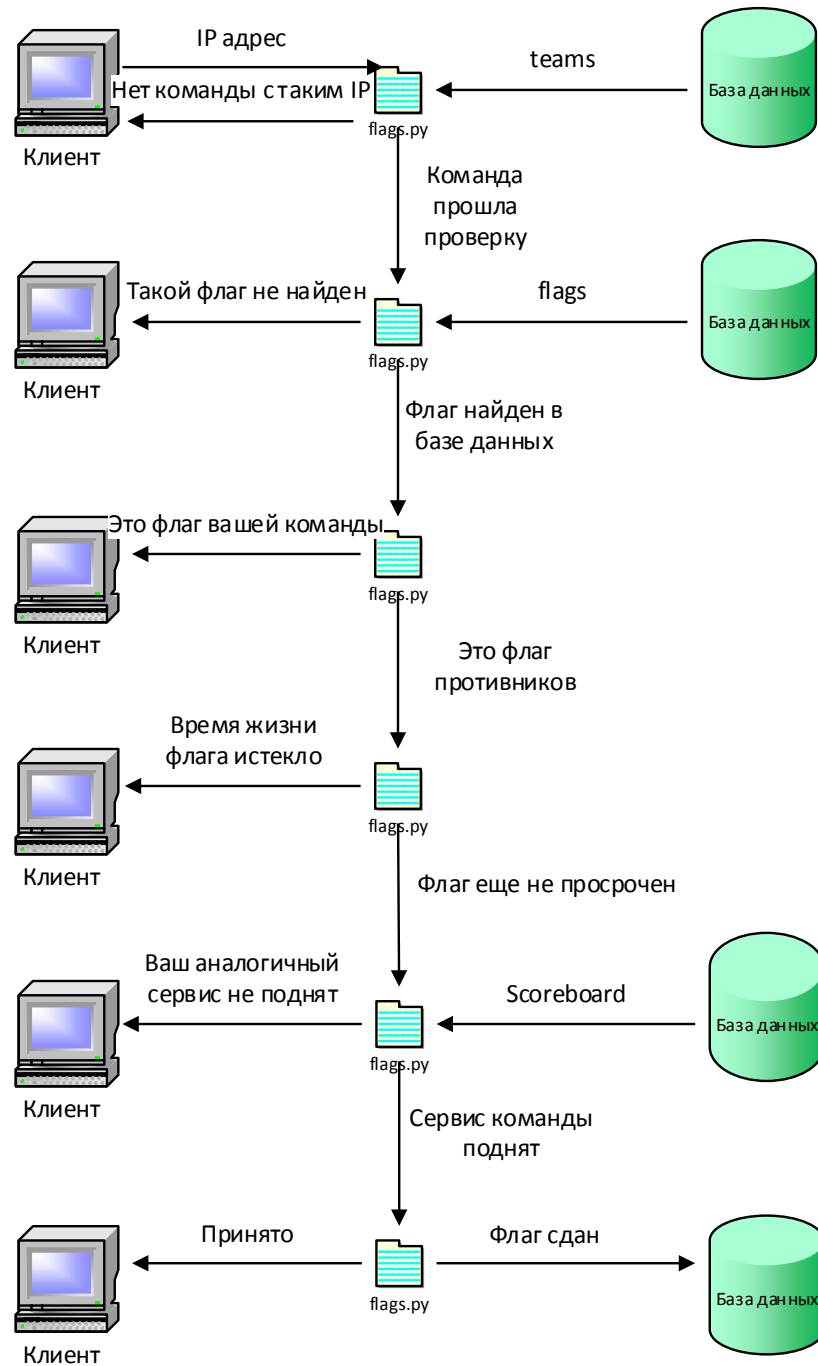


Рисунок 5.1 – Алгоритм модуля flags.py

Рисунок 5.2 – Наглядная схема работы `flags.py`

### 5.3 Модуль: таблицы результатов

Целью работы в текущем семестре стало написание программного модуля, осуществляющего отображения состояния работы сервиса.

#### 5.3.1 Принцип работы

Программа реализована с использованием микрофреймворка flask. Программный модуль получает данные из базы данных, выводит результат состояний работы сервисов каждой команды на html страницу.

Ниже представлена схема работы scoreboard.py

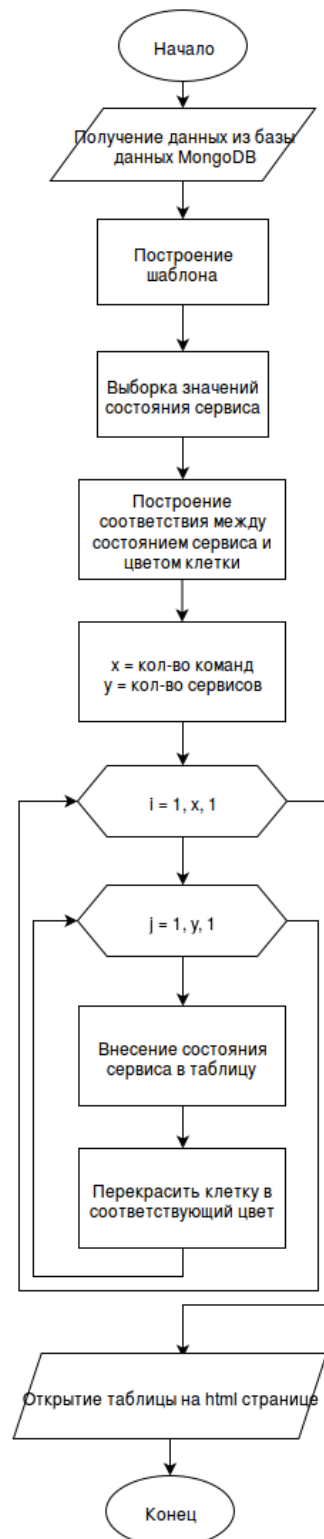


Рисунок 5.3 – Схема работы scoreboard.py



## 5.4 Модуль: организации работы с сервисами

Основное назначение платформы - общение с сервисами команд-участников посредством отправки и проверки специально сгенерированных флагов на сервере. Предназначение этого модуля - работа с интерфейсом сервисов (чекерами).

### 5.4.1 Принцип работы

Игра делится на раунды, каждый раунд, обычно, длится 1 минуту (настраивается при инициализации). Интерфейс для работы модуля с сервисом называется чекер. За этот период модуль опрашивает с помощью чекеров все сервисы команд-участников.



Рисунок 5.4 – Структура взаимодействия модуля с сервисами

Опрос происходит в три этапа:

- 1) Проверка работоспособности сервиса команды-участника;
- 2) Отправление флага на сервис;
- 3) Проверка того, что флаг сохранен;

На каждом этапе модуль ожидает в ответ один из четырех чисел: 101, 102, 103, 104. Эти числа также называются статусом сервиса команды-участника.



Рисунок 5.5 – Схема создания потоков

Число 101 соответствует успешной работе сервиса команды-участника. Число 102 означает, что сервис команды работает, но на каком-то этапе отвечает некорректно. Число 103 означает, сервис команды отвечает, но не работает из-за какой-либо ошибки. Число 104 означает, что сервис команды не отвечает на запрос.

Если на каком-то этапе чекер возвращает число отличное от 101, то дальнейшее выполнение программы прекращается. А статус чекера записывается в базу данных.

На 1 этапе каждому чекеру посылается адрес сервера команды-участника. На 2 этапе каждому чекеру посылается адрес сервера, идентификатор флага и сам флаг. На 3 этапе каждому чекеру посылается адрес сервера, идентификатор флага и сам флаг.



Рисунок 5.6 – Блок-схема работы с каждым сервисом каждой команды-участника

Для увеличения производительности, каждый опрос сервисов команд-участников помещается в новый поток. Это позволяет работать в асинхронном режиме. Поэтому нестабильная работа сервиса команды-участника или ошибка в работе чекера не повлияет на опрос других сервисов. Также каждому потоку задается ограничение по времени работы. Это позволяет своевременно завершать процессы, тем самым уменьшается нагрузка на процессор и на потребление памяти.

## Заключение

В данном семестре нашей группой была выполнена часть работы по созданию платформы для проведения соревнований в области информационной безопасности, определены основные векторы развития и поставлены задачи для дальнейшего развития платформы.

## Список литературы

- 1 Scott Chacon. Pro Git : professional version control. 2011. URL: <http://progit.org/ebook/progit.pdf>.
- 2 С.М. Львовский. Набор и вёрстка в системе  $\text{\LaTeX}$ . МЦНМО, 2006. С. 448.
- 3 И. А. Чеботаев, П. З. Котельников.  $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$  по-русски. Сибирский Хронограф, 2004. 489 с.
- 4 Python. [Электронный ресурс]. 2015. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Python>.

Приложение А  
(Обязательное)  
Компакт-диск

Компакт-диск содержит:

- электронную версию пояснительной записки в форматах \*.tex и \*.pdf;
- актуальную версию программного комплекса для проведения компьютерной экспертизы;
- тестовые данные для работы с программным комплексом;
- документацию к проекту в html-формате.