

## АРХИТЕКТУРА СОНИФИЦИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАЩИТОЙ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ ОТ КОМПЬЮТЕРНЫХ АТАК

А.С. Вишнеvский

vishnevsky@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

---

### Аннотация

Возросшая необходимость защиты интернет-ресурсов и дефицит кадров в сфере информационной безопасности делают актуальной задачу создания профессиональных средств обнаружения компьютерных атак, с которыми могут работать люди, ранее не знакомые с этой областью. Рассмотрено разработанное вспомогательное программное обеспечение для людей с нарушениями зрения, позволяющее им управлять процессом обнаружения компьютерных атак на слух. Описана архитектура веб-приложения, собирающего сведения о распространении потенциально вредоносных файлов, сетевых атаках и зараженных электронных письмах. Накопленные признаки действий злоумышленников озвучиваются в административной панели, адаптированной для работы на слух с помощью синтеза речи и реализованных методов сонификации, а навигация по пользовательскому интерфейсу осуществляется с помощью клавиатурного ввода и голосового управления. Предложенное программное решение основано на веб-технологиях, что позволяет его использовать как на стационарных компьютерах, так и на мобильных устройствах. Разработанная технология может быть применена для снижения визуальной нагрузки на специалистов по информационной безопасности со здоровым зрением, а также в ситуациях, когда визуальный дисплей недоступен

### Ключевые слова

*Средства защиты информации, обнаружение компьютерных атак, звуковые интерфейсы, компьютерные тифлотехнологии, голосовое управление*

Поступила 07.03.2024

Принята 21.03.2024

© Автор(ы), 2024

---

*Работа выполнена при поддержке «Грант ИБ МТУСИ 2023» по соглашению № 40469 09/23-К о выполнении научного проекта от 11.07.2023 № 09/23-К*

**Введение.** Согласно оценкам Краснодарского университета МВД, в России не хватает порядка 1,5 млн специалистов по информационной безопасности (ИБ) и необходимость в них возрастает с каждым годом [1]. Заместитель председателя правления Сбербанка Кузнецов С.К. отметил, что нехватка сотрудников в области кибербезопасности в России выросла до 100 тыс. человек в 2022 г.<sup>1</sup> Проблему дефицита специалистов по ИБ отмечают и специалисты Военного университета МО РФ (Москва) [2].

При этом число абсолютно слепых россиян в 2016 г. составляло порядка 100 тыс. человек, инвалидов по зрению — порядка 600 тыс. [3]. Численность Всероссийского общества слепых (ВОС) составила 189 314 человек в 2022 г.<sup>2</sup> Лишь ~ 20 % инвалидов по зрению способны реализовать себя на открытом рынке труда, вне специализированных предприятий и учреждений ВОС, а для остальной части населения страны данной категории трудоустройство в системе ВОС является необходимым условием их занятости.

Средства, обеспечивающие незрячим и слабовидящим людям возможность самостоятельного использования обычного персонального компьютера, называются компьютерными тифлотехнологиями, они основаны на программных и аппаратных решениях. Чтобы незрячие и слабовидящие могли самостоятельно пользоваться компьютерами, были созданы рельефно-точечные дисплеи и средства речевого вывода. Тактильные дисплеи Брайля позволяют тактильно считывать от 40 до 80 символов [4]. Звуковые пользовательские интерфейсы, как правило, реализованы в виде компьютерных программ и опираются на методы сонификации — представления данных с помощью неречевых звуков, и синтеза речи при считывании текста с монитора компьютера [5].

Существующие вспомогательные технологии позволяют незрячим людям считывать текст с экрана компьютера, но пока не позволяют работать с профессиональными средствами защиты информации и обнаружения компьютерных атак. В академической среде ведутся исследования звуковых пользовательских интерфейсов, с помощью которых человек может работать с компьютером исключительно на слух. В специализированных образовательных учреждениях незрячих студентов учат поль-

---

<sup>1</sup> В Сбербанке дефицит кадров в сфере кибербезопасности в РФ оценили в 100 тыс. человек. Интерфакс. URL: <https://www.interfax.ru/digital/874935> (дата обращения 07.03.2024.)

<sup>2</sup> Всероссийское общество слепых. URL: [https://www.vos.org.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6734:8-iyulya-2022-goda-vsrossijskomu-obshchestvu-slepykh-ispolnyaetsya-97-let](https://www.vos.org.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=6734:8-iyulya-2022-goda-vsrossijskomu-obshchestvu-slepykh-ispolnyaetsya-97-let) (дата обращения: 07.03.2024).

зоваться компьютером, выходить в интернет и записывать музыку в нотных редакторах [6–8]. Существуют программы профессиональной ориентации для людей с нарушениями зрения, которые готовят их к работе по ИТ-специальностям, например в ИТМО<sup>3</sup>, РГСУ<sup>4</sup>, МГППУ<sup>5</sup>. Чтобы люди с нарушениями зрения могли заниматься программированием, существуют вспомогательные расширения к среде разработки (Visual Studio) и другим инструментам работы с исходными кодами [9, 10].

Специалисты по ИБ используют программируемые средства обнаружения атак [11]. В частности, востребована возможность программирования на языке Python правил обнаружения вредоносных файлов, предоставляемая в песочнице Cuckoo Sandbox [12]. Синтаксис Yara-правил, широко используемых в обнаружении компьютерных атак, позволяет вызывать подпрограммы и составлять логические выражения из срабатываний сигнатур [13]. Для построения полимодальных средств защиты информации с графическим и звуковым дисплеями и кодирования изменяющихся параметров информационных систем используют звучания нот музыкальных инструментов и синтезируют мелодии [14]. В ряде зарубежных исследований для более благозвучного выражения событий ИБ использовали специально созданные музыкальные произведения [15, 16]. Музыка используют для кодирования сетевых структур, с помощью которых можно показать связи между элементами информационной системы [17]. Предложенный подход заключается в сонификации событий ИБ с помощью знакомой пользователям музыки для лучшей эргономики за счет срабатывания ассоциаций [18–20].

*Цель настоящей работы* — показать способ построения веб-ориентированного средства обнаружения компьютерных атак со звуковым пользовательским интерфейсом, основанный на кросс-платформенных программах с открытым исходным кодом. Разработанное веб-приложение должно решать задачу сбора признаков компьютерных атак и предоставлять администратору системы пользовательский интерфейс, с которым можно работать исключительно на слух с помощью клавиатуры и голосового управления.

---

<sup>3</sup> ИТМО. URL: [https://abit.itmo.ru/program/master/it\\_blind](https://abit.itmo.ru/program/master/it_blind) (дата обращения: 07.03.2024).

<sup>4</sup> РГСУ. URL: <https://specialviewportal.ru/articles/articles1422> (дата обращения: 07.03.2024).

<sup>5</sup> МГППУ. URL: [https://mgppu.ru/abitur/personal\\_support\\_of\\_applicants\\_with\\_special\\_educational\\_needs/for\\_disabled\\_persons\\_2022](https://mgppu.ru/abitur/personal_support_of_applicants_with_special_educational_needs/for_disabled_persons_2022) (дата обращения: 07.03.2024).

**Материалы и методы решения задач, принятые допущения.** Задачи отслеживания компьютерных атак и озвучивания их признаков решены путем создания двух веб-приложений: одного для взаимодействия с потенциальным атакующим, а второго для аудиального управления процессом обнаружения атак. В качестве компонентов клиентской и серверной частей обоих веб-приложений использованы программные библиотеки с открытым исходным кодом, приведенные в таблице.

#### Подключаемые программные библиотеки и модули

Компонент	Версия	Назначение
Node JS	20.10.0	Транслятор JavaScript в машинный код, исполняемый на стороне сервера
react	18.2.0	Построение веб-интерфейса
axios	1.6.5	Отправка HTTP-запросов (Hyper Text Transfer Protocol)
bcryptjs	2.4.3	Хеширование паролей
express	4.18.2	Создание API над Node JS
imap	0.8.19	Чтение электронной почты
mailparser	3.6.7	Извлечение вложенных в письма файлов
mongoose	8.0.3	Подключение к базе данных MongoDB
morgan	1.10.0	Журналирование запросов к серверу
multer	1.4.5	Обработка HTML-форм с бинарными данными
react-player	2.14.1	Воспроизведение звукозаписей
react-say	2.1.0	Озвучивание текста, синтез речи
react-speech-recognition	3.10.0	Распознавание голосовых команд

Для построения клиентской части атакуемого веб-приложения использована библиотека React, позволяющая создавать разметку страницы из изолированных компонентов, являющихся функциями JavaScript. Переключение страниц обеспечивается дополнительно установленной библиотекой React Router. На доступных атакующему веб-страницах содержатся веб-формы отправки файлов и адреса электронной почты вымышленных пользователей на контролируемом стороной защиты почтовом сервере Postfix.

В клиентской части звукового пользовательского интерфейса административной панели использованы дополнения к react JS. Для воспроизведе-

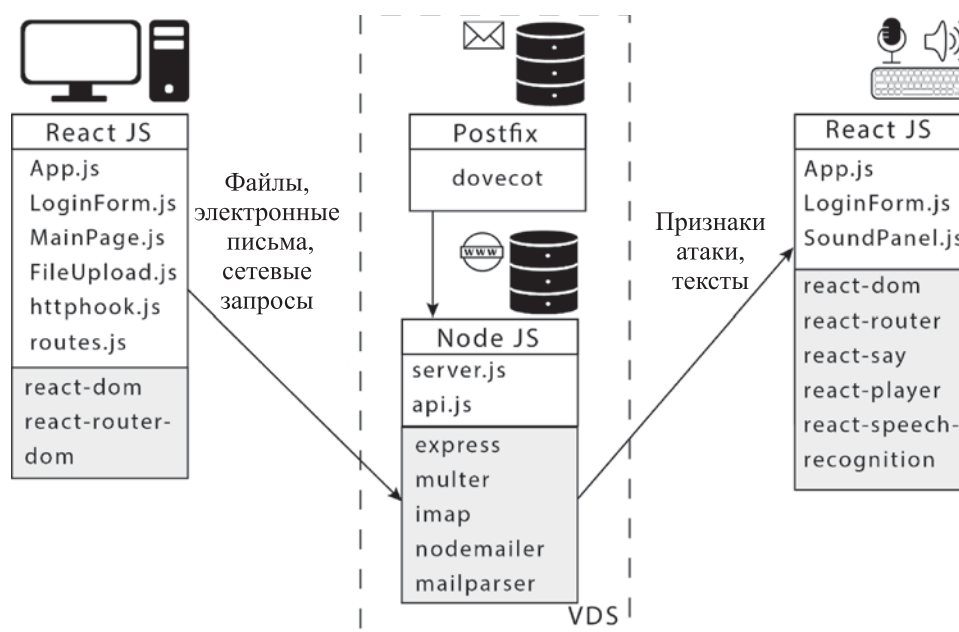
дения звукозаписей на веб-странице использован компонент `react-player`, с помощью которого можно проигрывать аудио- и видеофайлы, указывая их URL (путь в файловой системе на сервере или ссылку на видеохостинг). Текстовые строки озвучиваются с помощью компонента `react-say`, который вызывает функции встроенного в веб-браузер синтезатора речи Web Speech API (Application Programming Interface). Голосовое управление осуществляется путем распознавания команд компонентом `react-speech-recognition`, который с разрешения пользователя включает микрофон для распознавания речи.

Серверная часть разработанной системы основана на программной платформе Node JS, позволяющей исполнять JavaScript вне браузера. Веб-фреймворк Express JS определяет, как веб-приложение отвечает на запросы к различным адресам на сервере URI, обеспечивая маршрутизацию. Подключение веб-сервера Node JS к базе данных MongoDB обеспечивается библиотекой `mongoose`, а подключение к почтовому серверу осуществляется с помощью JavaScript библиотек `imap` и `mailparser`. Для отправки HTTP-запросов как со стороны Node JS, так и со стороны клиентской части веб-приложения используется библиотека `axios`, в которой используется единая кодовая база для клиентского и серверного режимов работы. Функции хеширования, необходимые для генерации токенов доступа, импортируются из JavaScript библиотеки `bcryptjs`. Обработка составных данных, полученных от веб-форм отправки файлов, происходит в программной библиотеке `multer`. Журналирование событий сервера осуществляет библиотека `morgan`, сохраняя в файле логов текущую дату, источник запроса, IP-адрес получателя, путь к запрашиваемому интернет-ресурсу и сведения о браузере пользователя.

**Результаты.** Задача сбора сведений о компьютерных атаках выполняется приложением-приманкой, содержащей адреса электронной почты и формы отправки файлов, а задача обнаружения атак осуществляется в веб-приложении со звуковым интерфейсом. На рисунке приведена архитектура разработанной системы, в которой программные компоненты, исполняемые на стороне VDS (Virtual Dedicated Server), обведены штриховой линией.

Атакующее веб-приложение содержит форму авторизации и веб-страницу с формой загрузки файлов, для обработки распространяемых злоумышленниками потенциально опасных файлов. Авторизация реализована через обработку скриптом `server.js` запроса с логином и паролем, отправленного в JSON-формате из компонента `LoginForm`. Серверный скрипт `server.js` при регистрации новых пользователей проверяет коррект-

ность адреса электронной почты, используемого в качестве логина, с помощью функций библиотеки `express-validator` и сохраняет его и хеш пароля в базе данных `MongoDb`. При попытке авторизации `server.js` возвращает JWT-токен (Json Web Token) в случае совпадения хешей введенного и сохраненного паролей пользователя. Токен JWT вычисляется на сервере библиотекой `jsonwebtoken`, отправляется клиентской части и сохраняется в контексте сессии пользователя, обеспечивая доступ к непубличным страницам с формами отправки файлов.



Атакующее веб-приложение (слева) и панель оператора безопасности (справа)

Серверная часть реализована в скриптах `server.js` и `api.js`. Выполнение кода сервера начинается в `server.js`, который подгружает с помощью JavaScript библиотеки `config` конфигурацию с закрытым ключом для генерации JWT-токена и URI базы данных `MongoDB`. Для предоставления доступа клиентской части приложения к API веб-сервера используется библиотека `CORS` (Cross-Origin Resource Sharing). Серверная и клиентская части работают на разных сетевых портах и, с точки зрения сервера, представляют собой различные интернет-ресурсы. Переданные на сервер файлы извлекаются из данных сетевого запроса с помощью библиотеки `multer` и сохраняются в заданном каталоге на сервере. В том же каталоге сохраняются файлы, извлеченные из электронных писем с помощью библиотеки `mailparser`, которая подключается к почтовому серверу `Postfix` с помощью функций JavaScript библиотеки `IMAP`.

Звуковой пользовательский интерфейс реализован в компоненте SoundPanel.js и опирается на библиотеки синтеза речи react-say, распознавания голосовых команд react-speech-recognition и воспроизведения медиа-файлов react-player. Текстовые признаки, извлеченные из отслеживаемых файлов, сетевых запросов и электронных писем озвучиваются синтезированной речью. Музыкальные звукозаписи воспроизводятся при срабатывании правил, созданных экспертами на основе ключевых слов в текстах, характеризующих поведение атакующего [18–20]. С демонстрационной версией разработанной сонифицированной системы можно ознакомиться на сайте sonified.vision.

**Обсуждение полученных результатов.** Предложенные методы построения звуковых пользовательских интерфейсов к средствам обнаружения компьютерных атак требуют экспериментальной проверки на целевой аудитории. Необходимо продумать возможность масштабирования таксономии схемы звукового кодирования на структуру категорий наблюдаемых компьютерных атак.

**Заключение.** Предложенный прототип системы обнаружения компьютерных атак на веб-приложения содержит звуковой пользовательский интерфейс, позволяющий вести мониторинг событий информационной безопасности исключительно на слух. Разработанная система опирается на широко используемые программные библиотеки с открытым исходным кодом. Опубликована демонстрационная версия системы для проведения экспериментов по эргономике звукового интерфейса.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Братусин А.Р., Скобликов Р.В., Кашин О.В. О необходимости подготовки на базе вузов МВД и Силowych ведомств РФ специалистов в области информационной безопасности. *Проблемы современного педагогического образования*, 2019, № 63-4, с. 27–31. EDN: SZCBSQ
- [2] Небренчин С.М. Актуальные вопросы укрепления информационной безопасности России в связи со специальной военной операцией на Украине. *Россия: тенденции и перспективы развития*, 2023, № 18-1, с. 211–216. EDN: PPGIKF
- [3] Алифанова Л.И., Кораблева О.В. К вопросу о специфике образования лиц с нарушениями зрения. *Russian Journal of Education and Psychology*, 2016, № 3-2 с. 328–338.
- [4] Бобко Р.А., Чепинский С.А. Модель конструкции мультистрочного дисплея Брайля. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*, 2020, т. 20, № 5, с. 761–766.  
DOI: <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2020-20-5-761-766>

- [5] Бабикина Е.В. Интерфейсы для взаимодействия с городской средой слепыми и слабовидящими пользователями. *Культура и технологии*, 2021, т. 6, № 4, с. 215–224. DOI: <https://doi.org/10.17586/2587-800X-2021-6-4-215-224>
- [6] Горбунова И.Б., Морозов С.А. Музыкально-компьютерные технологии в обучении студентов-инвалидов по зрению в средних и высших профессиональных музыкальных учебных заведениях в России. *Мир науки, культуры, образования*, 2019, № 5, с. 308–316. DOI: <https://doi.org/10.24411/1991-5497-2019-00126>
- [7] Морозов С.А. Специфика организации программно-аппаратного комплекса для обучения студентов с ограниченными возможностями здоровья по зрению музыкально-компьютерным технологиям. *Региональная информатика и информационная безопасность. Сб. тр. Санкт-Петербургской Междунар. конф. Вып. 8*. СПб., СПОИСУ, 2020, с. 401–405. EDN: RDVBBS
- [8] Тринадцатко А.А. Тифлоинформационные технологии в жизни инвалидов по зрению. *Социально-гуманитарные знания*, 2023, № 5, с. 42–46. EDN: QTHVVQ
- [9] Potluri V., Vaithilingam P., Iyengar S., et al. CodeTalk: improving programming environment accessibility for visually impaired developers. *CHI'18*, 2018, paper 618. DOI: <https://doi.org/10.1145/3173574.3174192>
- [10] Schanzer E., Bahram S., Krishnamurthi S. Accessible AST-based programming for visually-impaired programmers. *SIGCSE'19*, 2019, pp. 773–779. DOI: <https://doi.org/10.1145/3287324.3287499>
- [11] Talukder S. Tools and techniques for malware detection and analysis. *arXiv:2002.06819*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2002.06819>
- [12] Ilic S.T., Gnjatovic M.J., Popovic B.M., et al. A pilot comparative analysis of the Cuckoo and Drakvuf sandboxes: an end-user perspective. *Military Technical Courier*, 2022, vol. 70, no. 2, pp. 372–392. DOI: <https://doi.org/10.5937/vojtehg70-36196>
- [13] Lockett A. Assessing the effectiveness of YARA rules for signature-based malware detection and classification. *arXiv:2111.13910*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.13910>
- [14] Axon L., Happa J., Goldsmith M., et al. Hearing attacks in network data: an effectiveness study. *Comput. Secur.*, 2019, vol. 83, pp. 367–388. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2019.03.004>
- [15] Polaczyk J., Croft K., Cai Y. Compositional sonification of cybersecurity data in a baroque style. In: *Advances in artificial intelligence, software and systems engineering*. New York, Springer, 2021, pp. 304–312. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-80624-8\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-030-80624-8_38)
- [16] Falk C., Dykstra J. Sonification with music for cybersecurity situational awareness. *ICAD*, 2019, pp. 50–55.
- [17] Su I., Hattwick I., Southworth C., et al. Interactive exploration of a hierarchical spider web structure with sound. *J. Multimodal User Interfaces*, 2022, vol. 16, no. 1, pp. 71–85. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12193-021-00375-x>



- [18] Вишнеvский А.С., Ключарев П.Г. Звуковой пользовательский интерфейс обманной системы. *Сб. тр. 10-й Международ. науч.-техн. конф. «Безопасные информационные технологии»*. М., Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. EDN: AIIUIQ
- [19] Вишнеvский А.С. Разработка звукового кода для восприятия поведений вредоносных программ на слух. *Матер. 10-й Международ. науч.-практ. конф. «Военная безопасность России: Взгляд в будущее»*. Т. 1. М., Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023, с. 207–213. EDN: DQIKYB
- [20] Вишнеvский А.С. Анализ семантики музыки по сопутствующему тексту для сонификации сетевых аномалий. *Сб. тр. III Всерос. науч. школы-семинара «Современные тенденции развития методов и технологий защиты информации»*. М., Изд-во МТУСИ, 2023, с. 332.

**Вишнеvский Андрей Сергеевич** — младший научный сотрудник кафедры «Информационная безопасность» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

**Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:**

Вишнеvский А.С. Архитектура сонифицированной системы управления защитой веб-приложений от компьютерных атак. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение*, 2024, № 3 (148), с. 136–147. EDN: ZNJWMF

**SONIFIED WEB APPLICATIONS DEFENSE CONTROL SYSTEM ARCHITECTURE AGAINST THE COMPUTER ATTACKS**

A.S. Vishnevskiy

vishnevsky@bmstu.ru

**Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation**

**Abstract**

The increased need to protect Internet resources and shortage of personnel in the information security industry are making it urgent to create professional tools to identify computer attacks that could be used by persons not familiar with this area. The paper considers the developed auxiliary software for the visually impaired people that allows them to control the process of identifying computer attacks by the ear. It describes architecture of a web application collecting data on the spread of potentially malicious files, network attacks, and infected emails. Accumulated signs of the intruders' actions are voiced in the administrative panel adapted for working by ear using speech synthesis and implemented sonification methods. Navigation through the user interface is carried out using the input and voice

**Keywords**

*Information security tools, computer attack detection, sound interfaces, computer typhlotech-nologies, voice control*

control keyboard. The proposed software solution is based on the web technologies making it possible to use it both on the desktop computers and on the mobile devices. The developed technology could be introduced, among other things, to reduce visual load on the information security specialists with healthy vision, as well as in situations, where visual display is unavailable

Received 07.03.2024

Accepted 21.03.2024

© Author(s), 2024

---

*The work was supported by the grant IB MTUCI 2023 under the Agreement no. 40469 09/23-K on implementation of the scientific project dated July 11, 2023 no. 09/23-K*

## REFERENCES

- [1] Bratusin A.R., Skoblikov R.V., Kashin O.V. The need for training in the universities of the interior ministry and law enforcement agencies of the Russian Federation experts in the field of information security. *Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya*, 2019, no. 63-4, pp. 27–31 (in Russ.). EDN: SZCBSQ
- [2] Nebrenchin S.M. Topical issues of strengthening Russia's information security in connection with the special military operation in Ukraine. *Rossiya: tendentsii i perspektivy razvitiya*, 2023, no. 18-1, pp. 211–216 (in Russ.). EDN: PPGIKF
- [3] Alifanova L.I., Korableva O.V. To the question about the specific of education of persons with paropsiss. *Russian Journal of Education and Psychology*, 2016, no. 3-2, pp. 328–338 (in Russ.).
- [4] Bobko R.A., Chepinskiy S.A. Multiline Braille display construction model. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki* [Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics], 2020, vol. 20, no. 5, pp. 761–766 (in Russ.).  
DOI: <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2020-20-5-761-766>
- [5] Babikova E.V. Interfaces for communicating with local residents, blind and visually impaired users. *Kultura i tekhnologii* [Culture and Technology], 2021, vol. 6, no. 4, pp. 215–224 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17586/2587-800X-2021-6-4-215-224>
- [6] Gorbunova I.B., Morozov S.A. Music computer technologies in teaching visually impaired students of colleges and higher educational institutions in Russia. *Mir nauki, kultury, obrazovaniya* [The World of Science, Culture and Education], 2019, no. 5, pp. 308–316 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/1991-5497-2019-00126>
- [7] Morozov S.A. [Specifics of the organization of software and hardware complex for training students with visual disabilities in music and computer technologies]. *Regionalnaya informatika i informatsionnaya bezopasnost. Sb. tr. Sankt-Peterburgskoy Mezhdunar. konf. Vyp. 8* [Regional Informatics and Information Security. Proc. St. Petersburg Int. Conf. Iss. 8]. St. Petersburg, SPOISU Publ., 2020, pp. 401–405 (in Russ.). EDN: RDVBBS

- [8] Trinadtsatko A.A. Tiflo-information technologies in the life of blind and visually impaired people. *Sotsialno-gumanitarnye znaniya*, 2023, no. 5, pp. 42–46 (in Russ.). EDN: QTHVVQ
- [9] Potluri V., Vaithilingam P., Iyengar S., et al. CodeTalk: improving programming environment accessibility for visually impaired developers. *CHI'18*, 2018, paper 618. DOI: <https://doi.org/10.1145/3173574.3174192>
- [10] Schanzer E., Bahram S., Krishnamurthi S. Accessible AST-based programming for visually-impaired programmers. *SIGCSE'19*, 2019, pp. 773–779. DOI: <https://doi.org/10.1145/3287324.3287499>
- [11] Talukder S. Tools and techniques for malware detection and analysis. *arXiv:2002.06819*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2002.06819>
- [12] Ilic S.T., Gnjatovic M.J., Popovic B.M., et al. A pilot comparative analysis of the Cuckoo and Drakvuf sandboxes: an end-user perspective. *Military Technical Courier*, 2022, vol. 70, no. 2, pp. 372–392. DOI: <https://doi.org/10.5937/vojtehg70-36196>
- [13] Lockett A. Assessing the effectiveness of YARA rules for signature-based malware detection and classification. *arXiv:2111.13910*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.13910>
- [14] Axon L., Happa J., Goldsmith M., et al. Hearing attacks in network data: an effectiveness study. *Comput. Secur.*, 2019, vol. 83, pp. 367–388. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2019.03.004>
- [15] Polaczyk J., Croft K., Cai Y. Compositional sonification of cybersecurity data in a baroque style. In: *Advances in artificial intelligence, software and systems engineering*. New York, Springer, 2021, pp. 304–312. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-80624-8\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-030-80624-8_38)
- [16] Falk C., Dykstra J. Sonification with music for cybersecurity situational awareness. *ICAD*, 2019, pp. 50–55.
- [17] Su I., Hattwick I., Southworth C., et al. Interactive exploration of a hierarchical spider web structure with sound. *J. Multimodal User Interfaces*, 2022, vol. 16, no. 1, pp. 71–85. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12193-021-00375-x>
- [18] Vishnevskiy A.S., Klyucharev P.G. [The sound user interface of honeypot]. *Sb. tr. 10-y Mezhdunar. nauch.-tekh. konf. "Bezopasnye informatsionnye tekhnologii"* [Secure Information Technology. Proc. 10th Int. Sc.-Pract. Conf.]. Moscow, BMSTU Publ., 2019 (in Russ.). EDN: AIIUIQ
- [19] Vishnevskiy A.S. [Sound code implementation for sonification of malware behaviors]. *Mater. 10-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Voennaya bezopasnost Rossii: Vzglyad v budushchee". T. 1* [Military Security of Russia: A Look into the Future. Proc. 10th Int. Sc.-Pract. Conf. Vol. 1]. Moscow, BMSTU Publ., 2023, pp. 207–213 (in Russ.). EDN: DQIKYB
- [20] Vishnevskiy A.S. [Analysis of music semantics by accompanying text for sonification of network anomalies]. *Sb. tr. III Vseros. nauch. shkoly-seminara "Sovremennye tendentsii razvitiya metodov i tekhnologiy zashchity informatsii"* [Proc. III Russ. Sc. School-

Seminar Modern Trends in Development of Methods and Technologies of Information Protection]. Moscow, MTUSI Publ., 2023, p. 332 (in Russ.).

**Vishnevskiy A.S.** — Research Assistant, Department of Information Security, Bauman Moscow State Technical University (2-ya Baumanskaya ul. 5, str. 1, Moscow, 105005 Russian Federation).

**Please cite this article in English as:**

Vishnevskiy A.S. Sonified web applications defense control system architecture against the computer attacks. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Instrument Engineering*, 2024, no. 3 (148), pp. 136–147 (in Russ.).

EDN: ZNJWMF