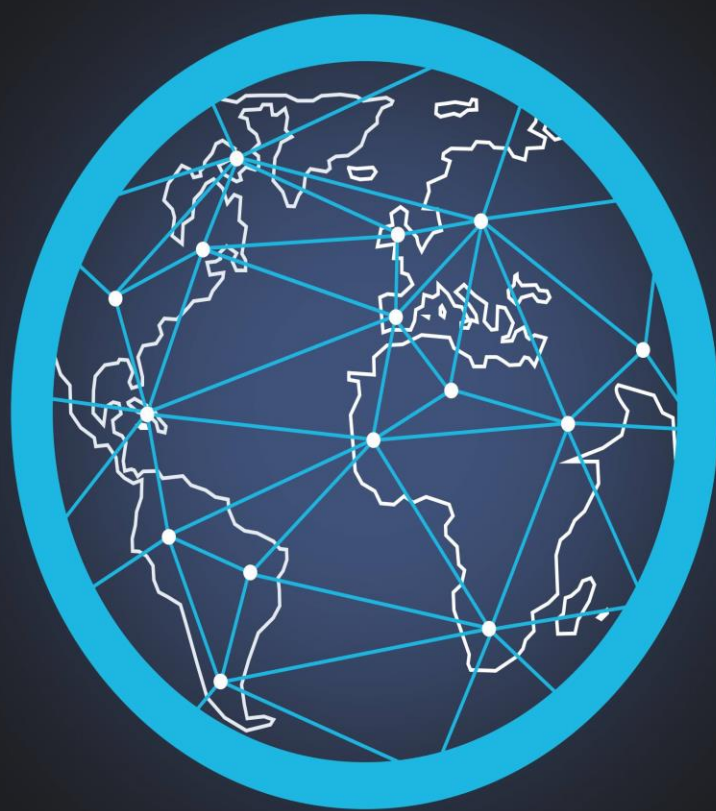


Международный журнал  
информационных технологий  
и энергоэффективности |



Том 9 Номер 3 (41)



2024



## СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 
- |    |  |           |
|----|--|-----------|
| 1. | <b>Хисаге Эсибиус Ирван</b> Оптимизация производительности мобильных приложений  | <b>4</b>  |
|    | <b>Hisage Esibius Irvan</b> Optimizing the performance of mobile applications  |           |
| 2. | <b>Бородулин Д.П., Савиных А.А., Двойникова Е.В.</b> Использование современных технологий в домашнем обиходе: инновации, которые делают жизнь проще                              | <b>11</b> |
|    | <b>Borodulin D.P., Savinykh A.A., Dvoynikova E.V.</b> The use of modern technologies in household use: innovations that make life easier   |           |
| 3. | <b>Фурер О.В., Якупов Д.О.</b> Луковая маршрутизация в браузере «ТОР»  | <b>16</b> |
|    | <b>Furer O.V., Yakupov D.O.</b> Onion routing in the TOR browser   |           |
| 4. | <b>Апакон А.А., Павлов Б.П.</b> Оптимизация быстрореагирующего производства (QRM) через цифровые инновации: интеграция QRM с ИИ и анализом больших данных                        | <b>22</b> |
|    | <b>Apakov A.A., Pavlov B.P.</b> The title of the article: optimizing fast-response manufacturing (QRM) through digital innovation: QRM integration with AI and big data analysis |           |
| 5. | <b>Муллахметова К.Р.</b> Основные этапы внедрения ERP-системы в организации  | <b>31</b> |
|    | <b>Mullahmetova K.R.</b> Main stages of implementing an ERP system in the organization   |           |
| 6. | <b>Амелютин Е.В., Решетников Д.Д.</b> Актуальность проблемы внутренних угроз в информационных системах   | <b>38</b> |
|    | <b>Amelyutin E.V., Reshetnikov D.D.</b> The relevance of the problem of internal threats in information systems  |           |
| 7. | <b>Барышников П.В.</b> Безопасность программного обеспечения: как защитить свое приложение от хакерских атак   | <b>49</b> |
|    | <b>Baryshnikov P.V.</b> Software security: how to protect your application from hacker attacks   |           |
| 8. | <b>Минаева Е.А.</b> Цифровой двойник клиента   | <b>53</b> |
|    | <b>Minaeva.E.A.</b> Digital twin of a customer   |           |
| 9. | <b>Барышников П.В.</b> Интеграция с API: как взаимодействовать с внешними сервисами в своем приложении   | <b>60</b> |
-

---

**Baryshnikov P.V.** Integration with the API: how to interact with external services in your application

- 
10. **Васильев А.В.** Вычислительные системы и их функционирование в аспекте прогнозирования их состояния **64**

**Vasilyev A.V.** Computational systems and their functioning in the aspect of forecasting their condition

- 
11. **Пирюшов А.С., Пирюшов М.С.** Сравнительный анализ времени рендеринга компонентов при использовании различных инструментов управления состояниями в REACT-приложениях **79**

**Piryushov A.S., Piryushov M.S.** Comparative analysis of component rendering time when using various state management tools in REACT applications

- 
12. **Субботина В.В., Назаренко М.Д., Максимов В.В., Сафонова Т.В., Мокряк А.В.** Интернет вещей: бизнес будущего **88**

**Subbotina V.V., Nazarenko M.D., Maksimov V.V., Safonova T.V., Mokryak A.V.** Internet of things: future business

---

### ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

- 
13. **Баязитов И.А., Хусаинова Е.А.** Мировые тенденции развития цифровой подстанции **95**

**Bayazitov I.A., Hussainova E.A.** World trends in digital substation development

- 
14. **Генбач А.А., Толегенулы А.** Пористый пылегазоуловитель с управляемой геометрией микроканалов **100**

**Genbach A.A., Tolegenuly A.** Porous dust and gas separator with controlled geometry of microchannels

- 
15. **Канарейкин А.И.** Математическая аналогия между температурными и концентрационными напряжениями **109**

**Kanareykin A.I.** Mathematical analogy between temperature and concentration stresses

- 
16. **Мадаева А.Д., Джамалуева А.А., Удаева М.С-А., Шамханов М.Ч.** Описания процесса химического контроля воды и пара на ТЭС **115**

**Madaeva A.D., Jamalueva A.A., Udaeva M.S.A., Shamkhanov M.Ch.** Descriptions of the process of chemical control of water and steam at thermal power plants

---

---



Международный журнал информационных технологий и  
энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.42

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

**Хисаге Эсибиус Ирван**

ФГАОУ ВО "МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ", Москва, Россия  
(107023, город Москва, Большая Семёновская ул., д. 38), e-mail: hisageirwan01@gmail.com

В области разработки приложений оптимизация производительности мобильных приложений является важным и непрерывным процессом, требующим внимания. Современные пользователи требуют быстрого и простого взаимодействия, поэтому разработчики должны уделять первоочередное внимание методам оптимизации. Результаты поиска предлагают информацию о различных методах повышения производительности мобильных приложений, таких как методы тестирования, лучшие практики и советы. В статьях подчеркивается важность постоянной оценки, оптимизации и использования инструментов для достижения наилучших результатов. Чтобы гарантировать положительный пользовательский опыт и общий успех мобильных приложений, производительность должна быть приоритетом, независимо от того, делается ли это за счет скорости, оперативности или применения определенных передовых методов оптимизации.

Ключевые слова: Разработка, мобильное приложение, оптимизация производительности приложения.

## OPTIMIZING THE PERFORMANCE OF MOBILE APPLICATIONS

**Hisage Esibius Irvan**

MOSCOW POLYTECHNIC UNIVERSITY, Moscow, Russia (107023, Moscow, Bolshaya Semenovskaya str., 38), e-mail: hisageirwan01@gmail.com

In the field of app development, performance optimisation for mobile applications is an essential and continuous process that requires attention. Modern users demand quick and easy experiences, thus developers must give optimisation techniques top priority. The search results offer information on a variety of methods for improving mobile app performance, such as testing techniques, best practices, and advice. In order to attain best results, the articles stress the importance of ongoing assessment, optimisation, and tool use. To guarantee a positive user experience and the overall success of mobile applications, performance must be prioritised, whether that is done by emphasising speed, responsiveness, or by applying certain optimisation best practices.

Keywords: Development, mobile application, application performance optimization.

Одним из наиболее важных аспектов разработки мобильных приложений является оптимизация их производительности. Повышение производительности мобильных приложений влечет за собой снижение использования памяти, энергопотребления, времени запуска, скорости реагирования и скорости. Упрощение кода, изображений, баз данных и других элементов — один из методов повышения эффективности мобильных приложений. Чтобы обнаружить проблемы в своем коде и максимизировать потребление ресурсов, разработчики также могут использовать инструменты мониторинга производительности приложений. Классифицируя методы оптимизации в соответствии с методологией,

используемой в соответствующих статьях, в этой журнальной статье будет представлен краткий обзор текущих методов нефункциональной оптимизации производительности мобильных приложений. Кроме того, будут указаны области литературы, которые все еще требуют изучения для дальнейшей работы. Понимание важности оптимизации производительности:

- Изучите факторы, способствующие отказу от мобильных приложений.

1. Распространенные причины отказа от мобильных приложений. Факторы, способствующие отказу от мобильных приложений, включают плохое время загрузки, сбои, высокое потребление данных и батареи, а также плохой дизайн пользовательского интерфейса [1].

2. Проблемы в разработке кросс-платформенных приложений. Разработка кросс-платформенных приложений сталкивается с проблемами, которые замедляют время загрузки приложения, ухудшают качество пользовательского опыта и вызывают опасения по поводу отказа от приложения [2].

3. Оставленные корзины в мобильных приложениях. Медленно загружающиеся приложения способствуют более высокому проценту брошенных корзин, поскольку покупатели не любят ждать. Крайне важно оптимизировать производительность приложения, чтобы уменьшить количество оставленных корзин [3].

4. Отказ пользователей и скорость приложения. Медленная загрузка приложений приводит к разочарованию пользователей, побуждая их отказываться от приложения в пользу более быстрых альтернатив [4].

- Стратегии эффективного кода

1. Методы оптимизации кода. Используйте методы оптимизации, такие как минимизация избыточного кода и использование эффективных алгоритмов для повышения производительности мобильных приложений [5].

2. Управление памятью. Упреждающее управление памятью для предотвращения утечек и повышения скорости реагирования. Эффективно выделяйте и освобождайте память для оптимального использования ресурсов. Для этого используйте эффективные структуры данных и алгоритмы [6].

3. Лучшие практики разработки: Придерживайтесь лучших практик, включая модульное кодирование и шаблоны проектирования, для удобства сопровождения и масштабируемости, способствуя оптимизации производительности [7].

- Оптимизация изображений и медиа

1. Оптимальный размер и формат изображения. Убедитесь, что изображения имеют соответствующий размер для различных устройств и браузеров. Поиск правильного баланса между качеством и размером файла имеет решающее значение для оптимальной производительности [8][9].

2. Сжатие изображений. Сжимайте изображения для уменьшения размера файла без ущерба для качества. Это помогает ускорить загрузку, улучшая как скорость, так и использование полосы пропускания [10][11].

3. Отложенная загрузка: реализуйте отложенную загрузку для загрузки изображений только тогда, когда они необходимы, сокращая время начальной загрузки страницы и улучшая взаимодействие с пользователем [8][11].

---

4. Оптимизируйте контент для мобильных устройств. Помимо изображений, оптимизируйте общий контент для быстрой загрузки на мобильных устройствах. Поддерживайте чистый и удобный макет, чтобы обеспечить бесперебойную работу [12].

- Оптимизация пользовательского интерфейса и UX

1. Поймите свою аудиторию: найдите свою целевую аудиторию, чтобы адаптировать дизайн приложения к ее предпочтениям и потребностям [13].

2. Беспрепятственный процесс адаптации: создайте плавный процесс адаптации, чтобы пользователи могли легко ориентироваться и понимать функциональность приложения [13].

3. Оптимизация производительности: оптимизируйте производительность приложения для более удобного взаимодействия с пользователем. Минимизируйте время загрузки, расставьте приоритеты при загрузке контента и используйте методы отложенной загрузки [14].

4. Пользовательско-ориентированный дизайн: создавайте интуитивно понятные UI/UX проекты, понимая потребности и предпочтения пользователей [15].

5. Обеспечение качества: обеспечьте качество посредством тщательного тестирования для выявления и устранения любых проблем, которые могут повлиять на взаимодействие с пользователем [15].

6. Уделяйте приоритетное внимание пользовательскому опыту и оптимизации. Чтобы выделиться в конкурентном мире разработки мобильных приложений, уделите приоритетное внимание пользовательскому опыту и оптимизации для достижения успеха [16].

- Кроссплатформенная оптимизация

1. Выберите правильную структуру. Выбор подходящей среды кроссплатформенной разработки имеет важное значение. Это повышает возможность повторного использования кода и обеспечивает совместимость на разных платформах [17].

2. Минимизируйте сложность кода. Разработчики должны стремиться снизить сложность кода, чтобы повысить производительность приложения. Это включает в себя чистые методы кодирования и избежание ненужного дублирования кода [18].

3. Оптимизация изображений и ресурсов. Эффективная оптимизация изображений и ресурсов способствует ускорению загрузки и повышению общей производительности приложения. Этого можно достичь, используя сжатые изображения и соответствующие форматы ресурсов [18].

4. Реализуйте отложенную загрузку: отдайте приоритет оптимизации производительности, реализовав отложенную загрузку модулей. Это гарантирует, что изначально загружаются только необходимые компоненты, что повышает скорость работы приложения [19].

5. Оптимизация пользовательского интерфейса для конкретной платформы: адаптируйте пользовательский интерфейс для каждой платформы, чтобы обеспечить естественный внешний вид. Оптимизация элементов пользовательского интерфейса повышает удовлетворенность пользователей на разных устройствах [20].

6. Используйте методы кэширования: разработчики могут использовать методы кэширования для локального хранения часто используемых данных, уменьшая необходимость повторных сетевых запросов и повышая скорость реагирования приложений [18].



7. Непрерывное тестирование и оптимизация. Регулярно тестируйте приложение на различных устройствах и операционных системах, чтобы выявлять и устранять проблемы с производительностью. Непрерывная оптимизация является ключом к обеспечению единообразного взаимодействия с пользователем на разных платформах [21].

В заключение отметим, что системы Android и iOS сильно зависят от оптимизации производительности мобильных приложений. Подходы, обсуждавшиеся в нескольких местах, подчеркивают важность таких методов, как тестирование производительности, оптимизация памяти и эффективные методы кодирования. Поддержание оптимальной производительности важно для успеха мобильных приложений и бизнеса в целом, а также для удовлетворения пользователей. В заключении подчеркивается важность применения лучших практик на практике, принятия мер по оптимизации производительности и внедрения успешных методов повышения оперативности, скорости и эффективности мобильных приложений, как описано в предоставленных источниках.

### Список литературы

1. Отказ от мобильных приложений [Электронный ресурс] // <https://raygun.com/blog/mobile-application-abandonment/> (дата обращения: 17.01.2024).
2. Проблемы разработки кроссплатформенных мобильных приложений [Электронный ресурс] // <https://trigent.com/blog/challenges-in-cross-platform-mobile-app-development/> (дата обращения: 17.01.2024).
3. Сокращение количества брошенных корзин [Электронный ресурс] // <https://magenative.com/blog/reduce-cart-abandonment/> (дата обращения: 18.01.2024).
4. Должны быть функции мобильного приложения [Электронный ресурс] // <https://www.nalashaa.com/must-have-mobile-application-features/> (дата обращения: 18.01.2024).
5. Какие советы по оптимизации производительности кода мобильного j7zxc [Электронный ресурс] // <https://www.linkedin.com/advice/0/what-some-tips-optimizing-code-Performance-mobile-j7zxc> (дата обращения: 20.01.2024).
6. Как оптимизировать код в мобильных приложениях 10 советов профессионалов [Электронный ресурс] // <https://mobilegrowthassociation.com/how-to-optimize-your-code-in-mobile-applications-10-pro-tips/> (дата обращения: 19.01.2024).
7. Лучшие практики разработки мобильных приложений [Электронный ресурс] // <https://www.revelo.com/blog/best-practices-for-mobile-application-development> (дата обращения: 20.01.2024).
8. Стратегии оптимизации изображений для мобильных устройств [Электронный ресурс] // <https://www.browserstack.com/guide/strategies-for-optimizing-images-for-mobile> (дата обращения: 20.01.2024).
9. Как оптимизировать изображение мобильных приложений [Электронный ресурс] // <https://www.linkedin.com/advice/3/how-can-you-optimize-your-mobile-apps-image> (дата обращения: 20.01.2024).
10. 5 основных приемов оптимизации изображений для веб и мобильных приложений [Электронный ресурс] // <https://imagekit.io/blog/5-essential-image-optimisation-techniques-for-web-and-mobile-apps/> (дата обращения: 21.01.2024).

11. Как оптимизировать изображение мобильных приложений [Электронный ресурс] // <https://www.linkedin.com/advice/3/how-can-you-optimize-your-mobile-apps-image>(дата обращения: 21.01.2024).
12. 10 лучших практик мобильной оптимизации, которые вам нужно знать [Электронный ресурс] // <https://www.intersmartsolution.com/10-mobile-optimization-best-practices-you-need-to-know>(дата обращения: 21.01.2024).
13. Лучшие UI/UX-практики дизайна мобильных приложений. Субкоды [Электронный ресурс] // <https://www.linkedin.com/pulse/uiux-best-practices-mobile-app-design-subcodevs>(дата обращения: 21.01.2024).
14. UI UX Лучшие практики разработки мобильных приложений ce994882a265 [Электронный ресурс] // <https://bootcamp.uxdesign.cc/ui-ux-best-practices-for-mobile-app-development-ce994882a265>(дата обращения: 19.01.2024).
15. Лучшие практики разработки мобильных приложений для улучшения UX [Электронный ресурс] // <https://www.fullestop.com/blog/best-practices-of-mobile-app-development-for-enhanced-ux>(дата обращения: 21.01.2024).
16. Лучшие практики разработки мобильных приложений для улучшения пользовательского опыта и оптимизации [Электронный ресурс] // <https://www.maxburst.com/mobile-app-development-best-practices-for-user-experience-and-optimization/>(дата обращения: 19.01.2024).
17. Лучшие практики разработки кроссплатформенных приложений averlynx [Электронный ресурс] // <https://www.linkedin.com/pulse/best-practices-cross-platform-app-development-averlynx>(дата обращения: 21.01.2024).
18. Лучшие практики кроссплатформенной разработки мобильных приложений [Электронный ресурс] // <https://www.myoptimind.com/best-practices-for-cross-platform-mobile-app-development/>(дата обращения: 21.01.2024).
19. Лучшие практики создания кроссплатформенных мобильных приложений angular 5rykf [Электронный ресурс] // <https://www.linkedin.com/pulse/best-practices-building-cross-platform-mobile-apps-angular-5rykf>(дата обращения: 21.01.2024).
20. Лучшие практики кроссплатформенной разработки мобильных приложений cd6ce64fb0ab [Электронный ресурс] // <https://finoitcompanyusa.medium.com/cross-platform-mobile-app-development-best-practices-cd6ce64fb0ab>(дата обращения: 19.01.2024).
21. Оптимизация кроссплатформенности [Электронный ресурс] // <https://www.valuecoders.com/blog/app-development/optimizing-cross-platform-apps/>(дата обращения: 21.01.2024).

## References

1. Abandonment of mobile applications [Electronic resource] // <https://raygun.com/blog/mobile-application-abandonment> //(date of access: 01/17/2024).
2. Problems of developing cross-platform mobile applications [Electronic resource] // <https://trigent.com/blog/challenges-in-cross-platform-mobile-app-development> //(date of access: 01/17/2024).



3. Reduction of the number of abandoned baskets [Electronic resource] // <https://magenative.com/blog/reduce-cart-abandonment> /(date of application: 01/18/2024).
4. There must be functions of the mobile application [Electronic resource] // <https://www.nalashaa.com/must-have-mobile-application-features> /(date of access: 01/18/2024).
5. What are the tips for optimizing the performance of the mobile j7zxc code [Electronic resource] // <https://www.linkedin.com/advice/0/what-some-tips-optimizing-code> - Performance-mobile-j7zxc(accessed: 01/20/2024).
6. How to optimize code in mobile applications 10 tips from professionals [Electronic resource] // <https://mobilegrowthassociation.com/how-to-optimize-your-code-in-mobile-applications-10-pro-tips> /(date of access: 01/19/2024).
7. Best practices in mobile application development [Electronic resource] // <https://www.revelo.com/blog/best-practices-for-mobile-application-development> (date of application: 01/20/2024).
8. Image optimization strategies for mobile devices [Electronic resource] // <https://www.browserstack.com/guide/strategies-for-optimizing-images-for-mobile> (date of access: 01/20/2024).
9. How to optimize the image of mobile applications [Electronic resource] // <https://www.linkedin.com/advice/3/how-can-you-optimize-your-mobile-apps-image> (date of application: 01/20/2024).
10. 5 basic techniques of image optimization for web and mobile applications [Electronic resource] // <https://imagekit.io/blog/5-essential-image-optimisation-techniques-for-web-and-mobile-apps> /(date of access: 01/21/2024).
11. How to optimize the image of mobile applications [Electronic resource] // <https://www.linkedin.com/advice/3/how-can-you-optimize-your-mobile-apps-image> (date of application: 01/21/2024).
12. 10 best practices of mobile optimization that you need to know [Electronic resource] // <https://www.intersmartsolution.com/10-mobile-optimization-best-practices-you-need-to-know> (accessed: 01/21/2024).
13. The best UIUX design practices for mobile applications. Subcodes [Electronic resource] // <https://www.linkedin.com/pulse/uiux-best-practices-mobile-app-design-subcodevs> (date of application: 01/21/2024).
14. UI UX Best practices of mobile application development ce994882a265 [Electronic resource] // <https://bootcamp.uxdesign.cc/ui-ux-best-practices-for-mobile-app-development-ce994882a265> (date of access: 01/19/2024).
15. Best practices in developing mobile applications to improve UX [Electronic resource] // <https://www.fullestop.com/blog/best-practices-of-mobile-app-development-for-enhanced-ux> (date of application: 01/21/2024).
16. Best practices in the development of mobile applications to improve user experience and optimization [Electronic resource] // <https://www.maxburst.com/mobile-app-development-best-practices-for-user-experience-and-optimization/>/( date of access: 01/19/2024).

17. est practices in the development of cross-platform averlynx applications [Electronic resource] //https://www.linkedin.com/pulse/best-practices-cross-platform-app-development-averlynx (date of application: 01/21/2024).
  18. Best practices of cross-platform mobile application development [Electronic resource] //https://www.myoptimind.com/best-practices-for-cross-platform-mobile-app-development /(accessed: 01/21/2024).
  19. Best practices for creating cross-platform mobile applications angular 5rykf [Electronic resource] //https://www.linkedin.com/pulse/best-practices-building-cross-platform-mobile-apps-angular-5rykf (date of application: 01/21/2024).
  20. Best practices of cross-platform mobile application development cd6ce64fb0ab [Electronic resource] //https://finoitcompanyusa.medium.com/cross-platform-mobile-app-development-best-practices-cd6ce64fb0ab( date of access: 01/19/2024).
  21. Cross-platform optimization [Electronic resource] //https://www.valuecoders.com/blog/app-development/optimizing-cross-platform-apps /(date of access: 01/21/2024).
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.9

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ДОМАШНЕМ ОБИХОДЕ: ИННОВАЦИИ, КОТОРЫЕ ДЕЛАЮТ ЖИЗНЬ ПРОЩЕ

<sup>1</sup>Бородулин Д.П., Савиных А.А., Двойникова Е.В.

ФГБОУ ВО "БАЛТИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "ВОЕНМЕХ" ИМ. Д.Ф. УСТИНОВА", Санкт-Петербург, Россия (190005, город Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская ул., д.1), e-mail: <sup>1</sup>borodulin\_dp@voenmeh.ru

В данной статье объектом исследования являются современные технологии, которые используются в домашнем обиходе и делают жизнь проще. Анализируются инновации 21-го века, включая автоматизацию домашних процессов (далее – умный дом), а также применение искусственного интеллекта в быту. В статье приводятся примеры компаний-поставщиков умного дома, а также обсуждаются перспективы развития технологий для дома. В результате, можно прийти к выводу, что использование современных технологий может существенно улучшить качество жизни, повысить уровень комфорта и снизить затраты времени и усилий на выполнение бытовых задач.

Ключевые слова: Умный дом, автоматизация, современные технологии, Zigbee, Wi-fi, Bluetooth.

## THE USE OF MODERN TECHNOLOGIES IN HOUSEHOLD USE: INNOVATIONS THAT MAKE LIFE EASIER

<sup>1</sup>Borodulin D.P., Savinykh A.A., Dvoynikova E.V.

BALTIC STATE TECHNICAL UNIVERSITY «VOENMEH» D.F. USTINOVA", St. Petersburg, Russia (190005, St. Petersburg, 1st Krasnoarmeyskaya str., 1, ), e-mail: <sup>1</sup>borodulin\_dp@voenmeh.ru

In this article, the object of research is modern technologies that are used in household use and make life easier. The innovations of the 21st century are analyzed, including automation of home processes (hereinafter referred to as the smart home), as well as the use of artificial intelligence in everyday life. The article provides examples of smart home supplier companies, as well as discusses the prospects for the development of technologies for the home. As a result, it can be concluded that the use of modern technologies can significantly improve the quality of life, increase the level of comfort and reduce the time and effort spent on household tasks.

Keywords: Smart home, automation, modern technologies, Zigbee, Wi-fi, Bluetooth.

### Введение

Современные технологии уже давно стали неотъемлемой частью нашей жизни, и домашний обиход не является исключением. Одним из таких примеров инноваций является умный дом. Это совокупность бытовых приборов и устройств, помогающая оптимизировать повседневные процессы, а также, управлять данными процессами как удаленно, так и с помощью мобильного приложения или голосовых команд.

Умный дом состоит из 4 основных блоков: контроллер, датчики, исполнительные устройства и мобильное приложение.

Контроллер – устройство, которое управляет всеми остальными компонентами системы. Он отвечает за сбор данных, обработку команд и управление исполнительными устройствами. Контроллер может быть как самостоятельным устройством, так и частью системы управления умным домом.

Датчики – устройства, которые реагируют на различные события, например, на движение, свет, температуру и влажность.

Исполнительные устройства – устройства, которые выполняют команды, полученные от контроллера или мобильного приложения, например, включают и выключают свет, регулируют температуру и т.д.

Мобильное приложение – приложение, которое позволяет управлять умным домом с мобильного устройства.

Сценарии умного дома, автоматизация домашних процессов

Сценарий умного дома – это заранее заданная последовательность, которую могут автоматически выполнять устройства умного дома, при определенных условиях. Сценарий может включать такие действия, как автоматическое открытие штор, включение света и музыки, а также запуск очистителя воздуха. Таким образом, при входе в дом создается комфортная атмосфера, и владельцу не приходится тратить время на ручное управление устройствами.

Одним из лидеров по внедрению умного дома на территории России и СНГ, является компания Яндекс, которая достойно конкурирует наравне с фирмами Apple и Amazon. Далее будет описана концепция умного дома от данной компании, так как Яндекс занимает первенство в сфере экспорта технологий умного дома. Платформа Яндекса предлагает широкий спектр продуктов и решений, которые позволяют пользователям контролировать и автоматизировать различные устройства в доме с помощью голосового управления. В 2022 году данная компания стала лидером по числу проданных гаджетов для умного дома [1].

Примеры сценариев: В темное время суток свет на кухне будет приглушенно включаться, когда вы заходите туда – и выключаться при отсутствии движения в течение заданного количества минут. Для такого сценария потребуются: датчик движения, умная лампочка и любое устройство передачи сигнала – станция или хаб с протоколом Zigbee.

Zigbee — это протокол связи, который используется для подключения умных устройств. Таких как умные лампочки, датчики, выключатели, розетки. Есть разные технологии, которые стандартизируют работу устройств, Zigbee — одна из них. Используется принцип подключения по воздуху, как и при подключении к Wi-Fi или Bluetooth [2].

Пользователь создает сценарий, через мобильное устройство, а также добавляет условие запуска, для выполнения данного сценария. Например, для данного сценария условиями будут:

Если срабатывает датчик движения в период 22:00 – 06:00, тогда лампа включится на 10%

Если датчик движения дает сигнал, что нет движения последние 10 минут, тогда лампа отключится

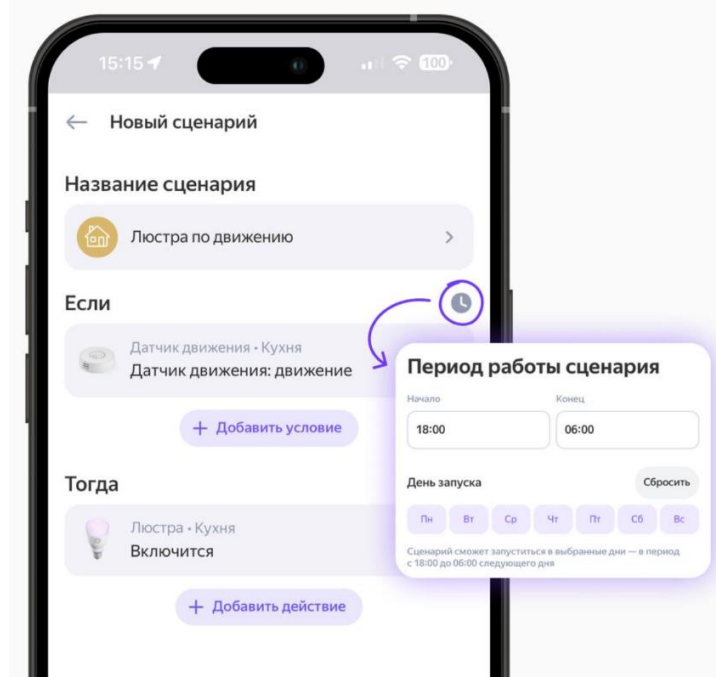


Рисунок 1 – Пример создания сценария

Как видно из данных сценариев, первый – включает приглушенно лампу, если срабатывает датчик движения, а второй – отключает лампу [3].

Данный тип лампы диммируемый, т.е. имеет диапазон светового потока, следовательно пользователь может настроить лампу, что позволит избежать резких изменений яркости света и не потревожит спящего человека.

Таким образом, сценарии умного дома позволяют автоматизировать рутинные действия и упростить управление устройствами в доме. Они делают нашу жизнь более комфортной и экономят время и силы на выполнение повседневных задач.

### Энергетический аспект

Энергетический аспект в системах умного дома становится все более важным в связи с растущим интересом к энергоэффективности и устойчивым технологиям. Умные дома могут помочь снизить энергопотребление за счет автоматизации освещения, контроля температуры и использования возобновляемых источников энергии. Например, интеллектуальные системы освещения могут автоматически регулировать яркость света в зависимости от времени суток и присутствия людей, что может существенно сократить расходы на электроэнергию. Кроме того, системы умного дома могут быть интегрированы с устройствами для возобновляемой энергии, такими как солнечные панели или ветрогенераторы, для обеспечения автономного энергоснабжения. В целом, энергетический аспект умного дома представляет собой важный аспект устойчивого развития и повышения энергоэффективности зданий.

Экономия электроэнергии в умном доме достигается за счет нескольких факторов:

1. Автоматическое управление освещением. Умный дом может автоматически включать и выключать свет, а также регулировать яркость в зависимости от времени суток, присутствия людей и других условий.

2. Управление отоплением и кондиционированием. Умный дом позволяет контролировать температуру в помещениях, что снижает затраты на отопление или охлаждение.

3. Использование датчиков и сенсоров. Датчики движения, света и температуры позволяют системе автоматически реагировать на изменения в окружающей среде, снижая расход энергии.

4. Интеграция с возобновляемыми источниками энергии. Умный дом может быть интегрирован с солнечными панелями, ветрогенераторами и другими источниками возобновляемой энергии для автономного энергоснабжения.

5. Удаленное управление. Возможность управлять системами умного дома из любой точки мира позволяет экономить энергию, отключая ненужные устройства и контролируя их работу.

### Надежность и энергопотребление

Благодаря протоколу Zigbee – проверенной самовосстанавливающейся сети, передающей радиосигнал не через интернет, а напрямую, соединение между устройствами намного стабильнее, а задержка – минимальна [4].

Надежность повышается благодаря принципу работы, отличному от wi-fi устройств, если во втором случае связь между устройствами осуществляется по типу «звезда», то есть к головному устройству – wi-fi роутеру, подключаются все девайсы, а следовательно по мере отдаления от роутера, связь между гаджетами будет падать, когда Zigbee работает по принципу «паутина» – устройства сами создают сеть и выступают в роли «передатчика» сигнала, таким образом девайсы работают без доступа в интернет, что положительно сказывается на энергопотреблении [5].

В Таблице 1 представлено сравнение популярных беспроводных технологий. Все протоколы связи предназначены для работы при частоте в 2.4 ГГц.

Таблица 1 – Сравнение беспроводных технологий

Технология	Wi-Fi	Bluetooth	ZigBee
Стандарт связи	IEEE 802.11	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.4
Скорость передачи данных	300 Мбит/с	3 Мбит/с	250 Мбит/с
Энергопотребление	Высокое	Низкое	Низкое
Поддержка IP-технологий	+	-	-
Топология	«Звезда»	«Звезда»	«Паутина»

### Заключение

Современные технологии играют значительную роль в улучшении домашнего обихода и повышении уровня комфорта жизни. Инновации, такие как системы умного дома, Интернет вещей, автоматизация домашних процессов и другие, позволяют упростить выполнение

повседневных задач, экономить время и энергию, а также обеспечивать безопасность жилища. Несмотря на некоторые сложности и проблемы, связанные с внедрением новых технологий, их преимущества для домашнего обихода неоспоримы. Поэтому дальнейшее развитие и интеграция инновационных решений в повседневную жизнь представляются перспективными и актуальными направлениями.

### Список литературы

1. В 2022 году «Яндекс» стал лидером по числу проданных гаджетов для умного дома [Электронный ресурс] // <https://habr.com/ru/news/728162/> (дата обращения 20.01.2024)
2. Станция Миди и голосовое управление Zigbee-устройствами без интернета. История разработки [Электронный ресурс] // <https://habr.com/ru/companies/yandex/articles/774212/> (дата обращения 21.01.2024)
3. Как мы перепродумали сценарии умного дома для Zigbee-устройств [Электронный ресурс] // <https://habr.com/ru/companies/yandex/articles/729554/> (дата обращения 21.01.2024)
4. Комплексное решение для всех интеллектуальных устройств [Электронный ресурс] // <https://csa-iot.org/all-solutions/zigbee/> (дата обращения 23.01.2024)
5. ZigBee - зачем нужен в умном доме. [Электронный ресурс] // <https://dzen.ru/a/XIOFMJXtXAWts3ul> (дата обращения 25.01.2024)

### References

1. In 2022, Yandex became the leader in the number of smart home gadgets sold [Electronic resource] // <https://habr.com/ru/news/728162/> (date of application 01.20.2024)
  2. Midi station and voice control of Zigbee devices without internet. Development history [Electronic resource] // <https://habr.com/ru/companies/yandex/articles/774212/> (date of application 01.21.2024)
  3. How we rethought smart home scenarios for Zigbee devices [Electronic resource] // [https://habr.com/ru/companies/yandex/articles/729554](https://habr.com/ru/companies/yandex/articles/729554/) (date of application 01.21.2024)
  4. A comprehensive solution for all intelligent devices [Electronic resource] // <https://csa-iot.org/all-solutions/zigbee/> (accessed 23.01.2024)
  5. ZigBee - why you need it in a smart home. [Electronic resource] // <https://dzen.ru/a/XIOFMJXtXAWts3ul> (date of application 25.01.2024)
-





Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.4

## ЛУКОВАЯ МАРШРУТИЗАЦИЯ В БРАУЗЕРЕ «TOR»

Фурер О.В., <sup>1</sup>Якупов Д.О.

ФГБОУ ВО "ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ", Самара, Россия (443010, Самарская область, город Самара, ул. Льва Толстого, д.23 ), e-mail: <sup>1</sup>d.yakupov@psuti.ru

Научная статья рассматривает технологию луковой маршрутизации, применяемую в TOR браузере для анонимизации user-сессии и обхода интернет-цензуры. Благодаря этой системе веб-трафик проходит через несколько маршрутизаторов, которые шифруют и расшифровывают передаваемую информацию на различных этапах, делая невозможным отслеживание источника, IP-адреса назначения и содержания переданных данных. Статья также освещает активные меры по предотвращению использования TOR браузера, включая запрет на его скачивание и распространение, блокировку встроенных в браузер адресов и VPN-сервисов, а также ограничение доступа к определенной доменной зоне. Акцентируется внимание на методах деанонимизации пользователей TOR браузера, из которых наиболее эффективным для массового сбора информации является активная система сбора данных или так называемый фингерпринтинг. В завершение делается вывод о возможной уязвимости TOR браузера перед методами деанонимизации, отражающим неспособность пользователей полностью скрыть свои действия в интернете. Луковая маршрутизация является технологией защищенного обмена блоками данных, сохраняющей анонимность пользователя, через компьютерные сети. Сообщения шифруются и передаются через несколько сетевых узлов, которые называются луковыми маршрутизаторами. На каждом этапе расшифровывания сетевой узел удаляет слой шифрования полученных данных, чтобы получить трассировочные инструкции и отправить информацию на следующий сетевой узел. Таким образом, промежуточные узлы не знают источник, IP-адрес назначения и содержание переданных данных.

Ключевые слова: Луковая маршрутизация, TOR браузер, анонимизация, цензура в интернете, блокировка TOR, деанонимизация пользователей, фингерпринтинг.

## ONION ROUTING IN THE TOR BROWSER

Furer O.V. <sup>1</sup>Yakupov D.O.

VOLGA REGION STATE UNIVERSITY OF TELECOMMUNICATIONS AND INFORMATICS, Samara, Russia (443010, Samara, Leo Tolstoy St., 23), e-mail: <sup>1</sup>d.yakupov@psuti.ru

The research paper explores the onion routing technology used in the TOR browser for user session anonymization and circumvention of Internet censorship. This system allows web traffic to pass through several routers that encrypt and decrypt the transmitted information at various stages, rendering it impossible to track the source, destination IP address, and content of the transmitted data. The article also covers active measures to prevent the use of the TOR browser, including a ban on its download and distribution, blocking addresses built into the browser and VPN services, and restricting access to a specific domain zone. Focus is made on methods of de-anonymizing TOR browser users, with the most effective way of mass information collection being an active data collection system or so-called fingerprinting. In conclusion, the paper theorizes on the potential vulnerability of the TOR browser to de-anonymization methods, reflecting users' inability to fully conceal their online activities. Onion routing is a secure data block exchange technology that preserves user anonymity via computer networks. Messages are encrypted and passed through several network nodes, known as 'onion routers'. At each decryption

stage, the network node removes a layer of encryption from the received data to obtain trace instructions and forward the information to the next network node. Hence, intermediate nodes do not know the source, destination IP address, and content of the transmitted data.

Keywords: Onion routing, TOR browser, anonymization, internet censorship, TOR blocking, user de-anonymization, fingerprinting.

## Введение

«Tor» или The Onion Router – это веб-браузер, который анонимизирует веб-трафик с помощью луковой маршрутизации, позволяя пользователю легко защитить личность в сети Интернет. Тор-браузер является самым популярным методом обхода цензуры после VPN-сервисов. Он дает возможность каждому пользователю заходить на заблокированные и запрещенные во многих странах сайты за счёт использования распределённой сети серверов. Этот функционал отсутствует у популярных веб-браузеров, таких как Google Chrome, Microsoft Edge и Opera. Такое «преимущество» делает веб-браузер Tor незаконным в некоторых странах. В списках методов и технологий обхода цензуры в интернете значительную роль играет Тор-браузер. Рассмотрим несколько вариантов блокировки Тор-браузера [1].

## Принципы работы Тор-браузера

*Запрет на скачивание и распространение Тор-браузера.* Активная блокировка доступа к сайтам для скачивания программы-установщика и разработка поддельных «сайтов зеркал» для скачивания веб-браузера TOR, и распространения версии веб-браузера без функции анонимизации веб-трафика.

*Запрет адресов, вшитых в браузер.* Для первого выхода в интернет Тор-браузеру необходимы специальные bridge-relay, которые указаны в настройках браузера, заблокировав их, использование Тор-браузера будет заблокировано (Рисунок 1).

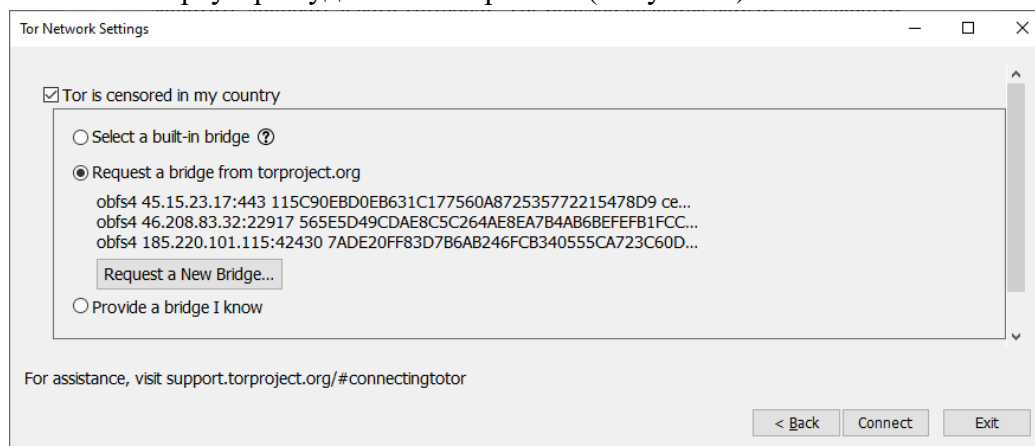


Рисунок 1 – Запрос моста для соединения

*Запрет VPN (Virtual Private Network).* Существует множество VPN-технологий, позволяющих шифровать трафик и полностью анонимизировать прибывание в сети Интернет с отвязкой от регионального расположения. Блокирование назначенных узлов, портов и IP-адресов, выходных серверов устранил возможность VPN-доступа к сети для пользователя.

*Блокирование входных узлов.* У веб-браузера TOR есть 2 типа узлов: публичные и непубличные, имеющие свой IP-адрес. Большинство пользователей браузера используют публичные узлы для доступа в сеть Интернет. Так как IP-адреса публичных узлов находятся в

общем доступе, можно ограничить большинству пользователей доступ к браузеру, заблокировав IP-адреса узлов.

*Блокировка в псевдо-доменной зоне «.onion».* Псевдо-домен «.onion» верхнего уровня, схожий по функционалу с доменами «.bitnet» и «.ииср», которые использовались ранее, разработанный для обеспечения доступа к анонимным или псевдо-анонимным адресам сети Tor.

Данный адрес не является полноценными записями DNS, а также их информация не хранится в корневых серверах DNS-северов, но при установке дополнительного программного обеспечения, программы, подобные браузерам, получают доступ к сайтам в доменной зоне .onion, посылая запрос через сеть Тор-серверов. Отправка IP-адреса сайтов в псевдо-доменной зоне .onion в черный список и закрытие доступа является эффективным способом борьбы с луковой маршрутизацией [2].

*Блокировка публичных IP-адресов Tor.* Существует большое количество сайтов, которые пользуются технологией SSL-сертификатов. Если пользователь неправильно настроил скрытую службу (hidden service) — она будет уязвима для вычисления публичного IP-адреса.

*Атака «DefecTor».* Основной целью данной атаки являются DNS-запросы. Данный метод работает в паре с корреляционной атакой, выполняя мониторинг маршрута делегирования для FQDN («Fully Qualified Domain Name»), а затем использовать «traceroute» для всех DNS-серверов (Рисунок 2).

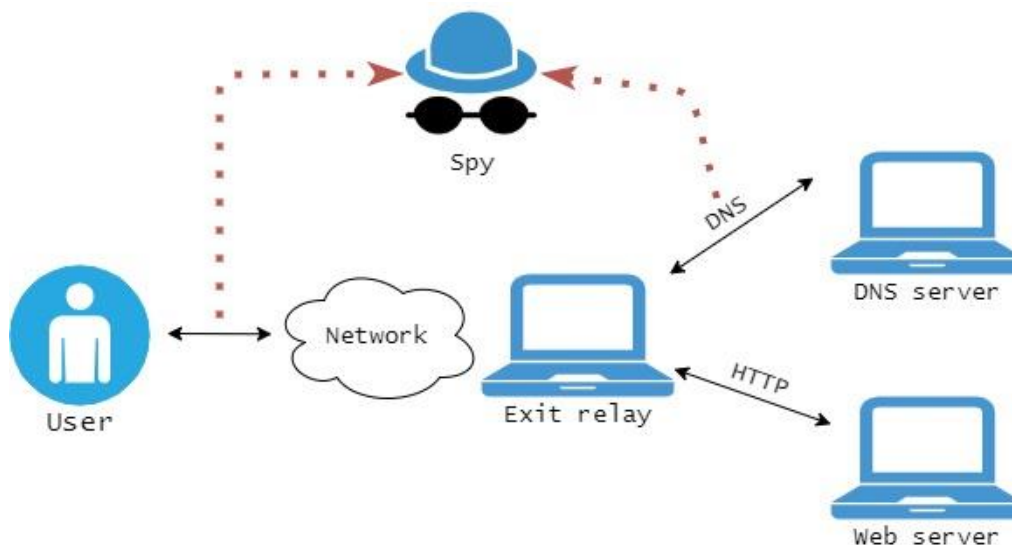


Рисунок 2 – Схема работы «DefecTor».

*Атаки на клиентскую часть.* У атаки на канал связи между Тор-клиентом и сервером есть возможность анализировать NetFlow-записи на роутерах, которые являются узлами Тор. В NetFlow-записи содержится информация, которая частично деанонимизирует пользователя:

- порт и адрес источника;
- номер протокола, инкапсулируемого в IP;
- значение ToS;
- номер версии протокола;
- номер записи;
- сетевой интерфейс;

- время потока;
- количество блоков данных в потоке;
- IP- адрес default gateway;
- маски подсети.

*Атаки на соединение.* Атаки на выходные узлы Tor, которые служат последним элементом в расшифровке трафика и являются конечной точкой трафика, которая может стать каналом для утечки информации

Создание сконфигурированной exit-ноды, которая сможет собрать существующие и важные onion-ресурсы.

Для того чтобы создать историю недавно посещенных onion-ресурсов, данный узел перехватывает пакеты HTTP/HTTPS-протоколов пользователя, которые обеспечивают конфиденциальность обмена информацией между сайтом и компьютером пользователя. Безопасность данных создается благодаря использованию криптографических протоколов SSL/TLS, имеющих 3 уровня защиты [3]:

1. Шифрование информации для защиты от перехвата.
2. Фиксирование изменения информации.
3. Проверка подлинности информации.

После фильтрации HTTP-пакетов они могут содержать информацию о посещенных ранее сайтах и других действиях пользователя. Однако данная система «сниффинга» не позволяет провести полную деанонимизацию Tor-пользователя, потому что атакующий получает не достаточно данных. Чтобы полностью деанонимизировать Tor-пользователя необходимо подтолкнуть его отдать какие-либо данные, которые смогут деанонимизировать его.

*MITM-атака.* Внедрение в веб-страницы JavaScript-кода и сбор уникальных отпечатков посетителей сайта с помощью уязвимостей в XSS и поднятия doorway (Рисунок 3).

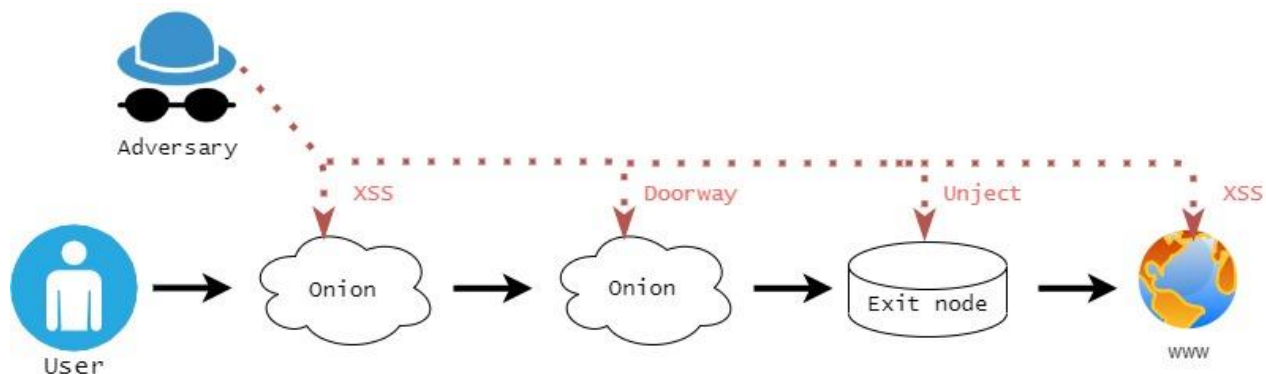


Рисунок 3 – Схема работы MITM-атаки.

*Активная система сбора данных.* Фингерпринтинг Tor-пользователя или и CBF (Cross-Browser Fingerprinting), то есть кросс-браузерный фингерпринтинг. Данная система считывает характеристики компьютера пользователя, которые проявляют себя независимо от версии браузера при рендеринге и обработке графики. Система замеряет время выполнения графических и системных операций и использует собранную информацию для создания профиля ПК. Информация по которой можно собрать данные о пользователе [4-5]:

Для Tor-браузера:

- разрешение экрана;
- AudioContext;
- список шрифтов.

Для популярных браузеров без «луковой маршрутизации»:

- количество ядер процессора;
- линии, кривые и антиалиасинг;
- Vertex Shader;
- прозрачность в альфа-канале;
- установленные письменности;
- моделирование;
- освещение и построение теней;
- отсечение плоскостей.

Все данные в сочетании позволяют скомпоновать профиль конкретного компьютера. В примере перечислены надежность и энтропия кросс-браузерного метода, которую обеспечивает каждый метод для Тор-браузера (Таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ Single-Browser и Cross-Browser

	Single-Browser	Cross-Browser	
Информация	энтропия	энтропия	надёжность
Разрешение экрана	1.40	0.98	97.57%
AudioContext	1.87	1.02	97.48%
Список шрифтов	10.40	6.58	96.52%

### Вывод

Таким образом, рассмотрев наиболее популярные методы деанонизации для луковых сетей, самым эффективным для массового сбора информации о пользователях является активная система сбора данных, которая составляет цифровой отпечаток на основе информации ЭВМ. Полученные результаты показали энтропию 10.40 для списка шрифтов в режиме Single-Browser и 6.58 в режиме Cross-Browser, что является уязвимостью и в совокупности с другой собранной информацией о ЭВМ дает возможность раскрыть личность пользователя. Можно заключить, что с помощью методов деанонизации Тор-браузера пользователи лишаются возможности полностью скрыть свои действия в сети интернет.

### Список литературы

1. Как работает Тор и луковая маршрутизация, Dr.Web" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [drweb.ru/pravda/issue/number=1237](http://drweb.ru/pravda/issue/number=1237)
2. Что такое луковая маршрутизация? База знаний DDoS-Guard [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [ddos-guard.net/ru/terms/technologies/onion-routing](http://ddos-guard.net/ru/terms/technologies/onion-routing)
3. Тор и VPN: что безопаснее и надежнее в 2024 году? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [ru.vpnmentor.com/blog/tor-%D0%B8-vpn-%D1](http://ru.vpnmentor.com/blog/tor-%D0%B8-vpn-%D1)

4. Tor Browser, Dark Web, & Function Britannica [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [britannica.com/technology/Tor-encryption-network](https://britannica.com/technology/Tor-encryption-network)
5. Как работает Tor/Хабр–Habr [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [habr.com/ru/articles/357128](https://habr.com/ru/articles/357128)

## References

1. How Tor and onion routing works, Dr.Web" [Electronic resource]. – Access mode: [drweb.ru/pravda/issue/number=1237](https://drweb.ru/pravda/issue/number=1237)
  2. What is onion routing? DDoS-Guard knowledge base [Electronic resource]. – Access mode: [ddos-guard.net/ru/terms/technologies/onion-routing](https://ddos-guard.net/ru/terms/technologies/onion-routing)
  3. Tor and VPN: what is safer and more reliable in 2024? [electronic resource]. – Access mode: [ru.vpnmentor.com/blog/tor-%D0%B8-vpn-%D1](https://ru.vpnmentor.com/blog/tor-%D0%B8-vpn-%D1)
  4. Tor Browser, Dark Web, & Function Britannica [Electronic resource]. – Access mode: [britannica.com/technology/Tor-encryption-network](https://britannica.com/technology/Tor-encryption-network)
  5. How Tor/Habr–Habr works [Electronic resource]. – Access mode: [habr.com/ru/articles/357128](https://habr.com/ru/articles/357128)
-





Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.89

## ОПТИМИЗАЦИЯ БЫСТРОРЕАГИРУЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА (QRM) ЧЕРЕЗ ЦИФРОВЫЕ ИННОВАЦИИ: ИНТЕГРАЦИЯ QRM С ИИ И АНАЛИЗОМ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

<sup>1</sup>Апаков А.А., Павлов Б.П.

ФГБОУ ВО "КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.Н. ТУПОЛЕВА-КАИ", Казань, Россия (420111, Республика Татарстан, город Казань, ул. Карла Маркса, д. 10), e-mail: <sup>1</sup> Kzn87@list.ru

В этой статье рассматривается интеграция искусственного интеллекта (ИИ) и больших данных в концепцию быстрореагирующего производства (QRM) как средство повышения эффективности и адаптивности производственных процессов. Она охватывает анализ текущего состояния QRM, возможности интеграции ИИ и больших данных, а также исследует реальные примеры из автомобилестроения, электроники и фармацевтики. Статья также обсуждает потенциальные проблемы и вызовы, связанные с этой интеграцией, и предлагает стратегии для их преодоления.

Ключевые слова: Быстрореагирующее производство, искусственный интеллект, большие данные, производственные процессы, цифровые инновации, интеграция технологий, промышленная эффективность.

## THE TITLE OF THE ARTICLE: OPTIMIZING FAST-RESPONSE MANUFACTURING (QRM) THROUGH DIGITAL INNOVATION: QRM INTEGRATION WITH AI AND BIG DATA ANALYSIS

<sup>1</sup>Apakov A.A., Pavlov B.P.

KAZAN NATIONAL RESEARCH TECHNICAL UNIVERSITY. A.N. TUPOLEV-KAI", Kazan, Russia (420111, Republic of Tatarstan, Kazan, Karl Marx st., 10), e-mail: <sup>1</sup> Kzn87@list.ru

This article discusses the integration of artificial intelligence (AI) and big data into the concept of rapid-reaction manufacturing (QRM) as a means of increasing the efficiency and adaptability of production processes. It covers the analysis of the current state of QRM, the possibilities of integrating AI and big data, as well as explores real-world examples from the automotive, electronics and pharmaceuticals industries. The article also discusses the potential problems and challenges associated with this integration and suggests strategies to overcome them.

Keywords: Fast-reacting production, artificial intelligence, big data, production processes, digital innovation, technology integration, industrial efficiency.

### Введение

В современном динамичном мире производства, где рыночные условия непрерывно меняются, быстрореагирующее производство (QRM) становится ключевым фактором успеха многих предприятий [1]. QRM, ориентированное на сокращение времени производства и реагирования на рыночные требования, теперь сталкивается с новым вызовом и возможностью: интеграцией с передовыми технологиями, такими как искусственный



интеллект (ИИ) и анализ больших данных. Эти технологии обещают радикально трансформировать подходы к управлению производственными процессами, предлагая новые уровни оптимизации и эффективности.

Несмотря на большую важность концепции быстрореагирующего производства (QRM) в промышленности, академическая литература по-прежнему исследует потенциал и практическое применение современных цифровых технологий в рамках этой концепции. Существующие исследования часто фокусируются на отдельных аспектах QRM [2] или ИИ и больших данных [9], оставляя простор для более глубокого и интегрированного анализа. Эта статья стремится заполнить этот пробел, исследуя, как интеграция ИИ и больших данных может усилить и расширить принципы концепции быстрореагирующего производства, способствуя более эффективному и адаптивному производственному процессу.

Целью данного исследования является оценка влияния ИИ и анализа больших данных на ключевые аспекты концепции быстрореагирующего производства (QRM), включая сокращение времени производственных циклов, повышение гибкости производственных линий и улучшение качества управленческих решений. Через симбиоз теоретического анализа и практических исследований, данное исследование не только выявляет потенциал интеграции ИИ и больших данных в QRM, но и представляет эмпирически подтвержденные результаты, указывающие на значительное повышение производственной эффективности и ускорение процесса принятия решений на производстве.

### **Текущее состояние QRM и его роль в современном производстве**

Концепция быстрореагирующего производства (QRM) сегодня является ключевым элементом в управлении производственными процессами, особенно в условиях постоянно меняющегося рынка. QRM фокусируется на сокращении времени производственных циклов, что способствует повышению гибкости и оперативности предприятий. С учетом того, что современные рынки характеризуются высокой степенью непредсказуемости и изменчивости спроса, принципы QRM помогают компаниям быстрее адаптироваться к изменениям, сокращая время от разработки продукта до его поступления на рынок [10].

Важность QRM в современном производстве также заключается в его способности интегрировать различные аспекты производственной цепочки, от снабжения до производства и распределения. Это обеспечивает более эффективное взаимодействие между отделами и, как следствие, ускоряет процесс принятия решений и улучшает общую эффективность производства [5].

Современные технологии, такие как ИИ и анализ больших данных, начинают играть все более значимую роль в оптимизации QRM. Они предлагают новые возможности для анализа и обработки информации, что способствует более точному прогнозированию и планированию, а также помогает идентифицировать и устранять узкие места в производственных процессах.

Таким образом, текущее состояние QRM в производстве характеризуется постоянным развитием и адаптацией к новым технологическим трендам, что делает его неотъемлемым компонентом современной производственной стратегии.

### **Анализ возможностей, как ИИ и большие данные могут быть интегрированы в QRM для повышения эффективности**

Интеграция искусственного интеллекта (ИИ) и больших данных в концепцию быстрореагирующего производства (QRM) открывает новые горизонты для повышения эффективности производственных процессов. ИИ и большие данные могут значительно улучшить способность QRM адаптироваться к изменениям рыночных условий и потребностей клиентов [8].

Таблица 1 – Возможности интеграции ИИ и больших данных в QRM

Анализ данных и прогнозирование		ИИ и большие данные позволяют проводить более глубокий анализ производственных данных, что способствует точному прогнозированию трендов и спроса. Это помогает оптимизировать запасы и уменьшать время простоя
Автоматизация и принятие решений		ИИ может автоматизировать рутинные задачи и помочь в принятии более обоснованных решений. Это ускоряет процесс принятия решений и повышает общую реактивность системы QRM
Идентификация узких мест		Алгоритмы ИИ могут анализировать большие объемы данных для выявления и устранения узких мест в производственных процессах, что напрямую влияет на уменьшение времени цикла и повышение эффективности
Персонализация продукта		Использование данных о клиентах и машинного обучения может привести к более персонализированному производству, соответствующему индивидуальным потребностям клиентов, что является ключевым аспектом современного QRM

Эти аспекты демонстрируют, как интеграция ИИ и больших данных может радикально трансформировать и улучшить принципы QRM, делая производство более адаптивным и эффективным в ответ на быстро меняющиеся рыночные условия [5].

### **Примеры успешной интеграции и их влияние на производственные процессы**

Отрасль компании: Автомобильные запчасти и комплектующие

В одной из российских компаний по производству автомобильных запчастей и комплектующих интеграция ИИ в QRM позволила оптимизировать логистические цепочки, сократив время на планирование и управление запасами [13]. Использование алгоритмов машинного обучения для анализа данных о спросе и поставках привело к более точному прогнозированию и снижению издержек.

Отрасль компании: Электроника

Российский производитель электроники интегрировал анализ больших данных в свою систему QRM, что позволило лучше понимать потребности клиентов и более эффективно управлять производственными процессами [14]. Это привело к сокращению времени разработки новых продуктов и ускорению их вывода на рынок.

Отрасль компании: Фармацевтика

Российская фармацевтическая компания использовала ИИ для анализа клинических данных в рамках своего производственного процесса, что ускорило процесс разработки новых лекарств [15]. Интеграция данных клинических испытаний с помощью ИИ в QRM обеспечила более быстрое принятие решений и повышение эффективности производства.

Эти примеры показывают потенциальное влияние интеграции ИИ и больших данных в QRM на различные отрасли промышленности, подчеркивая улучшение эффективности и адаптивности производственных процессов.

### **Углубленный анализ преимуществ, таких как сокращение времени циклов, повышение гибкости и реактивности**

Внедрение ИИ и больших данных в QRM значительно улучшает производственные процессы. Рассматривая углубленный анализ и расчеты преимуществ, можно выделить определенные закономерности.

**Сокращение времени циклов:** если среднее время производственного цикла компании составляет 30 дней, то интеграция ИИ для оптимизации планирования и управления ресурсами может сократить это время на 15-20%. Это означает, что время цикла может быть сокращено до 24-25 дней. Годовая экономия времени составит примерно 60-72 дня, что увеличивает производственную мощность и сокращает время выхода на рынок.

**Повышение гибкости:** если изменение производственной линии требует 5 дней, то интеграция и использование алгоритмов ИИ для адаптации и перенастройки производственных линий может сократить это время до 2 дней. Это увеличивает гибкость производства, позволяя быстрее реагировать на изменения спроса и рыночные требования.

**Повышение реактивности:** если время реакции на изменение спроса составляет 10 дней, то интеграция и использование ИИ для анализа рыночных данных и больших данных позволяет сократить это время до 1-2 дней. Более быстрая реакция на спрос повышает удовлетворенность клиентов и улучшает рыночное положение компании.

**Оптимизация процессов:** если анализ данных о производственных процессах занимает 10 часов вручную, то использование ИИ для автоматизации этого процесса может сократить время анализа до 1 часа. Это обеспечивает быстрое выявление и устранение узких мест, улучшая производительность на 10%.

**Анализ больших данных для прогнозирования спроса:** если стандартные методы прогнозирования дают 75% точность, то использование алгоритмов машинного обучения для

анализа больших данных повышает точность прогноза до 90%. Это уменьшает перепроизводство и недопроизводство, снижая издержки на 15% [16].

### **Обзор технологий ИИ и анализа больших данных, применяемых в QRM**

Технологии машинного Обучения в QRM.

Применение различных видов машинного обучения в QRM позволяет более точно анализировать производственные данные, оптимизировать операции и прогнозировать потенциальные неполадки, что приводит к сокращению времени производственных циклов и повышению гибкости.

Использование больших данных (Big Data).

Сбор и анализ больших данных дают возможность более эффективно управлять ресурсами, понимать потребительские тренды и оптимизировать логистические процессы. Автоматизация с помощью ИИ обеспечивает более быстрое принятие решений, сокращая время реакции на рыночные изменения и уменьшая человеческие ошибки.

Адаптивное производство.

ИИ также способствует созданию гибких и адаптивных производственных систем, способных эффективно реагировать на динамические рыночные условия. Облачные технологии усиливают эффект от интеграции ИИ и больших данных, обеспечивая централизованное хранение и доступ к данным, что улучшает совместную работу и оперативность производства.

Интеграция с облачными технологиями.

Интеграция облачных технологий в QRM с ИИ и большими данными открывает новые горизонты для эффективности и синергии. Облачные платформы предоставляют централизованное хранение и обработку данных, что улучшает доступность и управление информацией. Это позволяет быстро обмениваться данными между различными отделами и локациями, ускоряя процесс принятия решений [12].

Таким образом, ИИ и большие данные становятся неотъемлемой частью QRM, значительно улучшая его способность к быстрой и эффективной адаптации к изменяющимся требованиям производства и рынка.

### **Потенциальные проблемы и вызовы при интеграции ИИ и больших данных в QRM и стратегии решения этих проблем**

Интеграция ИИ и больших данных в концепцию быстрореагирующего производства сопряжена с рядом потенциальных проблем и вызовов.

Безопасность данных и конфиденциальность: с увеличением объема собираемых данных возрастает риск нарушений безопасности и утечек информации. Необходимо внедрять усиленные меры безопасности и шифрования для защиты данных.

Сложность интеграции: слияние ИИ и больших данных с существующими концепциями быстрореагирующего производства может быть технически сложным. Требуется компетентность в области IT и ресурсы для обеспечения мягкой интеграции [7].

Сопротивление изменениям: сотрудники могут сопротивляться новым технологиям. Важно проводить обучение и демонстрировать преимущества нововведений для повышения их принятия [17].

#### Примеры из практики:

Компания, занимающаяся производством автомобильных запчастей и компонентов из примера в разделе «Примеры успешной интеграции и их влияние на производственные процессы», столкнулась с проблемой интеграции ИИ в существующую концепцию быстрореагирующего производства на основной производственной линии автокомпонентов, что требовало значительных инвестиций в обучение и разработку. Решение было найдено в создании межотделовых команд (ячеек) для мягкой интеграции и оптимизации процессов. Основу составлял отдел IT-разработки, который был направляющим звеном для административного персонала и непосредственно рабочих на производстве, которые обучились работе с ИИ-системами для ускорения реагирования на нештатные ситуации в производстве и сократили время на устранение возникающих на производстве неполадок на 50% [6].

Компания-производитель электроники столкнулась с проблемой защиты данных при использовании облачных решений для анализа больших данных. Внедрение усиленных протоколов безопасности и постоянный мониторинг утечек данных помогли решить эту проблему.

В фармацевтической компании сопротивление изменениям преодолевалось через серию обучающих семинаров, демонстрирующих преимущества интеграции ИИ и больших данных в ускорении разработки лекарственных средств, что привело к повышению производственной эффективности в разработке основного лекарства, производимого компанией, на 30% [4].

#### **Результаты интеграции ИИ и больших данных в концепцию быстрореагирующего производства**

После интеграции ИИ в процессы QRM, компания по производству автозапчастей и компонентов отметила сокращение времени разработки новых моделей на 20%. Использование предиктивно-аналитической системы улучшило управление запасами, снизив издержки на 15%. Также наблюдалось увеличение гибкости производственных линий, позволяя компании быстрее адаптироваться к изменениям спроса.

Компания, производящая электронные устройства, внедрила алгоритмы машинного обучения для оптимизации своих производственных линий. В результате, время сборки продукции уменьшилось на 25%, а точность прогнозирования спроса увеличилась, что привело к сокращению излишек на складах на 30%.

Фармацевтическая компания применила ИИ для анализа данных клинических испытаний, что ускорило процесс разработки новых лекарств на 40%. Аналитика больших данных помогла в идентификации потенциальных терапевтических целей, сокращая время и стоимость исследований.

Эти результаты показывают, как интеграция ИИ и больших данных может повысить эффективность и адаптивность в различных сферах промышленности, способствуя снижению затрат и ускорению производственных процессов [11].

#### **Выводы**

Интеграция ИИ и больших данных в концепцию быстрореагирующего производства – это огромный шаг в улучшении производственных процессов в различных отраслях

промышленности. Она не только ускоряет производственные циклы и повышает гибкость и реактивность, но и приводит к снижению издержек и повышению качества продукции. Однако, важно также учитывать потенциальные вызовы, такие как сложность интеграции и обработки данных. Спешная интеграция ИИ и больших данных в QRM требует комплексного подхода, включающего технические инновации, обучение персонала и непрерывное улучшение процессов. Также важно обеспечить защиту данных и управление рисками. В перспективе, эта интеграция открывает путь к более интеллектуальному и автоматизированному производству, адаптированному к требованиям быстро меняющегося мира.

### Список литературы

1. Сури Р. Время – деньги. Конкурентное преимущество быстрореагирующего производства / пер. с англ. В.В. Делюхина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 326 с.
2. Мамонов В.И., Полуэктов В.Я., Якутин Е.М. Некоторые аспекты концепции быстрореагирующего производства // Сибирская финансовая школа. – 2014. - №5 (106). – С. 49-52.
3. Клочков В.В., Вдовенков В.А. Проблема обеспечения производства авиационной техники «Точно в срок» и концепция «Быстрореагирующего производства» // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16, №1 (5). – С.1418-1425.
4. Инновационный менеджмент. Многоуровневые концепции, стратегии и механизмы инновационного развития: учебное пособие / Под ред. В.М. Аньшина. М.: Дело, 2006.
5. С.В. Матюшевская. Метод Quick Response Manufacturing, как один из перспективных методов управления конкурентоспособностью предприятия, отвечающий потребностям современного, динамично развивающегося рынка // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения, февраль 2014.
6. А.В. Филиппов. Магия QRM или «Время – не деньги, а очень большие деньги» // Портал «Управление производством», интервью с А.Е. Лузиным и С.И. Ляпуновым, сентябрь 2013.
7. Эдвардс Деминг. Выход из кризиса. Новая парадигма управления людьми, системами и процессами / Эдвардс Деминг; пер. с англ. – 6-е изд. – М.: Альпина Паблишер, 2014.
8. Абашева О.Ю., Амирова Э.Ф., Беляева С.В. и др. Цифровая экономика и сквозные цифровые технологии: современные вызовы и перспективы экономического, социального и культурного развития / Под ред. И.А. Бондаренко, А.Н. Полетайкина. Самра: ООО НИЦ «ПНК», 2020. – 297 с.
9. Орешина М.Н. Применение искусственного интеллекта в инновационной деятельности промышленных предприятий // E-Management. – 2021. -Т. 4, №1. -С. 29-37.
10. What Are the Fundamentals of Quick Response Manufacturing? [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.thebalance.com/quick-response-manufacturing-qrm-2221224> (дата обращения 29.01.2024)
11. Dentions: AI in 2023: Key trends and developments [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.dentions.com/en/insights/articles/2023/january/20/ai-in-2023-key-trends-and-developments/> (дата обращения 30.01.2024)

12. Будущее искусственного интеллекта в России [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://cnews.ru/articles/2019-10-02\\_budushchee\\_iskusstvennogo\\_intellekta](https://cnews.ru/articles/2019-10-02_budushchee_iskusstvennogo_intellekta) (дата обращения 30.01.2024)
13. Новая реальность рынка автокомпонентов. Международный автомобильный форум MIMS Automechanika [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://automediapro.ru/novaya-relanost-rynka-avtokomponentov/> (дата обращения: 28.01.2024)
14. Рынок оптоэлектроники – рост, тенденции, влияние Covid-19 и прогнозы (2023-2028 гг.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.cnews.ru/articles/2019-10-02\\_budushchee\\_iskusstvennogo\\_intellekta](https://www.cnews.ru/articles/2019-10-02_budushchee_iskusstvennogo_intellekta) (дата обращения 28.01.2024)
15. Медленно, но уверенно: Производство субстанций лекарственных средств в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fcpfarma.ru/doc.aspx?DocId=763> (дата обращения 28.01.2024)
16. What is QRM? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://qrm.engr.wisc.edu/what-is-qrm/> (дата обращения 30.01.2024)
17. Quik Response Manufacturing VS Lean Manufacturing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://qrminstitute.org/quick-response-manufacturing-vs-lean-manufacturing> (дата обращения 30.01.2024)

## References

1. Suri R. Time is Money. The Competitive Advantage of Quick Response Manufacturing / transl. by V.V. Delyukhin. - Moscow: BINOM. Knowledge Laboratory, 2015. - p.326
2. Mamonov V.I., Poluektov V.Ya., Yakutin E.M. Some aspects of the concept of quick response manufacturing // Siberian Financial School. - 2014. - No. 5 (106). - pp. 49-52.
3. Klochkov V.V., Vdovenkov V.A. The problem of ensuring the production of aviation equipment "Just in Time" and the concept of "Quick Response Manufacturing" // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. - 2014. - Vol. 16, No. 1 (5). - pp. 1418-1425.
4. Innovative Management. Multilevel Concepts, Strategies, and Mechanisms of Innovative Development: textbook / Ed. by V.M. Anshin. Moscow: Delo, 2006.
5. Matyushevskaya S.V. The Quick Response Manufacturing method, as one of the promising methods of enterprise competitiveness management, meeting the needs of the modern, dynamically developing market // Modern science: current problems and ways of their solution, February 2014.
6. Philippov A.V. The Magic of QRM or "Time - not money, but very big money" // Production Management Portal, interview with A.E. Luzin and S.I. Lyapunov, September 2013.
7. Edwards Deming. Out of the Crisis. A New Paradigm of Managing People, Systems, and Processes / Edwards Deming; transl. from English. - 6th ed. - Moscow: Alpina Publisher, 2014.
8. Abasheva O.Yu., Amirova E.F., Belyaeva S.V. et al. Digital Economy and End-to-End Digital Technologies: Modern Challenges and Prospects for Economic, Social, and Cultural Development / Ed. by I.A. Bondarenko, A.N. Poletaykin. Samra: LLC NIC "PNK", 2020. - p.297



9. Oreshina M.N. Application of artificial intelligence in the innovative activity of industrial enterprises // E-Management. – 2021. - Vol. 4, No. 1. - pp.. 29-37.
  10. What Are the Fundamentals of Quick Response Manufacturing? [Electronic resource] Access mode: <https://www.thebalance.com/quick-response-manufacturing-qrm-2221224> (accessed 29.01.2024)
  11. Dentions: AI in 2023: Key trends and developments [Electronic resource] Access mode: <https://www.dentions.com/en/insights/articles/2023/january/20/ai-in-2023-key-trends-and-developments/> (accessed 30.01.2024)
  12. The future of artificial intelligence in Russia [Electronic resource] Access mode: [https://cnews.ru/articles/2019-10-02\\_budushchee\\_iskusstvennogo\\_intellekta](https://cnews.ru/articles/2019-10-02_budushchee_iskusstvennogo_intellekta) (accessed 30.01.2024)
  13. The New Reality of the Auto Components Market. International Automotive Forum MIMS Automechanika [Electronic resource]. Access mode: <https://automediapro.ru/novaya-relanost-rynka-avtokomponentov/> (accessed: 28.01.2024)
  14. Optoelectronics Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2023-2028) [Electronic resource]. – Access mode: [https://www.cnews.ru/articles/2019-10-02\\_budushchee\\_iskusstvennogo\\_intellekta](https://www.cnews.ru/articles/2019-10-02_budushchee_iskusstvennogo_intellekta) (accessed 28.01.2024)
  15. Slowly but Surely: Production of Pharmaceutical Substances in Russia [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.fcpfarma.ru/doc.aspx?DocId=763> (accessed 28.01.2024)
  16. What is QRM? [Electronic resource]. – Access mode: <https://qrm.engr.wisc.edu/what-is-qrm/> (accessed 30.01.2024)
  17. Quick Response Manufacturing VS Lean Manufacturing [Electronic resource]. – Access mode: <https://qrminstitute.org/quick-response-manufacturing-vs-lean-manufacturing> (accessed 30.01.2024)
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.418

## ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ВНЕДРЕНИЯ ERP-СИСТЕМЫ В ОРГАНИЗАЦИИ

**Муллахметова К.Р.**

*ФГБОУ ВО "КАЛУЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО", Калуга, Россия (248023, Калужская область, город Калуга, ул. Степана Разина, д.26), e-mail: karinamullahmetova9179@gmail.com*

**В статье рассматриваются основные этапы внедрения ERP-системы на предприятии. Внедрение ERP-системы — это сложная задача, включающая множество изменений процессов и решение ряда проблем. Организациям необходима стратегия внедрения, охватывающая как этапы подготовки к внедрению, так и этапы реализации.**

Ключевые слова: ERP-система, бизнес-процесс, интеграция, методология, модуль, поток данных, алгоритм, стратегия, программное обеспечение.

## MAIN STAGES OF IMPLEMENTING AN ERP SYSTEM IN THE ORGANIZATION

**Mullahmetova K.R.**

*KALUGA STATE UNIVERSITY. K.E. TSIOLKOVSKY", Kaluga, Russia (248023, Kaluga region, Kaluga city, Stepana Razina st., 26), e-mail: karinamullahmetova9179@gmail.com*

**The article discusses the main stages of implementing an ERP system in an enterprise. Implementing an ERP system is a complex task involving many process changes and solving a number of problems. Organizations need an implementation strategy that covers both the stages of preparation for implementation and the stages of implementation.**

Keywords: ERP-system, business-process, integration, methodology, module, data flow, algorithm, strategy, software.

ERP (enterprise resource planning) — организационная стратегия интеграции производства и операций, управления трудовыми ресурсами, финансового менеджмента и управления активами, ориентированная на непрерывную балансировку и оптимизацию ресурсов предприятия посредством специализированного интегрированного пакета прикладного программного обеспечения, обеспечивающего общую модель данных и процессов для всех сфер деятельности.

Современные ERP-системы позволяют автоматизировать бизнес-процессы компании за счет разнообразия функциональности программных модулей, решать определенные задачи в зависимости от потребностей организации [1].

Преимущества внедрения ERP- системы:

1. Автоматизация.

В последние года многие предприятия внедрили когнитивные технологии (блокчейн, искусственный интеллект, облачные решения и т. д.). Таким образом они стремились

автоматизировать и оптимизировать бизнес-процессы. Интеграция с ERP-системами позволяет автоматизировать поток данных из одной системы в другую. Программное обеспечение для планирования ресурсов предприятия, интегрированное с другими бизнес-решениями, поможет забыть о ручном учете данных и неэффективном управлении ими.

#### 2. Точность данных.

Это преимущество важно в ситуациях, зависящих от времени. Предположим, ваш клиент отменил заказ. Если команда электронной коммерции не передает эту информацию команде управления запасами вовремя, сотрудники склада могут подготовить заказ к доставке, потратить время и ресурсы на упаковку и использовать неправильные данные заказа для планирования процесса пополнения запасов.

#### 3. Эффективность.

Интегрированная ERP-система сокращает ручную рабочую нагрузку и количество рутинных задач, которые сотрудники должны выполнять ежедневно. Это, в свою очередь, снижает вероятность ошибки, что приводит к повышению точности и эффективности работы. Ваша команда может использовать время, освободившееся в результате интеграции ERP-систем, для более продуктивной деятельности. Например, исследование новых ниш, улучшение маркетинговой стратегии, упрощение пути пользователя и т. д. [2]

#### 4. Оптимизированный рабочий процесс.

Данные, связанные с работой и бизнесом, будут централизованы в одной системе. Благодаря этим централизованным данным менеджеры предприятия получают четкое представление о том, как один процесс влияет на другой. Благодаря интеграции ERP-систем на предприятии появится эффективное межслужебное сотрудничество. Лучшие практики одного отдела могут быть успешно внедрены в другом отделе. Такие изменения окажут положительное влияние на общую эффективность бизнеса и удовлетворенность сотрудников.

#### 5. Четкое видение предприятия.

Наличие одного источника данных может помочь найти пробелы и узкие места, которые мешают эффективной работе всех бизнес-процессов.

Недостатки:

##### 1. Индивидуальное внедрение.

Исследования показывают, что почти 37% предприятий, использующих ERP-системы, нуждаются в значительной настройке программного обеспечения и индивидуальной интеграции.

##### 2. Совместимость с другими программными обеспечениями (ПО).

Многие существующие ERP-системы не совместимы с другими ПО, которые используются на предприятии.

Внедрение ERP может стать отличным поводом для оценки и оптимизации существующих бизнес-процессов, точек контроля, точек пересечения между отделами и взаимодействия с партнерами. Зачастую из-за сопротивления изменениям внедрение ERP воспринимается предприятиями как попытка автоматизировать устаревшие процессы, это может привести к небольшому улучшению основных бизнес-процессов. Автоматизация существующих ручных процессов, характерных для компании, требует значительной настройки исходного кода, поскольку даже наиболее подходящий продукт ERP соответствует максимум 85–90% устаревших процессов [4]. Настройка исходного кода потребует не только

изменения объектов программного обеспечения, но и изменения моделей данных. Усилия, необходимые для внесения таких изменений, значительны с точки зрения разработки, тестирования и документации. Будущие затраты на обслуживание и модернизацию будут значительными, что повлияет на весь жизненный цикл системы.

Выбор методологии реализации является важным компонентом стратегии реализации:

1. Методология: подход «большого взрыва», при котором в запланированный срок; вся система установлена по всей организации. Все пользователи переходят на новую систему, а поддержка ручных/старых систем прекращается. Внедрение происходит быстро, а цена ниже, чем при поэтапном внедрении. С другой стороны, элемент риска гораздо выше, и ресурсы для обучения, тестирования и поддержки необходимы на гораздо более высоком уровне, хотя и на более короткий период времени.

2. Методология: «поэтапное внедрение», при котором развертывание осуществляется в течение определенного периода. Этот метод менее целенаправленный, продолжительный и требует поддержания устаревшей системы в течение определенного периода времени. Однако поэтапное внедрение менее рискованно, дает пользователю время для ознакомления и сценарии отступления менее сложны. Существуют различные варианты поэтапного внедрения:

- поэтапное развертывание по регионам для компании с несколькими офисами;
- поэтапное развертывание по бизнес-подразделениям;
- поэтапное развертывание по модулям.

Как и любой другой проект, внедрение ERP проходит через различные взаимосвязанные этапы. Эти фазы могут быть последовательными, но иногда пересекаются. Обычно на каждом этапе есть критерии входа, которые необходимо выполнить до начала этапа. Фаза считается завершенной, когда достигнуты заранее определенные результаты [3].

Этапы внедрения ERP:

#### 1. Создание проекта.

Создание проекта будет включать в себя следующие мероприятия:

- Мобилизация.
- Формирование проектных команд.
- Детализация плана проекта и его тонкая настройка.

Для успешной реализации необходимы несколько видов навыков. Чтобы обеспечить наличие необходимых знаний для проекта, формируются различные команды, состоящие из представителей организации и поставщика.

Критерии входа:

- Проектная группа поставщиков на месте.
- Предварительно определена группа реализации организаций.

Практические результаты:

- План управления проектом.
- Документ стандартов проекта.
- Формирование совета проекта.
- Формирование Комитета по реализации проекта.
- Формирование команды Центра компетенций.

- Формирование команды ключевых пользователей.
- Доставка и установка стандартного приложения ERP.

## 2. Разработка процедуры.

На этом этапе ключевые пользователи и команда центра компетенции совместно с командой поставщиков сопоставляют существующие функциональные процессы с функциями, доступными в стандартном приложении ERP.

Процессы:

- Обнаружение пробелов.
- Обходная идентификация.
- Анализ организационного воздействия.

Практические результаты:

- Бизнес-модель через блок-схему.
- Документ спецификации индивидуального дизайна для выявленных модификаций.
- Проект Руководства по процедурам.
- План приемочных испытаний и данные.

## 3. Настройка прикладного программного обеспечения.

Этот этап включает разработку программы для всех модулей с использованием Спецификации индивидуального проектирования, модульное и системное тестирование всех модулей. Отдельные программы будут подвергнуты модульному тестированию на основе планов тестирования, разработанных поставщиком. Этот этап может быть осуществлен на шельфе.

Далее на этом этапе разработанное и протестированное прикладное программное обеспечение будет подвергнуто системному тестированию. Тестирование системы будет основано на плане приемочных испытаний и данных испытаний, предоставленных организацией. После этого он будет установлен в назначенной вычислительной системе.

Критерии входа:

- План приемочных испытаний и данные испытаний
- Спецификация проекта адаптации для выявленных модификаций

Практические результаты:

Индивидуальное прикладное программное обеспечение, протестированное на единицу и систему.

## 4. Приемочное тестирование.

Целью пользовательского приемочного тестирования является демонстрация того, что система работает. С точки зрения пользователя, приемочное тестирование — это окончательная процедура контроля качества, позволяющая определить, работает ли программный продукт так, как ожидалось.

Критерии входа:

- Наличие настроенного приложения, протестированного для устройств и систем.

Практические результаты:

- Протестированное прикладное программное обеспечение.
- Обновленное руководство по процедурам.

## 5. Обучение конечных пользователей.

Все идентифицированные конечные пользователи будут обучены конкретным функциям, которые им необходимы для работы. Обучение будет проводиться поставщиком.

Критерии входа:

- Протестированное прикладное программное обеспечение
- Обновленное руководство по процедурам

Практические результаты:

- Конечные пользователи обучены согласно плану обучения.

#### 6. Пробный этап.

На этом этапе речь идет о моделировании реальной бизнес-среды. На этом этапе последовательно будут выполняться следующие действия:

- Идентификация и ввод репрезентативных данных.
- Моделирование бизнес-модели.
- Улучшение бизнес-модели.
- Завершение разработки руководства по процедурам.

По мере того, как команда анализирует модель данных, бизнес-модель, подготовленная на этапе разработки процедур, может претерпеть некоторые изменения.

Критерии входа:

- Протестированное прикладное программное обеспечение
- Обновленное руководство по процедурам

Практические результаты:

- Окончательное руководство по процедурам
- Окончательная бизнес-модель

#### 7. Загрузка данных.

Это этап миграции, на котором данные существующих ручных/устаревших операций передаются в базу данных системы с помощью интерфейсных программ или утилит, доступных в пакете ERP. Будут проведены следующие мероприятия:

- Преобразование и загрузка данных.
- Установление прав доступа и паролей.

Критерии входа:

- Окончательное руководство по процедурам.
- Окончательная бизнес-модель.

Практические результаты:

- Загрузка данных завершена.

#### 8. Пробная версия.

Как только окончательная бизнес-модель будет готова и база данных будет загружена, система будет готова к запуску. Этот этап позволит пользователям работать над прикладным программным обеспечением с данными в реальном времени.

Критерии входа:

- Загрузка данных завершена
- Обучены конечные пользователи.

Практические результаты:

- Живая пробная версия завершена

- Важные аспекты внедрения ERP-системами на предприятии:

Создать ERP-систему или найти внешнего поставщика ERP. Важно, чтобы внешний поставщик предоставлял пользователям все необходимые функции, необходимые на предприятии [5].

При выборе программного обеспечения ERP необходимо выбрать один из методов интеграции ERP и схему внедрения ERP:

- Настроить токен API, который будет связывать ERP и другие системы друг с другом.
- Настроить алгоритм потока данных, который будет определять правила взаимодействия двух систем.
- Настроить логику взаимодействия для всех каналов данных и полей данных, чтобы стандартизировать процесс обмена данными.
- Автоматизировать поток данных и настроить частоту синхронизации.

Успешное внедрение ERP-системы будет иметь множество преимуществ для предприятия:

1. Бизнес-интеграция и повышение точности данных.

ERP-система состоит из различных модулей/подмодулей, каждый из которых представляет определенный бизнес-компонент. Если данные вводятся в один модуль, например, «Получение», он автоматически обновляет другие связанные модули, такие как кредиторская задолженность и запасы. Это обновление происходит в реальном времени, т.е. в момент совершения транзакции. Поскольку данные необходимо вводить только один раз в начале транзакции, необходимость многократного ввода одних и тех же данных устраняется. Таким образом, вероятность дублирования/ошибочных данных сведена к минимуму. Централизованная структура базы данных также обеспечивает лучшее администрирование и обеспечение безопасности, что сводит к минимуму потерю конфиденциальных данных.

2. Планирование.

Различные инструменты поддержки принятия решений, такие как механизмы планирования и функции моделирования, составляют неотъемлемую часть ERP-системы, которая помогает правильно использовать такие ресурсы, как материалы, человеческие ресурсы и инструменты. Планирование на основе ограничений помогает составить соответствующие производственные графики, тем самым улучшая работу оборудования.

3. Повышенная эффективность и производительность.

В дополнение к улучшенному планированию, система ERP значительно повышает эффективность повседневных и рутинных операций, таких как выполнение заказов, своевременная отгрузка, работа поставщиков, управление качеством, сверка счетов, реализация продаж и т. д. и управление денежными средствами. Время цикла сокращается для последовательностей продаж до наличных и закупок до оплаты.

4. Гибкость и технологии.

Из-за глобализированной среды, в которой производственные подразделения, распределительные центры и корпоративные офисы расположены в разных странах, организациям необходимы комплексные мультивалютные, многоязычные и многоязычные режимы учета. Поставщики ERP также быстро внедряют новейшие технологии: от мэйнфреймов до клиент-серверов. В отличие от системы, изготовленной по индивидуальному

заказу, обновление работающей ERP-системы до новейшей технологии не представляет сложностей и включает в основном установку пакетов обновлений и исправлений.

### **Выводы**

ERP-система дает много преимуществ, его реализация является стратегическим решением, требующим значительных ресурсов (как финансовых, так и человеческих), надлежащей оценки и реорганизации бизнес-процессов. Последствиями плохой стратегии являются неподготовленность сотрудников, несоответствие ее реализации более широкой бизнес-стратегии, некачественная перепланировка бизнес-процессов, а также перерасход времени и средств. Для достижения максимальных успехов в бизнес-процессах предприятия необходимо построить эффективную систему планирования ресурсов.

### **Список литературы**

1. Электронный аналог издания "Введение в управление проектами внедрения ERP-систем", М.: ООО "1С-Паблишинг", Москва, 2021.
2. Яковлев В.П. Основы корпоративных информационных систем: учебное пособие / ВШТЭ СПб ГУПТД. - СПб., 2016. – 85 с
3. Киселица Е.П. Информационные ресурсы и технологии в менеджменте: учебное пособие. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2010. – 260 с.
4. Владимир Печерских, Григорий Бельцев «Внедрение ERP-решений на платформе «1С: Предприятие»», «БХВ-Петербург», Спб., 2015. – 160 с.
5. Корниенко Д.В. Реализация ведения управленческого учета в 1С:ERP Управление предприятием 2: учебно-методическое пособие. – Елец: ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», 2020. – 88 с.
6. A Guide to ERP: Benefits, Implementation and Trends 1st edition© 2014 Prof. dr. Lineke Sneller RC & bookboon.com

### **References**

1. Electronic analogue of the publication "Introduction to project management of ERP systems implementation", Moscow: 1C-Publishing LLC, Moscow, 2021.
  2. Yakovlev V.P. Fundamentals of corporate information systems: textbook / HSE SPb GUPTD. - St. Petersburg, 2016. – p.85
  3. Kiselitsa E.P. Information resources and technologies in management: a textbook. Tyumen: Tyumen State University Press, 2010. – p.260
  4. Vladimir Pechersky, Grigory Beltsev "Implementation of ERP solutions on the 1C: Enterprise platform", "BHV-Petersburg", St. Petersburg, 2015. – p.160
  5. Kornienko D.V. Implementation of management accounting in 1С:ERP Enterprise Management 2: educational and methodological manual. Yelets: I.A. Bunin Yelets State University, 2020, p.88
  6. A Guide to ERP: Benefits, Implementation and Trends 1st edition© 2014 Prof. dr. Lineke Sneller RC & bookboon.com
-





Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.056

## АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ВНУТРЕННИХ УГРОЗ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

<sup>1</sup> Амелютин Е.В., <sup>2</sup> Решетников Д.Д.

ФГБУО ВО «МИРЭА - РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», Москва, Россия, (119454, г. Москва, просп. Вернадского, 78, стр. 4.), e-mail: <sup>1</sup> amelyutin9@yandex.ru , <sup>2</sup> r.daniil1@outlook.com

---

**В статье был проведён анализ предметной области, определены характеристики внутренних угроз в информационных системах. Перечислены методы анализа сетевого трафика.**

---

Ключевые слова: Информационные системы, внутренние угрозы, информационная безопасность.

## THE RELEVANCE OF THE PROBLEM OF INTERNAL THREATS IN INFORMATION SYSTEMS

<sup>1</sup> Amelyutin E.V., <sup>2</sup> Reshetnikov D.D.

MIREA - RUSSIAN TECHNOLOGICAL UNIVERSITY, Moscow, Russia (119454, Moscow, avenue. Vernadsky, 78, b. 4), e-mail: <sup>1</sup> amelyutin9@yandex.ru , <sup>2</sup> r.daniil1@outlook.com

---

**The article analyzed the subject area and identified the characteristics of internal threats in information systems. Methods for analyzing network traffic are listed.**

---

Keywords: Information systems, internal threats, information security.

В настоящее время информационные системы (далее ИС) используются в организациях для хранения, обработки и дальнейшего использования данных. Что будет считаться ценными сведениями зависит от компании, это может быть стратегическая информация, дающая преимущество перед конкурентами.

Известно, что человек играет важную роль в вопросах информационной безопасности (далее – ИБ), поэтому эта особенность должна приниматься во внимание наряду с технологическими аспектами. Эффективное управление ИБ невозможно реализовать без учета ролей пользователей и организаций. Например, атаки, исходящие от инсайдеров, могут иметь серьезные последствия для надлежащего функционирования компьютерных систем. Существует множество типов инсайдеров: аудиторы, клиенты, постоянные или временные сотрудники, бывшие сотрудники и поставщики. Многие из них имеют законную возможность доступа к одной или нескольким системам, например, с помощью механизма аутентификации. Инсайдеру не нужно тратить столько сил и времени на доступ к целевой информации, как

внешним злоумышленникам. К тому же, организации часто им доверяют, благодаря чему снижается риск их идентификации и повышается реализация угрозы.

Инсайдерские угрозы нарушают конфиденциальность, целостность и доступность информации. Удаление, модификация, а также раскрытие важной информации являются примерами реализации угроз, мотивация которым может послужить коррупция, шпионаж, растрата, вымогательство, невежество и саботаж [4].

Область инсайдерских угроз ИБ в организациях сосредоточена главным образом на отношениях, намерениях и поведении сотрудников. Удобство совершения инцидента и наличие мотива для этого играют важную роль в этиологии преступного поведения сотрудников.

Поэтому информационные системы подвергаются различным угрозам, приходящим извне и изнутри. Действия злоумышленников могут повлечь риски нарушения информационной безопасности компании ИБ, путём использования уязвимости в информационных системах мерах информационной безопасности ИБ. Меры вводятся организациями с целью снижения вероятности реализации угрозы для обеспечения безопасности информации, которая считается для них наиболее ценной.

Одним из возможных решений проблемы обнаружения внутренних угроз и мониторинга поведения пользователей является использование программного обеспечения для мониторинга сетевого трафика. Его основная задача – анализ сетевого трафика и его возможной блокировки при выявлении аномалий.

Представленный подход тесно связан с понятием SOC (Security Operations Center - центр мониторинга информационной безопасности) и его региональной адаптацией сети.

SOC – это организационное и техническое решение, которое охватывает [5]:

1. Людей, их организацию – структура управления, знания и навыки, необходимые для работы и обучения SOC;
2. Процессы – сосредоточение внимания на мониторинге безопасности, управлении инцидентами безопасности, идентификацией угроз, цифровой криминалистике и управлению рисками, управлению уязвимостями, анализом безопасности и т. д.;
3. Технологии – решения для мониторинга безопасности, готовность к сетевой инфраструктуре, сборы событий, анализ и контроль безопасности, управление журналами, отслеживание и оценка уязвимостей, коммуникация, коммуникация и т. д.

Ключевым процессом SOC является управление инцидентами информационной безопасности. Как правило, команда SOC контролирует индикаторы компрометации защищенных активов, обнаруживает события безопасности, классифицирует некоторые из них как инциденты и обеспечивает правильную реакцию на инциденты.

Сбор и анализ данных об инцидентах ИБ является ключевым действием SOC. Сбор данных связан с мониторингом IT-инфраструктуры, активов и процессов, принадлежащих организации. SOC собирает данные из разных источников имеющих, в свою очередь, разные форматы. При этом процесс сбора синхронизируется со временем. Количество собранных данных должно быть необходимым и достаточным для вывода инцидентов или их предпосылок.

Обычно рассматриваются следующие источники данных для регистрации сообщений:

- Оборудование, связанное с безопасностью, такое как брандмауэры, системы обнаружения/предотвращения вторжений (IDS/IPS), веб-прокси, системы обнаружения вредоносных программ;
- Компоненты сетевой инфраструктуры, например маршрутизаторы, коммутаторы, точки доступа, шлюзы;
- Операционные системы, платформы виртуализации, базы данных, сетевые приложения;
- Компоненты физической безопасности и другие (параметры сетевого потока, сетевые пакеты; файлы, особенно файлы конфигурации, значения хэш, файлы HTML и т. д.).

Помимо SOC существуют системы мониторинга и аудита. Они представляют собой эффективное средство для проведения расследований инцидентов. Современные системы аудита умеют фиксировать практически все действия пользователей. Однако эти системы не способны предотвратить утечку информации, так как для этого необходима система реагирования на события и принятия решений (SIEM - Security Information and Event Management), которая может определить, какие действия представляют угрозу. Если реакция на нарушение не будет немедленной, последствия инцидента могут стать неизбежными.

Системы защиты конфиденциальных данных от внутренних угроз, также известные как системы предотвращения утечек данных (DLP - Data Leak Prevention), контролируют потоки утечки данных в режиме реального времени. Они могут быть комплексными, охватывающими множество потенциальных каналов для утечки, или точечными, фокусирующимися на определенных путях потенциальной утечки. Эти системы используют превентивные технологии, которые не только регистрируют нарушения информационной безопасности, но и предотвращают возможные утечки информации. Качество такого контроля напрямую зависит от способности системы идентифицировать конфиденциальную информацию, что обеспечивается алгоритмами контентной (анализ содержимого трафика) или контекстной (анализ метаданных трафика) фильтрации. Большинство современных систем DLP также имеют функции шифрования данных (такие системы также известны как системы защиты и контроля информации, IPC). Они также могут использовать защищенные хранилища данных, такие как криптоконтейнеры, которые учитывают не только ключ шифрования, но и различные факторы, такие как уровень доступа пользователя. Дополнительно системы DLP могут проводить анализ поведения пользователей, вносящий свои особенности, и иметь различные дополнительные функции [13].

Термин DLP стал широко известен в бизнес среде в начале 2000-х, когда компания Symantec первой сформулировала эту концепцию. Ранее информационная безопасность компаний сосредоточивалась на защите от внешних угроз, таких как DDoS-атаки, вирусы и взломы, с использованием антивирусов и систем обнаружения вторжений. Однако Symantec обратила внимание на новую угрозу – внутренних нарушителей и инсайдеров, и предложила идею, что исходящий трафик также может представлять угрозу компании и должен быть контролируем.

Согласно концепции Symantec, весь исходящий трафик должен обязательно проходить через систему DLP, которая автоматически проверяет его на соответствие установленным

политикам безопасности. В случае обнаружения нарушения система DLP может либо заблокировать трафик, либо уведомить службу информационной безопасности об инциденте.

Внутренние угрозы информационной безопасности являются более опасными, чем внешние. Это показано на Рисунке 1, где 68% – низкая защищенность от внешних угроз, а 96% от внутренних [9]:

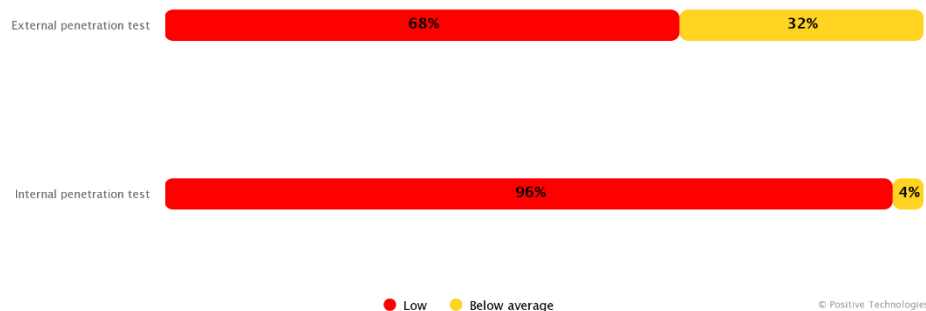


Рисунок 1 – Уровень безопасности организаций в 2022 году

Возникновению внутренних угроз могут послужить ошибки сотрудников, бездействие, халатность. Из-за этих действий компании получают серьёзный ущерб, как материальный, так и репутационный. Для уменьшения возникновения вероятности возникновения инцидентов необходимо проводить различные мероприятия: организационные, правовые и технические.

Организационные методы защиты информации направлены на установление правил доступа к информации в компьютерных системах с целью предотвращения возможных угроз безопасности [11]. Среди наиболее эффективных организационно-административных методов защиты информации можно выделить:

1. разрешение доступа к защищенной информации только у—авторизованным сотрудникам;
2. хранение носителей информации в местах, недоступных для посторонних лиц;
3. ограничение доступа к информационным ресурсам в соответствии с должностными обязанностями и функциями сотрудников.

Защита информации с точки зрения правовых аспектов осуществляется через действующее законодательство и нормативные акты, которые определяют правила и стандарты для обеспечения безопасности информации. Обеспечение информационной безопасности входит в область национальной безопасности и регулируется законодательно через Конституцию РФ, законы в области безопасности, конституции и нормативными актами субъектов, а также международными договорами и соглашениями.

Кроме программных продуктов, таких как DLP-системы, технические средства и меры обеспечения информационной безопасности включают в себя другие инструменты, доступные для компании. Ими могут быть криптографические средства защиты, а также средства, необходимые для распознавания сотрудников. С технической точки зрения меры защиты информации должны опираться на модель построения ИС предприятия, которая позволяет обеспечить защиту от утечек конфиденциальной информации [12].

Исходя из этого, внутренними нарушителями могут стать лица, находящиеся в компании и имеющие доступ к данным. Их действия зависят от имеющихся в зоне доступа ограничений, устанавливаемых организационно-техническими мерами. Ключевым фактором для таких нарушителей является их уровень доступа к информации и должность внутри организации, поскольку доступ к данным и их использование определяются существующими политиками безопасности и системой ролей сотрудников.

Большинство внутренних угроз компании представлены тремя категориями людей:

1. Сотрудники, которые испытывают негативные эмоции к компании или недовольны своим положением. Их действия могут быть мотивированы личными обидами, желанием мести. Возникновение таких ситуаций может быть обусловлено выговором, конфликтом с руководством или отменой премии;

2. Сотрудники, стремящиеся получить легкие деньги. Они могут пытаться использовать свое положение в компании для личных целей, например, продавать информацию конкурентам, использовать личные данные клиентов или привлекать клиентов к своей стороне;

3. Внедренные агенты. Это сотрудники, которые были завербованы конкурентами для сбора и передачи важной информации, проведения провокаций, переманивания других сотрудников, а также нанесения ущерба организации. Часто это высокопоставленные сотрудники или те, кто имеет привилегированный доступ к информации.

Внутренние угрозы информационной безопасности классифицируют по следующим признакам:

1. Обход защитных мер и ограничений доступа, который заключается в использовании дополнительных технических средств и программного обеспечения, скрывающих действия злоумышленника. Эти программы могут включать в себя шифрование данных, глубокую архивацию, преобразование файлов и использование различных языков кодирования. Такие меры усложняют выявление нарушителя и определение его незаконной деятельности, что позволяет ему оставаться незамеченным на протяжении длительного времени;

2. Раскрытие конфиденциальной информации, включающее копирование документов, передачу данных через интернет конкурентам или заинтересованным лицам, а также перенос на сменные носители информации. Обычно это затрагивает определенные категории информации, такие как коммерческая тайна или личные данные клиентов компании. Иногда разглашение конфиденциальной информации происходит случайно, без злого умысла;

3. Кража информации - нарушение информационной безопасности, которое целенаправленно направлено на получение закрытого доступа к сведениям повышенной важности, таким как государственные и коммерческие секреты, а также финансовая отчетность;

4. Нарушение конфиденциальности и авторских прав - использование информации, права на которую принадлежат только ее владельцу, например, семейные или интимные сведения, фотографии, видеоматериалы. Публикация такой информации в СМИ и открытых источниках в интернете требует согласия владельца.

С другой стороны, в течение многих лет исследования, посвященные информационной безопасности, указывают на человека в качестве основного виновника инцидентов, угрожающих информационной безопасности. Необходимо отметить, что 70% всех случаев

нарушения информационной безопасности в Польше в 2015 году были совершены сотрудниками организаций (из которых 48% текущие и 22% бывшие сотрудники) [3].

Люди являются самым слабым звеном в системе информационной безопасности в организациях. Действия, направленные на сотрудников и субподрядчиков, имеют решающее значение. Это подтверждается словами автора, который отмечает [14], что простых технических мер уже недостаточно для обеспечения информационной безопасности.

Приведенный выше тезис подтверждается глобальным исследованием информационной безопасности, проводимым ЕУ (2017) [10], которое показывает, что более широкий пробел в мерах безопасности включает в себя отсутствие осведомленности сотрудников. Таким образом, разработка соответствующей модели поведения сотрудников в организации играет не меньшую роль в информационной безопасности организации, чем любые другие технические меры.

Чтобы понять суть неэтичного поведения в области безопасности, важно определить, что является таким поведением, и разработать инструменты для его измерения. Для этого были выявлены различные типы поведения, связанного с безопасностью со стороны сотрудников [6], включая злоупотребление компьютером, неправильное использование информационных систем, не связанные с работой действия и нарушение информационной безопасности. Эти исследования дают дополнительное понимание «плохого» поведения, связанного с безопасностью. Однако большинство этих исследований не определяли такое поведение и не разработали инструменты для его оценки. Кроме того, таким поведением могут являться действия, связанные с такими серьезными нарушениями, как кража или повреждение данных на компьютере, несанкционированный доступ к данным компании и взлом компьютера. Основным направлением исследования являются часто встречающиеся действия, которые относительно легко наблюдать или контролировать на рабочем месте, что позволяет разработать короткие инструменты самоотчета, чтобы узнать больше об усилиях сотрудников для защиты информации.

Данные в каждой компании являются одним из наиболее важных активов; следовательно, защита этих данных должна иметь высший приоритет [1]. Хотя компании имеют средства измерения безопасности и программное обеспечение, такие как брандмауэры, применение которых полностью не гарантирует отсутствие утечек данных. Это происходит, когда конфиденциальные данные раскрываются несанкционированными сторонами, намеренно или нет. Утечка данных может вызвать серьезные угрозы для компании. Потеря конфиденциальных данных может серьезно повлиять на репутацию компании, клиенты и доверие сотрудников, конкурентное преимущество и в некоторых случаях привести к закрытию компании, или политическим кризисам, таким как утечки Wikileaks [2].

Организации имеют конфиденциальную информацию под их контролем, такую как финансовые и запатентованные данные, номера кредитных карт, медицинские карты или номера социального страхования. Чтобы помочь защитить эти конфиденциальные данные и снизить риск от чрезмерного обмена, им нужно использовать программное решение, которое ограничит пользователей от передачи конфиденциальных данных тем людям, у которых их не должно быть.

Рассмотрим категории приложений NTMA (Network Traffic Monitoring and Analysis - анализ и контроль сетевого трафика) [7]. Их основные задачи: сбор и анализ данных,

необходимых для управления трафиком и устранения неполадок, с целью прогнозирования сети и определения источника проблем. Существуют четыре категории, которые определены в соответствии с конечной целью приложения: прогнозирование трафика; классификация трафика; управление неисправностями; обеспечение безопасности сети.

Прогнозирование трафика состоит из оценки будущего статуса сетевых соединений. Он служит основой для инженерии трафика, помогая определить, например, оптимальную нагрузку на сеть с сохранением уровней QoS (Quality of Service - качество сервиса).

Прогноз трафика часто сталкивается с проблемой прогнозирования временных рядов. Для решения подобных задач используются как классические методы прогнозирования (методы ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) или SARIMA (Seasonal-ARIMA)), так и машинное обучение (нейронные сети) [12].

Классификация трафика направлена на выявление служб, создающих трафик. Это важный шаг для управления и мониторинга сети. Операторам нужна информация об услугах, например, для понимания их требований и их влияния на общую производительность сети.

Классификация трафика хорошо работает, при просмотре информации о сетевых и транспортных протоколах. Например, интернет-сервисы распознаются, через номера портов TCP/UDP. Тем не менее, классификация трафика не является простой задачей. Во-первых, количество интернет-услуг велико и с каждым днём их число увеличивается. Во-вторых, услуги должны быть идентифицированы путем просмотра небольшой информации, наблюдаемой в сети. В-третьих, мало информации остается видимой в пакетах, поскольку основная доля интернет-сервисов работает под протоколами шифрования (например, TCP под HTTPS). Наконец, интернет-сервисы динамичны и постоянно обновляются.

Управление неисправностью – это набор задач для прогнозирования, обнаружения и изоляции неисправностей в сетях. Цель такого управления состоит в том, чтобы минимизировать время простоя. Управление неисправностями может быть упреждающим, например, когда аналитика предсказывает дефекты на основе измерений, чтобы избежать сбоев, например, когда трафик и системные журналы оцениваются, чтобы понять текущие проблемы. В любом случае ключевым шагом в управлении неисправностями является локализация основной причины проблем.

В крупных сетях неисправности могут повлиять на различные элементы: например, неисправный маршрутизатор может перегружать другие маршруты, создавая тем самым цепь ошибок в сети. Информация о сетевых элементах будет отражена в системных журналах, связанных с проблемой, а поведение сети может быть изменено в различных аспектах. Обнаружение неисправности часто достигается с помощью методов обнаружения аномалий, которые идентифицируют девиантное поведение в трафике или необычные события в системных журналах.

Многие приложения NTMA были предложены для повышения безопасности организации [15]. Наиболее распространенной задачей является обнаружение недостатков безопасности, вирусов и вредоносных программ, чтобы изолировать зараженные машины и принять контрмеры с целью минимизации ущерба. То есть, существует два основных подхода при поиске злонамеренной сетевой деятельности: на основе сигнатур атаки; на основе обнаружения аномалий.

Методы на основе сигнатур атаки основываются на определении отпечатка (цифровой отпечаток устройства) для атак. Такое программное решение для мониторинга осматривает исходный трафик/журналы/события, ищет известные сообщения, обмениваемые вирусами, вредоносными программами или другими угрозами; или типичные модели связи атак – то есть, аналогичные методу классификации трафика по поведению. Методы, основанные на сигнатуре, эффективны для блокировки хорошо известных атак, которые неизменны или медленно меняются. Эти методы, однако, требуют, чтобы атаки были ранее известны.

Методы, основанные на обнаружении аномалий основаны на анализе поведения сети. В них нормальное поведение сети суммируется по результатам измерений. Затем трафик в реальном времени начинает отслеживаться, и оповещения запускаются, когда поведение сети начнёт отличаться от нормального поведения. Методы обнаружения аномалий помогают обнаружить ранее неизвестные угрозы (например, эксплойты нулевого дня).

Мониторинг активности пользователей обычно включает отслеживание следующих действий пользователя:

1. Просматриваемые сайты;
2. Используемое программное обеспечение;
3. Снимки экрана;
4. Перехват вводимых данных с клавиатуры (кейлоггер).

Программное обеспечение для мониторинга работников позволяет работодателям отслеживать использование компьютеров, включая написанные и полученные сообщения электронной почты, другие электронные связи, приложения, комбинации клавиш, историю просмотра Интернета, время входа в сеть/выключение, файлы, копируемые в диски USB и физическое местоположение удалённых работников.

Программное обеспечение для мониторинга удаленного работника может:

1. Отслеживать время проекта;
2. Следить за всеми видами деятельности сотрудников;
3. Ограничить использование программ, не связанных с работой;
4. Определить факторы, усиливающие и замедляющие производительность;
5. Повысить безопасность против злонамеренных атак и инсайдерских угроз.

Однако, несмотря на вышеперечисленные причины, необходимо учитывать конфиденциальность каждого сотрудника [8]:

1. Мониторинг за пределами организации должен быть запрещен; необходимо позволить сотрудникам получить доступ ко всей информации, собранной с помощью методов или методов мониторинга и рассмотреть их мнение о такой информации; ограничить продолжительность мониторинга каждый день предложенным (максимум 2 часа в день).

2. Сотрудники должны знать об устройствах, которые будут использоваться для их мониторинга, как будут использоваться данные, и когда именно они будут контролироваться; также они должны быть уведомлены, когда телефонный мониторинг проводится благодаря использованию конкретного тона, который можно услышать сотрудником.

3. Работодатели должны собирать только информацию, относящуюся к принятию критических решений; причём этого недостаточно, чтобы оправдать мониторинг путем



необходимости повышения производительности, но также работодатели должны иметь возможность продемонстрировать, как была достигнута цель благодаря мониторингу.

### **Выводы**

Проведён анализ предметной области, определены характеристики внутренних угроз в информационных системах. Определено, что необходимость мониторинга действий пользователей обусловлена низкой осведомлённостью сотрудников компании в области ИБ. Это, в свою очередь, может повлечь за собой утечку конфиденциальных данных компании, несмотря на соблюдение технических мер защиты информации.

Определены методы анализа сетевого трафика, которые необходимо применять для его прогнозирования и классификации, управления неполадками в сети и обеспечения безопасности. Часть таких методов использует машинное обучение, статистику по предыдущим измерениям трафика и разбор пакетов трафика.

Одним из решений по защите информации в компании от внутренних угроз является использование ПО для мониторинга и прогнозирования сетевого трафика с применением отслеживания рабочих мест сотрудников.

Для разработки программы по прогнозированию сетевого трафика планируется применить язык программирования C++, фреймворком Qt и библиотекой mlpack. Кроссплатформенный фреймворк Qt позволит отобразить информацию по трафику и сотрудникам в пользовательском интерфейсе и информацию по сотрудникам для контроля над временем их работы и запущенными приложениями с соответствующими правами. Библиотека mlpack используется для создания нейронной сети с целью анализа собранной информации в реальном времени и последующего обучения.

При создании планируется использовать нейросеть на основе многослойного перцептрона. Она позволит точно определить возможных злоумышленников по собранным данным. Нарушением может являться: использование внешних носителей, попытку входа в систему под другой учетной записью, установка программ, модификация файлов, использование программ, не связанных с рабочей деятельностью. Использование метода ARIMA для прогнозирования временных рядов, позволит заранее определить нагрузку на трафик и принять соответствующие меры в целях обеспечения безопасности.

### **Список литературы**

1. Tahboub R., Saleh Y. Data Leakage/Loss Prevention Systems (DLP).
2. What is WikiLeaks – URL: <https://wikileaks.org/What-is-WikiLeaks.html> (дата обращения 18.11.2023)
3. Stefaniuk T. Training in shaping employee information security awareness //Entrepreneurship and Sustainability Issues. – 2020. – Т. 7. – №. 3. – С. 1832.
4. Safa N. S. et al. Motivation and opportunity based model to reduce information security insider threats in organisations //Journal of information security and applications. – 2018. – Т. 40. – С. 247-257.
5. Bialas A., Michalak M., Flisiuk B. Anomaly detection in network traffic security assurance //International Conference on Dependability and Complex Systems. – Cham : Springer International Publishing, 2019. – С. 46-56.

6. Chu A. M. Y., So M. K. P. Organizational information security management for sustainable information systems: An unethical employee information security behavior perspective //Sustainability. – 2020. – Т. 12. – №. 8. – С. 3163.
7. D’Alconzo A. et al. A survey on big data for network traffic monitoring and analysis //IEEE Transactions on Network and Service Management. – 2019. – Т. 16. – №. 3. – С. 800-813.
8. Moussa M. Monitoring employee behavior through the use of technology and issues of employee privacy in America //Sage Open. – 2015. – Т. 5. – №. 2. – С. 2158244015580168.
9. Results of penetration tests in 2022 – URL: <https://www.ptsecurity.com/ww-en/analytics/results-of-pentests-2022/> (дата обращения 20.11.2023)
10. EY 20th Global Information Security Survey 2017 – URL: [https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en\\_gl/topics/health/ey-20-global-information-security-survey-2017.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/health/ey-20-global-information-security-survey-2017.pdf) (дата обращения 20.11.2023)
11. Ахматов М. М., Тарчоков Б. А. Правовые и организационные методы защиты информации в компьютерных системах //Журнал прикладных исследований. – 2021. – Т. 6. – №. 6. – С. 580-584.
12. ARIMA & SARIMA: Real-World Time Series Forecasting – URL: <https://neptune.ai/blog/arima-sarima-real-world-time-series-forecasting-guide> (дата обращения 25.11.2023)
13. Сулавко А. Е. Технологии защиты от внутренних угроз информационной безопасности //Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2011. – №. 19. – С. 45-51.
14. Parsons K. et al. The human aspects of information security questionnaire (HAIS-Q): two further validation studies //Computers & Security. – 2017. – Т. 66. – С. 40-51.
15. Liao H. J. et al. Intrusion detection system: A comprehensive review //Journal of Network and Computer Applications. – 2013. – Т. 36. – №. 1. – С. 16-24.

## References

1. Tahboub R., Saleh Y. Data Leakage/Loss Prevention Systems (DLP).
2. What is WikiLeaks – URL: <https://wikileaks.org/What-is-WikiLeaks.html> (accessed 11/18/2023)
3. Stefaniuk T. Training in shaping employee information security awareness //Entrepreneurship and Sustainability Issues. – 2020. – Vol. 7. – No. 3. – p. 1832.
4. Safa N. S. et al. Motivation and opportunity based model to reduce information security insider threats in organizations //Journal of information security and applications. – 2018. – Vol. 40. – pp. 247-257.
5. Bialas A., Michalak M., Flisiuk B. Anomaly detection in network traffic security assurance //International Conference on Dependability and Complex Systems. – Cham : Springer International Publishing, 2019. – pp. 46-56.
6. Chu A.M. Y., So M. K. P. Organizational information security management for sustainable information systems: An unethical employee information security behavior perspective //Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – No. 8. – p. 3163.
7. D’Alconzo A. et al. A survey on big data for network traffic monitoring and analysis //IEEE Transactions on Network and Service Management. – 2019. – Vol. 16. – No. 3. – pp. 800-813.

8. Moussa M. Monitoring employee behavior through the use of technology and issues of employee privacy in America //Sage Open. – 2015. – Vol. 5. – No. 2. – pp. 2158244015580168.
  9. Results of penetration tests in 2022 – URL: <https://www.ptsecurity.com/ww-en/analytics/results-of-pentests-2022/> (accessed 11/20/2023)
  10. EY 20th Global Information Security Survey 2017 – URL: [https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en\\_gl/topics/health/ey-20-global-information-security-survey-2017.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/health/ey-20-global-information-security-survey-2017.pdf) (accessed 11/20/2023)
  11. Akhmatov M. M., Tarchokov B. A. Legal and organizational methods of information protection in computer systems //Journal of Applied Research. – 2021. – Vol. 6. – No. 6. – pp. 580-584.
  12. ARIMA & SARIMA: Real-World Time Series Forecasting – URL: <https://neptune.ai/blog/arima-sarima-real-world-time-series-forecasting-guide> (accessed 11/25/2023)
  13. Sulavko A. E. Technologies of protection against internal threats to information security //Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. - 2011. – no. 19. – pp. 45-51.
  14. Parsons K. et al. The human aspects of information security questionnaire (HAIS-Q): two further validation studies //Computers & Security. – 2017. – Vol. 66. – pp. 40-51.
  15. Liao H. J. et al. Intrusion detection system: A comprehensive review //Journal of Network and Computer Applications. – 2013. – vol. 36. – No. 1. – pp. 16-24.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.056

## БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ: КАК ЗАЩИТИТЬ СВОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ОТ ХАКЕРСКИХ АТАК

**Барышников П.В.**

*ФГБОУ ВО "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА", Санкт-Петербург, Россия (193232, г. Санкт-Петербург, пр. Большевиков д.22, корп.1), e-mail: dedmars@bk.ru*

В современном мире безопасность программного обеспечения стала одной из наиболее актуальных проблем. С ростом числа хакерских атак и утечек данных, защита приложений становится неотъемлемой частью разработки программного обеспечения. В этой статье мы рассмотрим некоторые важные меры безопасности, которые помогут защитить ваше приложение от хакерских атак.

В данной статье мы обсудим основные аспекты безопасности программного обеспечения и предложим практические рекомендации по защите приложений от хакерских атак. Мы рассмотрим различные угрозы, с которыми сталкиваются приложения, и предложим эффективные стратегии для предотвращения этих угроз. Кроме того, мы рассмотрим важность обновлений и патчей, регулярного мониторинга и аудита безопасности, а также обучения сотрудников в области безопасности. Надеемся, что эта статья поможет вам повысить безопасность вашего приложения и защитить его от хакерских атак.

Ключевые слова: Безопасность приложений и данных, меры безопасности, обновления и патчи, мониторинг и аудит безопасности, обучение сотрудников, многоуровневая защита, шифрование данных, резервные копии, сильные пароли и аутентификация, ограничение доступа и привилегий, защита от вредоносного кода, постоянное обучение и анализ уязвимостей.

## SOFTWARE SECURITY: HOW TO PROTECT YOUR APPLICATION FROM HACKER ATTACKS

**Baryshnikov P.V.**

*BONCH-BRUEVICH ST. PETERSBURG STATE UNIVERSITY OF TELECOMMUNICATIONS, St. Petersburg, Russia (193232, St. Petersburg, 22 Bolshevnikov Ave., bldg. 1), e-mail: dedmars@bk.ru*

In the modern world, software security has become one of the most pressing issues. With the increasing number of hacker attacks and data breaches, protecting applications has become an integral part of software development. In this article, we will discuss some important security measures that will help protect your application from hacker attacks.

In this article, we will discuss the key aspects of software security and provide practical recommendations for protecting applications from hacker attacks. We will examine various threats that applications face and propose effective strategies for preventing these threats. Additionally, we will explore the importance of updates and patches, regular security monitoring and auditing, as well as employee training in security practices. We hope that this article will help you enhance the security of your application and protect it from hacker attacks.

Keywords: Application and data security, security measures, updates and patches, security monitoring and auditing, employee training, multi-level protection, data encryption, backup copies, strong passwords and authentication, access restriction and privileges, protection against malware, continuous training and vulnerability analysis.

## **Основные меры безопасности**

### **1. Обновления и патчи**

Одной из важных мер безопасности является регулярное обновление и установка патчей для вашего приложения и используемых компонентов. [1] Разработчики постоянно работают над устранением уязвимостей и выпускают обновления, которые закрывают эти уязвимости. Поэтому важно следить за новыми версиями и устанавливать их как можно скорее.

### **2. Мониторинг и аудит безопасности**

Регулярный мониторинг безопасности вашего приложения поможет выявить аномалии и потенциальные уязвимости. Используйте специализированные инструменты для отслеживания активности и анализа журналов событий. Также регулярно проводите аудит безопасности, чтобы идентифицировать уязвимые места и принять меры по их устранению.

### **3. Обучение сотрудников**

Сотрудники являются слабым звеном в цепи безопасности. Обучите своих сотрудников основам безопасности программного обеспечения, чтобы они могли распознавать потенциальные угрозы и применять соответствующие меры предосторожности. [2] Обучение должно включать в себя правила безопасного паролей, осведомленность о социальной инженерии и фишинговых атаках, а также использование безопасных практик при разработке и тестировании.

### **4. Многоуровневая защита**

Не полагайтесь только на один уровень защиты. Используйте многоуровневую защиту, включающую брандмауэры, антивирусное программное обеспечение, системы обнаружения вторжений и другие средства защиты. Каждый уровень должен быть настроен и обновлен соответствующим образом.

### **5. Шифрование данных**

Шифруйте важные данные, хранящиеся в вашем приложении и передаваемые по сети. [3] Используйте надежные алгоритмы шифрования и храните ключи шифрования в безопасном месте. Это поможет защитить данные от несанкционированного доступа.

### **6. Регулярные резервные копии**

Регулярное создание резервных копий данных является важным аспектом безопасности. В случае атаки или сбоя системы, наличие резервных копий позволит восстановить данные и минимизировать потери. Убедитесь, что резервные копии хранятся в безопасном месте, отделенном от основной инфраструктуры.

### **7. Сильные пароли и аутентификация**

Используйте сильные пароли для всех учетных записей в вашем приложении. Пароли должны содержать комбинацию букв, цифр и специальных символов, а также быть достаточно длинными. [4] Реализуйте механизмы двухфакторной аутентификации, такие как отправка одноразовых кодов на мобильные устройства, чтобы обеспечить дополнительный уровень безопасности.

### **8. Ограничение доступа и привилегий**

Ограничьте доступ к системным ресурсам только необходимым пользователям и ролям. Применяйте принцип наименьших привилегий, чтобы пользователи имели доступ только к той информации и функциональности, которая необходима для их работы. Это поможет снизить риск несанкционированного доступа и повысить безопасность системы.

#### 9. Защита от вредоносного кода

Установите антивирусное программное обеспечение и регулярно обновляйте его. Это поможет обнаружить и блокировать вредоносные программы, которые могут попытаться проникнуть в вашу систему. Также следите за обновлениями и патчами для программного обеспечения, чтобы устранить известные уязвимости, которые могут быть использованы злоумышленниками.

#### 10. Постоянное обучение и анализ уязвимостей

Безопасность - постоянный процесс, и важно оставаться в курсе последних трендов и угроз. [5] Поддерживайте навыки и знания в области безопасности программного обеспечения, участвуя в тренингах и конференциях. Регулярно проводите анализ уязвимостей вашего приложения, чтобы идентифицировать новые уязвимости и принять соответствующие меры по их устранению.

Соблюдение этих основных мер безопасности поможет защитить ваше приложение и данные от потенциальных угроз. Однако, помните, что безопасность - это непрерывный процесс, и важно постоянно обновлять и улучшать меры безопасности в соответствии с изменяющейся угрозной средой.

### Список литературы

1. Котенко И. В. и др. Модель человеко-машинного взаимодействия на основе сенсорных экранов для мониторинга безопасности компьютерных сетей//Региональная информатика" РИ-2018". – 2018. – С. 149-149.
2. Красов А. В. и др. Способы коммутации пакетов в сетях CISCO//Материалы Всероссийской научно-практической конференции" Национальная безопасность России: актуальные аспекты" ГНИИ" Нацразвитие". Июль 2018. – 2018. – С. 31-35.
3. Казанцев А. А. и др. Создание и управление Security Operations Center для эффективного применения в реальных условиях//Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2019). – 2019. – С. 590-595.
4. Пат. 2020617705 Russian Federation, МПК2020616731 .. Программная реализация средств предотвращения вторжений и аномалий сетевой инфраструктуры / Красов А.В., Гельфанд А.М., Фадеев И.И. и др.; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. — № 2020616731; заявл. 2020-06-29; опубл. 2020-07-10, — 1 с.
5. Сахаров Д. В. и др. Использование математических методов прогнозирования для оценки нагрузки на вычислительную мощность IoT-сети//Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2020. – №. 2. – С. 86- 94.

### References

1. Kotenko I. V. et al. A human-machine interaction model based on touchscreens for monitoring the security of computer networks //Regional Informatics"RI-2018". – 2018. – pp. 149-149.
2. Krasov A.V. et al. Packet switching methods in CISCO networks //Materials of the All-Russian scientific and practical conference "National Security of Russia: current aspects of the "GNII" National Development". July 2018. – 2018. – pp. 31-35.

3. Kazantsev A. A. et al. Creating and managing a Security Operations Center for effective use in real-world environments //Actual problems of infotelecommunications in science and education (APINO 2019). – 2019. – pp. 590-595.
  4. Stalemate. 2020617705 Russian Federation, IPK2020616731 .. Software Implementation of Means to Prevent Intrusions and Anomalies of Network Infrastructure / Krasov A.V., Gelfand A.M., Fadeev I.I., et al.; Applicant and patent holder St. Petersburg State University of Telecommunications named after Prof. M.A. Bonch-Bruevich. — № 2020616731; declared. 2020-06-29; Publ. 2020-07-10, — 1 с.
  5. Sakharov D. V. et al. Using mathematical forecasting methods to assess the load on the computing power of the IOT network //Scientific and analytical journal "Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia". - 2020. – No. 2. – pp. 86-94.
-



Международный журнал информационных технологий и  
энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.89

## ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК КЛИЕНТА

**Минаева Е.А.**

*ФГАУО ВО "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ", Москва, Россия, (101000, город Москва, Мясницкая ул., д.20), e-mail: eaminaeva\_1@edu.hse.ru*

**В статье рассматривается история одного из типов цифровых двойников – цифрового двойника клиента. Его появление связано с возросшей необходимостью моделировать поведение человека – одной из самых непредсказуемых областей. С использованием Internet of Things (IoT, «Интернет вещей») и Artificial Intelligence (AI, «Искусственный интеллект») эта проблема начинает обретать свое решение. Безусловно, DToC имеет и свои недостатки, однако компании все активнее и активнее начинают внедрять технологию в свою деятельность. Можно предположить, что с развитием методов машинного обучения Цифровые двойники клиента станут настоящими помощниками и смогут решить проблему непредсказуемости человеческого поведения и расширят сферу своего применения.**

Ключевые слова: Цифровой двойник клиента, цифровой двойник, предсказание поведения человека, искусственный интеллект.

## DIGITAL TWIN OF A CUSTOMER

**Minaeva E.A.**

*NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY HIGHER SCHOOL OF ECONOMICS, Moscow, Russia, (101000, Moscow, Myasnitskaya str, 20), e-mail: eaminaeva\_1@edu.hse.ru*

**The article discusses the history of one of the types of digital twins – the client’s digital twin. Its emergence is associated with the increased need to model human behavior - one of the most unpredictable areas. With the use of Internet of Things (IoT, “Internet of Things”) and Artificial Intelligence (AI, “Artificial Intelligence”), this problem is beginning to find its solution. Of course, DToC also has its drawbacks, but companies are increasingly beginning to implement the technology into their activities. It can be assumed that with the development of machine learning methods, Digital Twins of the client will become real assistants and will be able to solve the problem of the unpredictability of human behavior and expand the scope of their application.**

Keywords: Digital twin of a customer, digital twin, human behavior prediction, artificial intelligence.

Цифровые двойники заявили о себе на весь мир в апреле 1970 года во время миссии «Аполлона 13». Тогда специалистам НАСА пришлось перенастраивать симуляторы, чтобы выяснить, как управлять поврежденным кораблем для возвращения экипажа на Землю. Инженеры смоделировали с их помощью различные сценарии, которые помогли бы предотвратить дальнейшие неприятности. Хотя это сложно назвать цифровым двойником в современном понимании, принцип действия за несколько десятилетий не изменился.



Первое использование термина «Цифровой двойник» тоже связано с космической тематикой. Оно появилось в отчете НАСА в ноябре 2010 года в контексте сверхреалистичной симуляции космического корабля. В настоящее время роль цифрового клиента постоянно возрастает, причем в самых разных сферах жизни человека.

С 1 января 2022 года Россия первая в мире ввела национальный стандарт цифровых двойников изделий, что подтверждает их важность для производственного процесса и цифровизации экономических процессов.

Со временем сфера применения цифровых двойников начала расширяться, стали появляться разные типы. Хотелось бы рассказать о том, как данная технология уже успела изменить мир и какие возможности она откроет для цифровизации экономики в будущем.

Существует множество определений концепции цифрового двойника. Выделив основное, можно дать следующее определение, что **цифровой двойник** – это синхронизированная цифровая виртуальная модель любого объекта или процесса. В числе главных задач цифрового двойника – отслеживание прошлого и предсказание будущего. Стоит отметить, что именно это прославило цифровые двойники после миссии «Апполон-13». В настоящее время они вышли далеко за пределы космической сферы и используются именно для предсказания процессов.

Когда изделие уже выпущено, кардинально изменить его уже невозможно. Однако можно было бы мониторить его состояние и по необходимости модернизировать. Именно на этапе разработки и используются цифровые двойники, которые помогли бы максимально довести до идеала технические и потребительские характеристики.

Говоря о потребительских характеристиках, стоит отметить, что поведение человека намного сложнее поведения механизма или машины. Не так-то просто вывести алгоритм принятия человеком выбора, потому что он зависит от множества постоянно изменяющихся факторов. Эту задачу как раз и пытаются решить с помощью цифрового двойника клиента.

**Цифровой двойник клиента (DToC)** представляет собой цифровую версию клиента, построенную на всех точках его пересечения с брендом или фирмой, предлагаемыми ими продуктами и услугами. Так же как цифровой двойник двигателя используется для предсказания того, как поведет себя устройство при различных обстоятельствах, цифровой двойник клиента может использоваться различными отделами компании для симуляции и предсказания поведения клиента.

Собирая данные и анализируя с помощью искусственного интеллекта выбор человека, данный цифровой двойник предсказывает будущее поведение и его контекст у каждого потребителя. Непрерывный поток данных постоянно обновляется и синхронизируется с физическим представлением клиента, что позволяет с каждым разом создавать все более и более точную картину поведения потребителя.

Отправной точкой для внедрения технологии DToC является потребность компании в создании более точного и полного представления о клиентах. Невозможно знать все о каждом клиенте, тем более анализировать его поведение - применение информационных технологий, в том числе интернета вещей, искусственного интеллекта и цифровых двойников, позволило бы сильно сократить издержки за счет внедрения технологий для развития CRM (система взаимоотношения с клиентами). К тому же важная инновационная характеристика DToC заключается в том, что они помогают контекстуализировать данные для лучшего понимания

потребностей потребителя. При правильном подходе цифровые двойники клиента могут помочь бизнес-командам в разработке новых предложений и способов обслуживания клиентов, а также помогут привлечь новых клиентов и улучшить вовлеченность уже имеющихся.

Стоит также пояснить некоторые важные характеристики цифровых двойников в целом. Во-первых, цифровые двойники – это модели, не ограничивающиеся только физическими объектами (такими как люди или механизмы). Они способны так же предсказывать поведение *абстрактных* вещей (систем или процессов). Что касается непосредственно цифрового двойника клиента, то с его помощью можно моделировать поведение и причины принятия того или иного решения. DToC помогает ответить на такие вопросы как “В чем причина того, что потребитель выбрал вклад с низким процентом, но с возможностью пополнения и снятия?” и др.

Во-вторых, одно из главных преимуществ цифрового двойника – это возможность отражать изменение состояния во времени. То есть цифровой двойник не является обычной статической моделью, а изменяется (или точнее сказать отражает изменения объекта) с учётом телеметрии сенсоров интернета вещей, *синхронизируя* данные, полученные от них. Не уходя далеко от примера с банковской сферой (которая является самым активным, но далеко не единственным пользователем данной технологией), можем указать на то, что с помощью DToC компании отслеживают изменения вкусов и предпочтений клиентов. Таким образом, цифровой двойник клиента поможет подобрать персональное условие вклада, основываясь на данных о том, что потребителю важна возможность пополнения/снятия средств.

И, третье, пожалуй, самое важное, это *предсказательные способности* цифровых двойников – отличительная черта от технологий мониторинга только текущего состояния. “Цифровые двойники усиливают влияние Интернета вещей (IoT) на бизнес, предлагая мощный способ мониторинга и управления активами и процессами”, - говорит Альфонсо Велоса, вице-президент Gartner по исследованиям [9]. Умная модель на основе машинного обучения и искусственного интеллекта, используя данные, полученные от множества сенсоров, способна предсказывать поведение объекта, процесса или системы в будущем. Оставаясь в рамках примера с банком и вкладом, цифровой двойник клиента поможет ответить на вопрос «Когда клиенту может понадобиться другая услуга, основываясь на его предыдущих выборах или замеченной заинтересованности в чем-то?»

Существует несколько классификаций цифровых двойников в зависимости от того, где они задействованы. Рассмотрим одну из них, а именно классификацию, предложенную профессором Технологического университета Флориды Майклом Гривзом [7]. Он выделял 3 основных типа: прототип цифрового двойника (Digital Twin Prototype / DTP), экземпляр (Digital Twin Instance/DTI) и агрегированный цифровой двойник (Digital Twin Aggregate).

Цифровой двойник клиента скорее всего можно как раз отнести к категории агрегированного двойника. Все данные о выборе клиента поступают в ЦОД, где обрабатываются и анализируются. DToC обеспечивает двунаправленную взаимосвязь - с одной стороны, клиент предоставляет компании данные о своих интересах и предпочтениях, а с другой стороны, компания, обрабатывая эти данные, предлагает клиенту персонализированные предложения, снова затем собирая данные о его реакции на предложения, и “полезный цикл” замыкается.

Так, DToC использует модели определенных (основных) персонажей. Каждое взаимодействие с клиентом представляет собой разрозненные данные из разных источников. Технология заполняет данные в цифровом двойнике и преобразует основного персонажа, делая его уникальной цифровой копией каждого пользователя. Впоследствии эта цифровая модель будет использоваться для будущих взаимодействий уже с настоящим человеком по другую сторону экрана.

Конечно, как и любая технология, цифровые двойники клиента имеют свои преимущества и недостатки. Начнем с положительных аспектов.

В первую очередь внедрение информационных технологий предполагает снижение издержек и увеличение производительности компании. Со временем компания развивается и обретает большое количество клиентов, что влечет за собой необходимость обработки большого количества данных. В данном плане DToC оказывает положительное влияние на CX.

CX - “Customer eXperience” - совокупность впечатлений, получаемых клиентом от взаимодействия с компанией и пользования ее товарами и услугами. Если компания хочет не только привлекать новых клиентов, но и удерживать старых, ей необходимо следить за впечатлениями клиентов. В этом как раз и заключается одна из главных целей цифрового двойника клиента - собирать информацию о каждом взаимодействии потребителя с брендом.

Обычно в данной технологии нуждаются компании, у которых очень большая клиентская база и поддержание уверенности клиента в компании - одна из важнейших целей. Цифровой двойник клиента может проанализировать слабые моменты, которые заставляют потребителей выбирать конкурентов.

Однако новизна технологии накладывает на нее и ряд существенных недостатков. Первая и, пожалуй, самая насущная проблема — это конфиденциальность информации и безопасность данных. Gartner указывает на необходимость *прозрачности* в любом проявлении DToC — это, по их словам, должно значительно повлиять на доверие клиентов. К тому же технология должна обладать абсолютной прозрачностью, доносить информацию в форме доступных и понятных уведомлений, предоставлять возможность выбора из нескольких прав на конфиденциальность и управлять согласиями и предпочтениями.

Решение *проблем безопасности и конфиденциальности* может нанести ущерб работе и производительности систем. К тому же некоторые бренды в связи с небольшой распространенностью технологии могут не обладать теми ресурсами или комплексным пониманием ее предназначения для ее грамотного внедрения.

Организациям, внедряющим цифровые двойники, приходится создавать команды, знакомые с методами машинного обучения и моделирования и имеющие представление о данной технологии. К задачам таких команд будут относиться обеспечение *точности модели* и *устранение предвзятости*, что накладывает дополнительные трудности и издержки.

Вдобавок ко всему вышесказанному, стоит добавить и возможное возникновение сложностей, связанных с *качеством и доступностью клиентских данных*, полученных в ходе его взаимодействия и с организацией / цифровым двойником.

Для решения вышеупомянутых проблем эксперты уже предложили несколько вариантов решений. К примеру, для начала важно четко определить фокус моделирования клиента, а также постоянно оптимизировать и калибровать механизм анализа результатов

моделирования и стремиться повысить производительность моделей. К тому же рекомендуется уделять повышенное внимание использованию синтетических (программно сгенерированных) данных для расширения профилей клиента - можно накладывать голосовые данные клиентов на их поведенческие данные и анализировать в совокупности.

В цикле зрелости технологий - ежегодном отчете, подготавливаемом агентством Gartner - Digital Twin of a Customer вошел только в 2022 году и находился там на самой первой стадии (Рисунок 1).

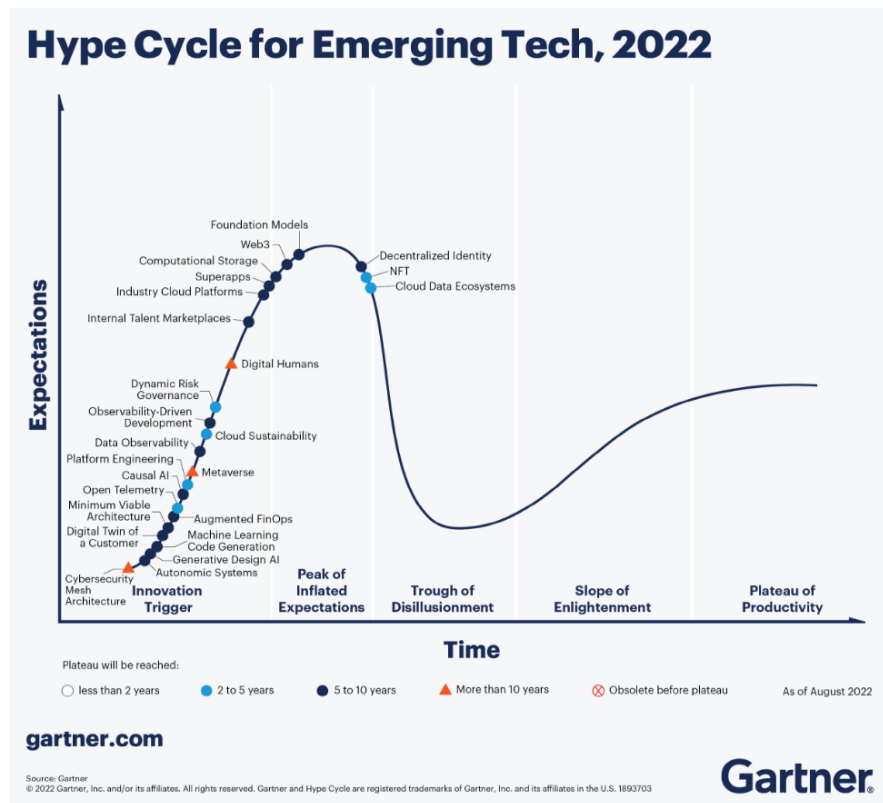


Рисунок 1 – Ежегодный отчет агентства Gartner - Digital Twin of a Customer 2022 г.

Предсказывается, что плато продуктивности (plateau of productivity) будет достигнуто в течение ближайших 5–10 лет. Но уже сейчас компании начинают активно внедрять данную технологию, что показывает трансформационный характер технологии для компаний.

Отчет Gartner [8] выделил Netflix и Google в качестве примеров активного использования цифровых двойников клиента. “80% стримингового времени Netflix достигнуто с помощью системы рекомендаций”, говорится в отчете.

Однако это не единственные сферы, где можно применять цифровые двойники клиента. В России самыми частыми пользователями DToC стали банки. Например, если раньше “Сбер” искал способы предложить клиенту наиболее подходящий продукт, то теперь он активно встраивает цифровой двойник клиента в новый проект по комплексному определению жизненной ситуации клиента. Это делается для того, чтобы не только предложить самые подходящие продукт или услугу “здесь и сейчас”, но и предсказать потребности в той или иной сфере на основе выявленных паттернов поведения и предложить продукт и/или услугу в будущем.

К настоящему моменту создано уже более 15 тысяч хэштегов (бинарных бизнес-интерпретируемых знаниях, отражающих паттерн поведения каждого клиента), а их число продолжает расти. Финансовая выгода “Сбера” составила свыше 116 миллиардов рублей, улучшилось прогнозирование и повысилась точность моделей - определение моделей поведения привело к трехкратному увеличению заявок на персональные кредиты.

В заключение хочется снова отметить, что цифровые двойники действительно стремительно внедряются в нашу жизнь. Они становятся задействованными во многих сферах человеческой деятельности, значительно облегчая ее. Цифровые двойники активно взаимодействуют с другими заявившими о себе технологиями – это искусственный интеллект с технологией машинного обучения, интернет вещей, облачные вычислительные ресурсы и многие другие - и с их помощью становятся все более доступными широким слоям населения.

В ближайшем будущем предполагается, что цифровой двойник клиента сделает возможным более глубокое и всестороннее понимание поведения потребителя для лучшего взаимодействия с компанией. Однако существует и мнение, что искусственный интеллект выйдет за нынешние рамки и будет использоваться для более широких чем максимизация прибыли целей. В любом случае цифровой двойник клиента - перспективная технология, которая точно не останется незамеченной и претерпит еще множество благотворных изменений.

### Список литературы

1. Кокорев Д.С., Юрин А.А. Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса // Colloquium-Journal. - 2019. - №10(34)
2. How Will Digital Twins of Customers Impact CX?//CMSWIRE URL: <https://www.cmswire.com/customer-experience/how-will-digital-twins-of-customers-impact-cx/> (дата обращения: 10.02.2024).
3. Как цифровые двойники помогают российской промышленности//rb.ru URL: <https://rb.ru/longread/digital-twin/> (дата обращения: 10.02.2024).
4. Как устроены цифровые двойники и зачем они нужны//rg.ru URL: <https://rg.ru/2021/12/28/reg-szfo/kak-ustroeny-cifrovye-dvojniki-i-zachem-oni-nuzhny.html> (дата обращения: 08.02.2024).
5. Что такое цифровые двойники и где их используют//РБК URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/6107e5339a79478125166eeb> (дата обращения: 11.02.2024).
6. Gartner predicts ‘digital twins of a customer’ will transform CX//VentureBeat URL: <https://venturebeat.com/ai/gartner-predicts-digital-twins-of-a-customer-will-transform-cx/> (дата обращения: 10.02.2024).
7. Цифровые двойники: не просто модный тренд//блог COMSOL URL: <https://www.comsol.ru/blogs/digital-twins-not-just-hype/> (дата обращения: 08.02.2024).
8. A Digital Twin of a Customer Predicts the Best Consumer Experience//Gartner URL: <https://www.gartner.com/en/insights/gartner-business-quarterly/q2-2022/digital-twin-of-a-customer> (дата обращения: 11.02.2024).

9. Prepare for the Impact of Digital Twins//Gartner URL: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/prepare-for-the-impact-of-digital-twins> (дата обращения: 10.02.2024).

## References

1. D. Kokoreva.S., Yurin A.A. Digital twins: the concept, types and advantages for business // Colloquium-Journal. - 2019. - №10(34)
  2. How Will Digital Twins of Customers Impact CX? // CMSWIRE URL: <https://www.cmswire.com/customer-experience/how-will-digital-twins-of-customers-impact-cx/> (date of issue: 02/10/2024).
  3. As digital doubles they help the Russian industry // rb.ru URL: <https://rb.ru/longread/digital-twin/> (date of access: 02/10/2024).
  4. How digital doubles work and why they are needed // rg.ru URL: <https://rg.ru/2021/12/28/reg-szfo/kak-ustroeny-cifrovye-dvojniki-i-zachem-oni-nuzhny.html> (date of access: 02/08/2024).
  5. What are digital doubles and where are they used // RBC <https://trends.rbc.ru/trends/industry/6107e5339a79478125166eeb> (accessed: 02/11/2024).
  6. Gartner predicts ‘digital twins of a Customer’ will transform CX // VentureBeat URL: <https://venturebeat.com/ai/gartner-predicts-digital-twins-of-a-customer-will-transform-cx/> (date of access: 02/10/2024).
  7. Digital twins: not just a fashion trend // somsol blog <https://www.comsol.ru/blogs/digital-twins-not-just-hype/> (accessed 08.02.2024).
  8. A Digital Twin of a Customer Predicts The Best Consumer Experience // Gartner url: <https://www.gartner.com/en/insights/gartner-business-quarterly/q2-2022/digital-twin-of-a-customer> (accessed: 02/11/2024).
  9. Prepare for the impact of Digital Twins // Gartner url: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/prepare-for-the-impact-of-digital-twins> (date of application: 02/10/2024).
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.057

## ИНТЕГРАЦИЯ С API: КАК ВЗАИМОДЕЙСТВОВАТЬ С ВНЕШНИМИ СЕРВИСАМИ В СВОЕМ ПРИЛОЖЕНИИ

**Барышников П.В.**

*ФГБОУ ВО "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА", Санкт-Петербург, Россия (193232, г. Санкт-Петербург, пр. Большевиков д.22, корп.1), e-mail: dedmars@bk.ru*

**Интеграция с API - ключевой элемент разработки приложений в нашем современном мире цифровых технологий. Приложения взаимодействуют с внешними сервисами, используя API для доступа к данным и функциональности. В данной статье мы рассмотрим, как правильно осуществлять интеграцию с API и обеспечить эффективное взаимодействие с внешними сервисами.**

Ключевые слова: Интеграция, внешние сервисы, API, разработка приложений, документация, стандартные библиотеки, фреймворки, ошибки, исключительные ситуации, аутентификация, безопасность, тестирование, отладка, мониторинг, ограничения использования, кеширование, оптимизация запросов, форматы данных, масштабирование, обновление.

## INTEGRATION WITH THE API: HOW TO INTERACT WITH EXTERNAL SERVICES IN YOUR APPLICATION

**Baryshnikov P.V.**

*BONCH-BRUEVICH ST. PETERSBURG STATE UNIVERSITY OF TELECOMMUNICATIONS, St. Petersburg, Russia (193232, St. Petersburg, 22 Bolshevnikov Ave., bldg. 1), e-mail: dedmars@bk.ru*

**API integration is a key element in application development in our modern world of digital technologies. Applications interact with external services using APIs to access data and functionality. In this article, we will discuss how to properly integrate with APIs and ensure efficient interaction with external services.**

Keywords: Integration, external services, API, application development, documentation, standard libraries, frameworks, errors, exceptional situations, authentication, security, testing, debugging, monitoring, usage limitations, caching, query optimization, data formats, scalability, updates.

### Введение

В наше время разработки программного обеспечения, важным аспектом является взаимодействие с внешними сервисами для получения данных, функциональности и других возможностей. Чтобы обеспечить безупречную работу своего приложения, разработчики используют API - Application Programming Interface (интерфейс программирования приложений). API позволяет приложениям обмениваться данными и командами с другими программами и сервисами.

Интеграция с API: Как взаимодействовать с внешними сервисами в своем приложении

В современном мире разработки программного обеспечения приложения все чаще требуют интеграции с внешними сервисами и API. [1] Это может быть необходимо для получения данных из внешних источников, отправки запросов на выполнение определенных действий или взаимодействия с другими приложениями. В этой статье мы рассмотрим, как эффективно интегрировать внешние сервисы и API в свое приложение.

1. Понимание API и его документации:

Прежде чем начать интеграцию с внешним API, важно полностью понять его функциональность и возможности. Изучите документацию API, чтобы понять, какие эндпоинты доступны, какие параметры принимаются и какие данные возвращаются. Также важно узнать о требованиях к аутентификации и авторизации при работе с API.

2. Использование стандартных библиотек и фреймворков: Для взаимодействия с API лучше использовать готовые библиотеки или фреймворки, которые облегчают процесс интеграции. [2] Многие языки программирования предлагают стандартные библиотеки для работы с HTTP-запросами и обработки JSON/XML-данных. Использование таких инструментов позволяет сосредоточиться на бизнес-логике вашего приложения, вместо написания кода для низкоуровневого взаимодействия с API.

3. Обработка ошибок и исключительных ситуаций: При работе с внешними сервисами и API необходимо учитывать возможность возникновения ошибок и исключительных ситуаций. [3] Обработка исключений и управление ошибками помогут сделать ваше приложение более надежным и устойчивым к сбоям во внешних сервисах. Обратите внимание на обработку ошибок сети, неправильных запросов и недоступности API.

4. Аутентификация и безопасность: При интеграции с внешними сервисами важно обеспечить безопасность передаваемых данных и правильную аутентификацию. В зависимости от API, вам может потребоваться использовать ключи аутентификации, токены доступа или другие методы идентификации. Убедитесь, что вы следуете рекомендациям по безопасности API и защищаете конфиденциальные данные.

5. Тестирование и отладка: Перед выпуском приложения важно провести тестирование интеграции с внешними сервисами и API. Создайте тестовые сценарии, чтобы убедиться, что ваше приложение правильно взаимодействует с API и обрабатывает различные сценарии использования. Используйте отладчики и логирование для выявления и исправления ошибок в процессе разработки и эксплуатации приложения.

6. Мониторинг и управление: После интеграции с внешними сервисами важно настроить мониторинг, чтобы отслеживать работу API и своего приложения. Мониторинг поможет обнаружить проблемы, такие как недоступность API или сбои в его работе. Используйте системы контроля версий и управления сложностью кода для эффективного управления интеграцией и обновлениями ваших приложений.

Интеграция с внешними сервисами и API играет важную роль в разработке современных приложений. [4] Правильная интеграция позволяет расширить функциональность приложения, повысить его эффективность и улучшить пользовательский опыт. Следуя приведенным выше советам, вы сможете успешно интегрировать внешние сервисы и API в свое приложение и достичь желаемых результатов.

7. Управление ограничениями и ограничениями использования: При работе с внешними сервисами и API могут быть установлены ограничения на количество запросов,



скорость отправки запросов или доступ к определенным функциям. Важно учитывать эти ограничения при разработке своего приложения и обеспечить соответствие требованиям API. Если ваше приложение требует большого количества запросов или более высокой скорости обработки, возможно, вам потребуется обсудить с поставщиком API возможность получения дополнительных разрешений или рассмотреть альтернативные решения.

8. Кеширование и оптимизация запросов: Часто при работе с внешними сервисами и API можно использовать кеширование для сокращения количества запросов и улучшения производительности приложения. Если данные, получаемые из API, редко изменяются, вы можете сохранить их в кеше и использовать их при следующих запросах вместо повторного обращения к API. Это позволит уменьшить нагрузку на внешний сервис и ускорить ответы вашего приложения.

9. Работа с различными форматами данных: API могут возвращать данные в различных форматах, таких как JSON, XML, CSV и другие. Важно уметь обрабатывать и анализировать эти данные в своем приложении. [5] Используйте стандартные библиотеки или фреймворки для разбора и обработки данных в нужном формате. Обратите внимание на возможные ошибки при разборе данных и обработку некорректных или неполных ответов от API.

10. Масштабирование и обновление: При интеграции с внешними сервисами и API важно учесть возможность масштабирования вашего приложения и обновления API. Если ваше приложение успешно развивается и получает все больше пользователей, возможно, потребуется масштабирование инфраструктуры для обработки большего количества запросов. Также не забывайте следить за обновлениями API и адаптировать ваше приложение к изменениям, чтобы сохранить его работоспособность.

## **Выводы**

Интеграция с внешними сервисами и API является неотъемлемой частью разработки современных приложений. Правильная интеграция позволяет расширить функциональность, повысить эффективность и улучшить пользовательский опыт. При интеграции с API важно понимать его функциональность, использовать стандартные библиотеки и фреймворки, обрабатывать ошибки и исключительные ситуации, обеспечивать безопасность и эффективность работы, а также тестировать и мониторить свое приложение. Следуя этим рекомендациям, вы сможете успешно интегрировать внешние сервисы и API в свое приложение и достичь желаемых результатов.

## **Список литературы**

1. Котенко И. В. и др. Модель человеко-машинного взаимодействия на основе сенсорных экранов для мониторинга безопасности компьютерных сетей//Региональная информатика" РИ-2018". – 2018. – С. 149-149.
2. Красов А. В. и др. Способы коммутации пакетов в сетях CISCO//Материалы Всероссийской научно-практической конференции" Национальная безопасность России: актуальные аспекты" ГНИИ" Нацразвитие". Июль 2018. – 2018. – С. 31-35.
3. Казанцев А. А. и др. Создание и управление Security Operations Center для эффективного применения в реальных условиях//Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2019). – 2019. – С. 590-595.

4. Пат. 2020617705 Russian Federation, МПК2020616731 .. Программная реализация средств предотвращения вторжений и аномалий сетевой инфраструктуры / Красов А.В., Гельфанд А.М., Фадеев И.И. и др.; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. — № 2020616731; заявл. 2020-06-29; опубл. 2020-07-10, — 1 с.

## References

1. Kotenko I. V. et al. A human-machine interaction model based on touchscreens for monitoring the security of computer networks //Regional Informatics"RI-2018". – 2018. – pp. 149-149.
  2. Krasov A.V. et al. Packet switching methods in CISCO networks //Materials of the All-Russian scientific and practical conference "National Security of Russia: current aspects of the "GNII" National Development". July 2018. – 2018. – pp. 31-35.
  3. Kazantsev A. A. et al. Creating and managing a Security Operations Center for effective use in real-world environments //Actual problems of infotelecommunications in science and education (APINO 2019). – 2019. – pp. 590-595.
  4. Stalemate. 2020617705 Russian Federation, IPK2020616731 .. Software Implementation of Means to Prevent Intrusions and Anomalies of Network Infrastructure / Krasov A.V., Gelfand A.M., Fadeev I.I., et al.; Applicant and patent holder St. Petersburg State University of Telecommunications named after Prof. M.A. Bonch-Bruevich. — № 2020616731; declared. 2020-06-29; Publ. 2020-07-10, — 1 с.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала: <http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.89

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ В АСПЕКТЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИХ СОСТОЯНИЯ

**Васильев А.В.**

*ФГБУО ВО «МИРЭА - РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», Москва, Россия, (119454, г. Москва, просп. Вернадского, 78, стр. 4.), e-mail: light7591@gmail.com*

Вычислительные системы все более и более используются во всех сферах повседневной жизни. Для обеспечения бесперебойного их функционирования необходимо знать как принципы их композиции, так и уметь разрабатывать методы, направленные на поддержание их бесперебойной работы. Целью данного исследования является описание принципов функционирования вычислительных систем и методов, которые могут быть направлены на поддержание их бесперебойной работы. В работе использовались общенаучные методы: анализ теоретических источников, сбор информации, описание. Необходимость поддержания бесперебойной работы вычислительной системы очевидна ввиду того, что убытки от её простоя или потерь данных на ней могут быть весьма велики. Методы и средства поддержки вычислительной системы в рабочем состоянии очень важны и в перспективе всегда будут таковыми.

Ключевые слова: Вычислительные системы, программное обеспечение, нейросети, метрики, временные ряды, прогнозирование.

## COMPUTATIONAL SYSTEMS AND THEIR FUNCTIONING IN THE ASPECT OF FORECASTING THEIR CONDITION

**Vasilyev A.V.**

*MIREA - RUSSIAN TECHNOLOGICAL UNIVERSITY, Moscow, Russia (119454, Moscow, avenue. Vernadsky, 78, b. 4), e-mail: light7591@gmail.com*

Computational systems are increasingly being used in all spheres of everyday life. To provide their faultless functionality it is necessary to know the principles of their composition as well as be able to develop methods directed to keeping their faultless work. The purpose of the given research is description of functioning of computational systems and methods that can be directed to provide their faultless work. General scientific methods were used in the work: analysis of theoretical sources, collection of information, description. The necessity of keeping the faultless work of a computational system is obvious due to that the losses of its being idle or its data loss can be quite high. Methods and means of keeping a computational system in working condition are very important and in perspective will be always so.

Keywords: Computational systems, software, neural networks, metrics, time series, forecasting.

### Введение

Вычислительные системы широко применяются в повседневной деятельности для решения самых разнообразных задач. Обычно под вычислительной системой подразумевается ПК (PC, персональный компьютер). В более широком смысле под термином “вычислительная

система” подразумеваются как персональные компьютеры (предназначенные для одного пользователя), так и специализированные компьютеры для решения узкого круга задач (например, мэйнфреймы или суперкомпьютеры). Иногда также используется словосочетание “компьютерная система”[1, 2].

Вычислительные системы (ВС), используемые в настоящее время, выполняют множество задач, не связанных напрямую с вычислением (математикой). Следует, однако, делать различие между понятиями “ЭВМ” (электронно-вычислительная машина) и компьютером. Первое понятие символизирует, как следует из названия, то, что в качестве узлов, исполняющих работу ЭВМ (т.е. её функциональных узлов), используются электронные компоненты. Под понятием же компьютера могут скрываться принципы не обязательно электронного характера – он может быть основан на биологических, механических, квантовых и других принципах. Термин “компьютер” также предполагает возможность внесения поправок (изменений) в программу, исполняемую на нем, что, в свою очередь, доступно не для всех видов ЭВМ.

Существуют математические модели вычислительных систем. Они используются, как правило, для какой-то конкретной цели. К математическим моделям вычислительных систем относятся автомат фон Неймана, абстрактный автомат, конечный автомат (с памятью или без), а также универсальная машина Тьюринга и машина Поста. Целями применения (использования) данных моделей вычислительных систем являются соответственно исследования возможностей создания самовоспроизводящихся машин, построения дискретных моделей более сложных автоматов для работы с символами (последовательностями символов), применение в анализаторах (синтаксических и лексических) и тестирования программного обеспечения на основе моделей (более широко в данных методах используется теория конечных автоматов). Универсальная же машина Тьюринга и машина Поста являются алгоритмически эквивалентными и обе предназначены для формализации самого понятия алгоритма и решения задач, касающихся алгоритмической разрешимости. Математические модели вычислительных систем также могут делиться на подмодели (к примеру, не- и детерминированные конечные автоматы).

Вычислительные системы строятся по специальной архитектуре (например, архитектура фон Неймана, Гарвардская архитектура), которая подвержена изменениям в соответствии с видами задач, решаемых на вычислительной системе, построенной на ее основе. Изменение (оптимизация) архитектуры вычислительной системы осуществляется для наиболее реалистичного математического моделирования исследуемых явлений. Результат задачи, выполняемой на вычислительной системе, предоставляется пользователю посредством устройств вывода, каковыми могут быть мониторы (дисплеи), проекторы, индикаторы и т.п..

Современные вычислительные системы могут быть цифровыми (т.е. предназначенными для работы с дискретными численными (а также символьными) переменными, а также аналоговыми (для работы с потоками данных, поступающими непрерывно). Цифровые компьютеры в настоящее время обладают намного большим диапазоном применения, чем аналоговые (которые используются, как правило, для некоторых специальных целей). Остальные подходы к построению вычислительных систем являются в настоящее время либо используемыми в узком кругу (т.е. нацеленными на узкоспециализированные задачи), либо являются экспериментальными (пробными) решениями.

Цифровые компьютеры основаны на той или иной системе счисления. В настоящее время используется двоичная система счисления, переход к которой позволил значительно упростить внутреннее устройство компьютеров, а также периферийного оборудования (и более упрощенно реализовать арифметические и логические операции в компьютере). В общем и целом выбор системы представления данных не меняет основные принципы, в соответствии с которыми работает компьютер – любой компьютер способен работать в качестве другого (т.е. эмулировать его). Производительность же многих компьютеров, как правило, определяется скоростью, с которой они могут осуществлять чтение (запись) данных в память. Код программы, исполняемой на вычислительной системе, как правило, хранится в той же памяти, что и данные (в соответствии с архитектурой фон Неймана). Данное решение используется, как правило, в большинстве компьютерных систем, в отличие от микро-ЭВМ (контроллеров) и сигнальных процессоров.

Основной (фундаментальной) особенностью компьютеров является способность исполнять некий изменяемый набор инструкций (программу). При помощи вычислений компьютер способен обрабатывать информацию по определенному алгоритму. Как правило, обработка информации при этом сводится к применению простой алгебры логики. Однако следует иметь в виду, что компьютеры могут решить не любую математическую задачу.

Применение компьютеров в настоящее время охватывает как просто вычисления, так и работу с базами данных (СУБД), управление различными устройствами, простое хранение информации и её пересылка по всевозможным каналам связи, работу в Интернете, игры, моделирование сложных биологических, метеорологических процессов (для этого используется специальный класс вычислительных систем – суперкомпьютеры) и многое другое. Широко распространены распределенные вычисления, во время которых множество слабых компьютеров работают над отдельными частями какой-то сложной задачи, а также применения вычислительных систем при работе с искусственным интеллектом (т.е. для решения таких задач, где отсутствует чётко определенный более или менее простой алгоритм). Фактически в настоящее время компьютер превратился в главный информационный инструмент при решении всевозможных задач[3].

## **1. Постановка проблемы**

В процессе эксплуатации вычислительных систем происходят, помимо бесперебойной их работы, сбои, которые влияют на возможность их использования, корректность обработки ими данных и правильность выдаваемых ими результатов. Таким образом, системы и программное обеспечение, способные каким-то образом предсказывать состояние вычислительной системы, являются очень важными объектами как для разработки, так и для исследований в целом.

Простыми методами для того или иного контроля (диагностики) состояния вычислительной системы являются как специальное программное обеспечение, созданное именно для такой цели, так и аппаратные методы, направленные на то же самое. Рассмотрим, к примеру, персональные компьютеры (ПК), как один из классов вычислительных систем. К первой категории можно отнести, к примеру, специальное программное обеспечение для контроля за состоянием ПК (программы, по функциональности похожие на HWMonitor, Reliability Monitor и т.п. а также множество фирменного программного обеспечения,

поставляемого, как правило, с компьютерным оборудованием той или иной компании или же доступного для загрузки с сайта этой же компании). Ко второй же категории можно отнести специальные платы для того или иного разъема на материнской плате ПК или устройства для подсоединения к тому или иному порту ПК. Данные устройства и платы, как правило, снабжены той или иной индикацией или имеют встроенный динамик, что позволяет пользователю проконтролировать правильность загрузки ПК (похожие аппаратные средства уже имеются, как правило, на самой материнской плате для выполнения той же самой функции, и таким образом, в случае выхода их из строя их работу на себя может взять внешнее устройство). Но очевидно, что данный подход хотя и является одним из способов того или иного контроля за ПК, он позволяет лишь оценить то, как успешно загрузилась система и/или наблюдать как за её состоянием в целом, так и за состоянием её отдельных компонентов в настоящий момент, но никак не прогнозировать её состояние, восстанавливать систему в случае сбоя и т.п.. Таким образом, необходим, оправдан, заслуживает внимания и актуален более глубокий подход к данному вопросу.

## **2. Описание изучаемого предмета статьи**

Вычислительные системы всё более и более используются во всех сферах деятельности.

Кратко вычислительную систему можно разделить на[4]:

1. Аппаратное обеспечение – в случае персонального компьютера, например, им являются материнская плата, жесткий диск, процессор и оперативная память. Также в данную категорию могут быть отнесены периферийные устройства и корпус ПК с блоком питания.

2. Программное обеспечение. В данную категорию может быть отнесена операционная система(ОС). Как правило, ею является Windows или Linux. Также в данную категорию могут быть отнесены различные прикладные приложения для работы в указанных ОС.

Анализ соответствующих статей показал, что для прогнозирования (а следовательно, и для предсказания сбоев вычислительной системы) можно задействовать нейросети[5, 6]. Нейросети (NN, НС) построены по принципу биологических нейронных сетей. Каждый нейрон способен передавать информацию другим нейронам через связи. Каждая связь имеет свой вес, что, безусловно, влияет на выходной сигнал. Нейронные сети могут иметь разнообразную архитектуру, что и определяет сферу их применения.

## **3. Цель работы**

Приведение обзора систем и программного обеспечения (с демонстрацией реальных примеров), которое может быть задействовано для цели прогнозирования состояния вычислительной системы.

## **4. Методы исследования**

В работе были использованы такие методы исследования, как анализ научной литературы, электронных ресурсов и анализ авторских статей по теме исследования.

## **5. Результаты исследования**

Путем прогнозирования конечных состояний, получившихся исходов и т.п. может быть задействование искусственных нейронных сетей (ANN, ИНС) [5, 6] (при этом может быть дан прогноз как на состояние вычислительной системы, так и систем, отличных от неё). При этом необходимо задействовать обучение рассматриваемой нейронной сети на поиск сбоев в системе. Прогнозированием состояния системы в данном случае будет являться оценка фактических и аккумулированных показателей работы вычислительной системы, т.е. в данном случае нейронная сеть будет работать с какими-то данными, характеризующими состояние данной системы (показателями данной системы) и производить оценку состояния данной системы (т.е. делать прогноз) на основе этих данных.



Рисунок 1 – Обнаружение сбоев при использовании нейросети

При построении нейронных сетей, направленных на поиск (предсказание) аномалий, происходящих в работе вычислительных систем, широко применяется подход, основанный на предиктивном обслуживании (англ. predictive maintenance) [7, 8]. Сущность рассматриваемого подхода состоит в нахождении (обнаружении) неполадок, способных привести к отказу или серьезному ухудшению работы системы, с использованием (задействованием) искусственного интеллекта. Рассмотрим существующие системы мониторинга состояния вычислительных систем, основываясь на данном подходе.

Вычислительная система, будучи разработанной, прежде всего доводится до стадии эксплуатации. Конечному пользователю крайне необходимо, чтобы рассматриваемая система работала без каких-либо сбоев (либо с возможно минимальным их числом и при этом чтобы данные сбои не влияли на работу системы и были как можно более незаметны для самого конечного пользователя). Для цели предсказания состояния вычислительной системы задействуются определенные программы отслеживания (мониторинга) её состояния. Данные инструменты снимают показания с работающей системы (метрики), предоставляют возможность определения (диагностики) её состояния и нахождения причины произошедших сбоев (если они произошли). Данный процесс имеет название мониторинга системы (программной или аппаратной)[9]. В качестве простого метода, направленного на предотвращение остановки вычислительной системы, дестабилизации ее состояния и т.п. возможно, к примеру, определенным способом или методом настроить данное используемое программное обеспечение таким образом, чтобы оно срабатывало при отклонении какого-либо из наблюдаемых показателей от нормы (например, при уменьшении свободного места на жестком диске системы, за которой осуществляется наблюдение). Обычно средства мониторинга вычислительных систем уже так или иначе включают в себя подобные инструменты, что с успехом позволяет определять уже произошедшие в вычислительной

системе различные сбои, остановки, отклонения от нормы и т.п., или же позволяет определять потенциальные состояния (симптомы) будущих каких-либо неполадок в системе, но в целом и целом предсказание сбоев в вычислительной системе остается для средств мониторинга сложной задачей. Большинство потенциальных отказов системы, как правило, остается незамеченными и поэтому как никогда является актуальным поиск методов, направленных на как можно более успешное определение каких бы то ни было отказов вычислительных систем. Предикативное обслуживание, упомянутое выше, несомненно является одним из таких методов.

Метрики, позволяющие отслеживать состояние рассматриваемой вычислительной системы – это различные показатели системы, а также среды, в которой эксплуатируется данная система. При сборе данных с метрик устанавливается метка момента времени, когда метрики были получены. Данные метрик в анализе называются временными рядами (англ. time series)[10]. С вычислительной системы, находящейся в эксплуатации, возможно снятие тысяч метрик, формирующих пространство метрик (или же временных рядов, которые являются в данном случае многомерными)[11]. В общем же случае понятие временного ряда применимо не только к вычислительным системам.

Реализацией (осуществлением) предикативного обслуживания является задача нахождения аномалий в рассматриваемых временных рядах[12]. Аномалией в данном случае будет являться некое отклонение данных (показателей) программной системы, к примеру, замедление скорости обработки запроса того или иного вида или падение числа обработанных обращений при неизменном количестве (уровне) сессий клиентов, возникающих при обращении к вычислительной системе[13].

Теперь, когда начальные сведения о характеристиках, используемых в тех или иных инструментах, направленных на прогнозирование состояния вычислительной системы, даны, имеет смысл более подробно и по возможности максимально полно перейти к рассмотрению данных инструментов.

Для того, чтобы рассмотреть показатели вычислительной системы в ходе её мониторинга каким-либо программным средством, требуется приложение или приложения, способные обеспечить значительную загрузку данной вычислительной системы в ходе её работы с ним (с ними). В качестве такого приложения, необходимого для демонстрации методов прогнозирования состояния вычислительной системы, может быть рассмотрена программная система “Web-Консолидация”[14] как источник метрик для последующих анализов и пример в целом как приложения, которое способно значительно нагрузить вычислительную систему. Рассматриваемая программная система является определенно сложной и для нее собирается значительное количество метрик, которыми определенно являются показатели операционной системы, под которой собственно выполняется код (к примеру, загрузка CPU в процентах, состояние виртуальной памяти), показатели сети, сервера (опять же загрузка CPU, памяти и т.п.), а также собственные метрики программного комплекса по тем или иным определяющим подсистемам. Для снятия метрик с системы, как правило, используется определенное программное обеспечение, специальным образом созданное именно для таких целей. Одним из таких программных средств является graphite-clickhouse[15].

Данное программное обеспечение может обмениваться данными с пользовательским интерфейсом grafana, используемым для мониторинга состояния вычислительных систем.



Считывание же метрик с рассматриваемого приложения “Web-Консолидация” можно осуществить при помощи отдельного программного обеспечения – jmxtrans[16]. В этом случае схема работы всего программного обеспечения (graphite-clickhouse и jmxtrans) может быть представлена как некий комплекс, работающий согласованно и вместе.

Следует помнить, что пользовательские приложения (как предназначенные для стационарных ПК, так и мобильные), как правило, подвержены частой смене версий, что, безусловно, влияет на метрики данного приложения. Они также могут иметь различные особенности реализации[17], малый (как правило) процент аномалий, пробелы в считывании показателей системы (например, если сервер перегружен, получить от него какую-либо информацию трудно или совсем невозможно[18]). Все это совершенно точно и определенно влияет на обучение нейронной сети, рассматриваемой для прогноза состояния вычислительной системы и/или восстановления текущего состояния вычислительной системы в рабочее.

На исходе (результате) прогноза или ресторации окна потока метрик, актуального в данный момент, высчитывается отклонение от результата, полученного от программной системы, работающей должным образом[20]. В случае, если разница между полученными метриками программной системы и нейронной сети является слишком большой (т.е. в самом общем случае, если разница между моделью и фактическими показателями слишком велика)[20, 21], можно определенно сделать вывод об аномальности (неправильности) отрезка данных, с которым происходит работа в настоящий момент. Для использования нейронных сетей таким образом существует ряд проблем, а именно:

1. В общем случае, требуется обладать актуальной моделью, как для обучения[22, 23, 24] рассматриваемой нейронной сети, так для успешного обнаружения ошибок[25]. Изменения сезонности, направления и т.п. способны вызвать ложные срабатывания. Необходимо четко определенное время, когда используемая модель потеряет свою актуальность.

2. Ни в коем случае нельзя оставлять в стороне поиск и предотвращения ложных срабатываний[25, 26]. Определенно требуется максимально возможная минимизация их количества[27, 28]. В противном случае ложные прогнозы и/или срабатывания будут напрасно отнимать много времени у персонала, осуществляющего надзор за вычислительной системой. Как некоторые из вариантов борьбы с данной проблемой, здесь может помочь введение модели детектирования злоупотреблений[25] или введение некоего порога срабатываний.

Помимо данного программного обеспечения, следует отметить специализированный программный комплекс Prometheus, который непосредственно предназначен для мониторинга состояния как вычислительных систем, так и различных других объектов[29]. Он представляет собой базу данных временных рядов и при этом позволяет присоединение различных инструментов для расширения своего функционала. Prometheus работает посредством извлечения метрик с использованием HTTP-вызовов к конечным точкам, введенным заранее в его конфигурационные файлы. У данного комплекса есть заметное отличие от остальных баз временных рядов, заключающееся в его самостоятельной сборке метрик (технология Pull)[30].

Дать описание абсолютно всех программных комплексов и т.п., имеющих отношение к мониторингу состояния вычислительных систем, не представляется возможным, поэтому приведены лишь некоторые из них и кратко упомянуты технологии, лежащие в их работе.

С целью детектирования аномалий во временных рядах может быть применена рекуррентная нейронная сеть (англ. RNN, Recurrent Neural Network)[31, 32] с памятью LSTM (англ. long short-term memory). Данный тип нейронной сети способен запоминать прошлую информацию и учитывать ее при предсказаний будущих показателей (значений) [33]. Применение данной нейронной сети показано на рисунке 8. Из рисунка видно, что в целом рекуррентная нейронная сеть справляется с поиском аномалии на рассматриваемом участке времени. LSTM-нейронные сети в целом хорошо приспособлены к прогнозированию временных рядов (если это возможно для рассматриваемого ряда) и выдают достаточно достоверные сведения [34]. Но в целом использования одной технологии рекуррентной нейронной сети будет явно недостаточно (иными словами, она применима к малому количеству метрик). Тем не менее, возможно в целом её использование в качестве дополнительного (вспомогательного) средства поиска аномалий.

С целью прогнозирования отказов применяются автоэнкодеры, или автокодировщики (англ. auto-encoders)[35, 36]. По своей сути автокодировщик - искусственная нейронная сеть со специальной архитектурой, позволяющая применить обучение без учителя (англ. unsupervised learning)[36]. Простейшая форма автокодировщика – нейронная сеть, похожая на многослойный перцептрон (англ. multilayer perceptron, MLP) и имеющая входной слой (уровень входа), выходной слой (уровень выхода) и один или несколько слоев, соединяющие их[36, 37]. Фундаментальный же принцип функционирования автокодировщика – получение на выходном слое отклика, максимально похожего на входной[36, 37, 38]. Как правило, для избежания слишком тривиального выполнения данной задачи ее усложняют путем добавления каких-то ограничений относительно промежуточных слоев (меньшая размерность, ограничение активных нейронов промежуточного слоя). Для прогнозирования отказов автокодировщик обучается на нормальных данных и затем находит что-то аномальное в подаваемых данных. При этом автокодировщик обучается осуществлять реконструкцию, в отличие от MLP, своих собственных значений  $X$  (входное значение), а не значений  $Y$  (выходное), заданных входом  $X$ [39], т.е. в данном случае как раз и происходит прогнозирование отказов (аномалий).

Как упоминалось выше, необходимо всяческим образом предотвращать ложные срабатывания комплекса мониторинга вычислительной системы [27, 28]. Обычно механизм сокращения ложных срабатываний основан на неких паттернах, классифицируемых администратором системы и обнаруженными, как правило, при помощи нейросетей. Основной принцип сокращения ложных срабатываний в данном случае заключается в сравнении случая, возникшего в ходе работы вычислительной системы, с паттернами, собранными и классифицированными администратором, и на основе сравнения определяется принадлежность данного случая к ложным или приводящим к сбоям в работе вычислительной системы. Для сравнения двух соответствующих временных рядов может быть применён алгоритм динамической трансформации временной шкалы (англ. dynamic time warping, DTW)[40]. В совокупности с нейронными сетями LSTM работа всей схемы прогнозирования

(предсказания) отказов теоретически может быть представлена в виде схемы, показанной на рисунке 2.

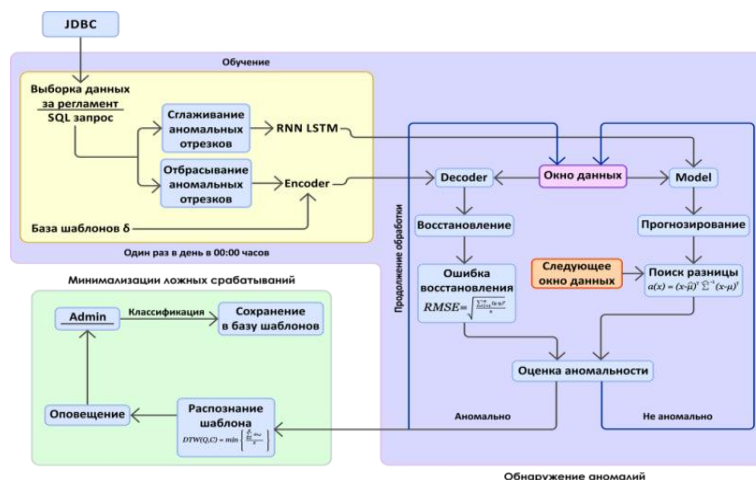


Рисунок 2 – Анализ метрик и схема предсказания отказов на его основе.

На данной схеме расположены несколько блоков (поиск аномальных отрезков, или сегментов, в поступающих данных мониторинга вычислительной системы, т.е. метриках, а также, собственно, и сам механизм минимизации ложных срабатываний). Данные могут подаваться из некоторой базы данных, в которую их сохранит graphite (или другое средство мониторинга вычислительной системы). Примеры работы всего комплекса (примеры аномальных метрик) во время функционирования вычислительной системы показаны на рисунке 3. Порог аномальности (процент, выше которого загрузка CPU считается чрезмерной) при этом выделен экспериментально администратором. Порог аномальности может быть легко отрегулирован в соответствии с требованиями к устойчивости вычислительной системы.

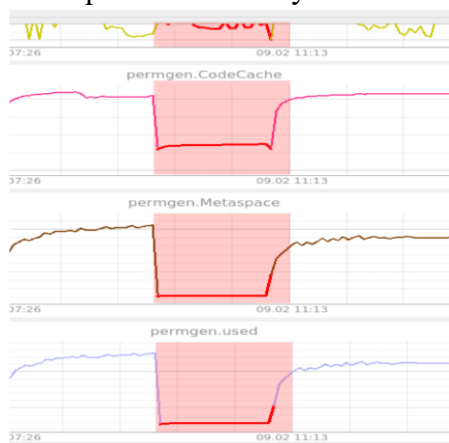


Рисунок 3 – Пример работы автокодировщика.

Из рисунка видно, что метрика (временной ряд) находилась на одном и очень низком уровне долгое время. Автокодировщиком было отнесено данное состояние вычислительной системы в аномальные.

До сих пор подходы к обеспечению работоспособности вычислительной системы рассматривались с точки зрения оценивания показаний её функционирования и последующего принятия решений в соответствии с данными показателями, задействуя при этом различные

инструменты для этого (средства мониторинга вычислительной системы, сборщики метрик, нейросети, методы анализа информации и т.д.). Следует, тем не менее, упомянуть, что как минимум средства мониторинга могут быть встроены в крупные программные комплексы, осуществляющие, к примеру, контроль за параллельными вычислениями, что исключает необходимость пользоваться сторонними программами. Таким образом, применение дополнительного программного обеспечения, направленного на поддержание работы нескольких вычислительных систем, выполняющих параллельные вычисления с помощью рассматриваемых комплексов, в той или иной степени теряет смысл (это определяется лишь тем, насколько эффективные средства для поддержки работы вычислительных систем, работающих параллельно, встроил в данный комплекс его разработчик). Самым очевидным примером, хотя и не связанным с параллельными вычислениями, является операционная система Windows и её диспетчер задач (англ. task manager), позволяющий осуществлять, хотя и очень ограниченно, мониторинг компьютера, на котором установлена сама Windows.

## **6. Выводы**

Таким образом, существующие системы (аппаратные и программные), направленные на прогнозирование состояния вычислительной системы, можно приближённо разделить на следующие условные категории:

1. Аппаратные средства (специализированные платы с индикацией, динамиком и т.п., возможно, какие-либо внешние средства). Иногда примитивные системы, осуществляющие, к примеру, информирование пользователя о правильности загрузки компьютера, могут быть встроены на материнской плате этого компьютера.

2. Программы для мониторинга состояния вычислительной системы на основе каких-то показателей (температура CPU, загрузка подсистем и т.п). В эту категорию входят, например, Task Manager, grafana, HWMonitor, Reliability Monitor.

3. Программы, необходимые для снятия метрик с функционирующей вычислительной системы и работы с ними (graphite-clickhouse, jmxtrans), специализированные программные комплексы, направленные на это (Prometheus).

4. Нейросети и технологии, связанные с ними (RNN, LSTM, un- и supervised learning, dynamic time warping, predictive maintenance, автокодировщики).

## **Список литературы**

1. Essentials of computer architecture. Douglas Comer. Second edition. Chapman and Hall/CRC. 2017. – p.511
2. Introduction to computing systems. From bits & gates to C/C++ and beyond. Yale Patt, Sanjay Patel. Third edition. McGraw-Hill Higher Education. 2019. – 800 p.
3. “Quantum computing for everyone”. Chris Bernhardt. The MIT Press. 2020. – p.216
4. Безнос О.С. Конфигурации, выбор и обоснование персонального компьютера целевого назначения/ Фундаментальная и прикладная наука: новые вызовы и прорывы/Безнос О.С., Притыка М.Ю.-Сборник статей Международной научно-практической конференции. 2020.

5. Любимова Т.В., Горелова А.В. Решение задачи прогнозирования с помощью нейронных сетей/Любимова Т.В., Горелова А.В. Международный научный журнал “Инновационная наука”, 2015.
6. Angela Meyer Early fault detection with multi-target neural networks/Angela Meyer -Bern University of Applied Sciences. arXiv:2106.08957. 2021.
7. Amruthnath Nagdev, Gupta Tarun. A research study on unsupervised machine learning algorithms for fault detection in predictive maintenance/Amruthnath Nagdev, Gupta Tarun. – ResearchGate.net, April 2018.
8. Susto, Gian Antonio. Machine learning for predictive maintenance: A multiple classifier approach/ IEEE Transactions on industrial informatics. 11 (3); 812-820. Susto, Gian Antonio, 2015.
9. Шамин И.М. Мониторинг IT-систем и сетевых устройств/Шамин И.М.\\ Международный студенческий научный вестник, 2019.
10. Евстигнеев И.П. Прогнозирование временных рядов/ Научная электронная библиотека elibrary.ru. eLibrary ID: 49338123, Евстигнеев И.П. 2022.
11. David Betancourt. Deep learning for high-dimensional time series/Towards Data Science, David Betancourt, Ph.D. 2019.
12. Колесников И.Н., Финогеев А.Г. Проактивный мониторинг событий на основе предиктивного анализа временных рядов/Cyberleninka.ru. Колесников И.Н., Финогеев А.Г., 2020.
13. Alexander Geiger, Dongyu Liu, Sarah Alnegheimish, Alfredo Cuesta-Infante, Kalyan Veeramachaneni. TadGAN: Time series anomaly detection using generative adversarial networks/ Alexander Geiger, Dongyu Liu, Sarah Alnegheimish, Alfredo Cuesta-Infante, Kalyan Veeramachaneni. arXiv.org, 2020.
14. <http://www.krista.ru/products/webconsolidation>. НПО “Криста”. ПК “Web Консолидация”/. НПО “Криста”. Электронный ресурс. 2022.
15. <http://www.github.com/go-graphite/graphite-clickhouse>. Graphite cluster backend with ClickHouse support. Электронный ресурс. 2022.
16. <http://www.github.com/jmxtrans>. Metrics exporter. Электронный ресурс. 2022.
17. Md Saidur Rahman, Foutse Khomh, Alaleh Hamidi, Jinghui Cheng, Giuliano Antoniol, Hironori Washizaki. Machine learning application development:practitioners’ insights/ Md Saidur Rahman, Foutse Khomh, Alaleh Hamidi, Jinghui Cheng, Giuliano Antoniol, Hironori Washizaki. arXiv.org, 2021.
18. Lamisha Rawshan, Jobaer Khan, Asif Imran . Identifying overloaded servers and managing dynamic placement of virtual machines in cloud/ Lamisha Rawshan, Jobaer Khan, Asif Imran. Researchgate.net, 2016.
19. В. Mehlig. Machine learning with neural networks/ В. Mehlig. arXiv.org. 2019.
20. Савицкий Д.Е., Дунаев М.Е., Зайцев К.С. Выявление аномалий при обработке потоков данных в реальном времени/Савицкий Д.Е., Дунаев М.Е., Зайцев К.С.. Cyberleninka.ru, 2022.
21. Саенко И.Б., Котенко И.В., Аль-Барри М.Х. Применение искусственных нейронных сетей для выявления аномального поведения пользователей центров обработки данных/ Саенко И.Б., Котенко И.В., Аль-Барри М.Х.. Cyberleninka.ru. 2022.

22. Stefano Mangini, Francesco Tacchino, Dario Gerace, Daniele Bajoni, Chiara Macchiavello. Quantum computing models for artificial neural networks/ Stefano Mangini, Francesco Tacchino, Dario Gerace, Daniele Bajoni, Chiara Macchiavello. arXiv.org, 2021.
23. Nikolaus Kriegeskorte, Tal Golan. Neural network models and deep learning—a primer for biologists/ Nikolaus Kriegeskorte, Tal Golan. arXiv.org. 2019.
24. Patrick L. Combettes, Jean-Christophe Pesquet, Audrey Repetti. A variational inequality model for learning neural networks/ Patrick L. Combettes, Jean-Christophe Pesquet, Audrey Repetti. arXiv.org, 2022.
25. Aditya Pandey, Abhishek Sinha, Aishwarya PS. Intrusion detection using sequential hybrid model/ Aditya Pandey, Abhishek Sinha, Aishwarya PS. arXiv.org, 2019.
26. Зуев В.Н. Обнаружение аномалий сетевого трафика методом глубокого обучения/ Зуев В.Н. cyberleninka.ru, 2020.
27. Christian Tomani, Florian Buettner. Towards trustworthy predictions from deep neural networks with fast adversarial calibration/ Christian Tomani, Florian Buettner. arXiv.org, 2020.
28. Xu Ji, Razvan Pascanu, Devon Hjelm, Andrea Vedaldi, Balaji Lakshminarayanan, Yoshua Bengio. Predicting unreliable predictions by shattering a neural network/ Xu Ji, Razvan Pascanu, Devon Hjelm, Andrea Vedaldi, Balaji Lakshminarayanan, Yoshua Bengio. arXiv.org, 2021.
29. <http://www.prometheus.io>. Prometheus - from metrics to insight. Электронный ресурс. 2022.
30. Xunhui Zhang, Yue Yu, Georgios Gousios, Ayushi Rastogi. Pull request decision explained: An empirical overview/ Xunhui Zhang, Yue Yu, Georgios Gousios, Ayushi Rastogi. arXiv.org, 2021.
31. Gabor Petnehazi. Recurrent neural network for time series forecasting/ Gabor Petnehazi, arXiv.org, 2019.
32. Hansika Hewamalage, Cristoph Bergmeir, Kasun Bandara. Recurrent neural network for time series forecasting: current status and future directions”. Hansika Hewamalage, Cristoph Bergmeir, Kasun Bandara. arXiv.org, 2019.
33. Malhotra Pankaj, Vig Lovekesh, Shroff Gautam, Agarwal Puneet. Long short-term memory networks for anomaly detection in time series/ Malhotra Pankaj, Vig Lovekesh, Shroff Gautam, Agarwal Puneet. ESANN, researchgate.net, 2015.
34. Обрубов М.О., Кириллова С.Ю. Применение LSTM-сети в решении задачи прогнозирования многомерных временных рядов/ Обрубов М.О., Кириллова С.Ю.. Cyberleninka.ru, 2021.
35. Chong Zhou, Randy C. Paffenroth. Anomaly detection with robust deep autoencoders/ Chong Zhou, Randy C. Paffenroth. Researchgate.net, 2017.
36. Umberto Michelucci. An introduction to autoencoders/ Umberto Michelucci. Researchgate.net, 2022.
37. Dor Bank, Noam Koenigstein, Raja Giryes. Autoencoders/ Dor Bank, Noam Koenigstein, Raja Giryes. arXiv.org, 2020.
38. Sai Krishna, Thulasi Tholeti, Sheetal Kalyani. How to boost autoencoders?/ Sai Krishna, Thulasi Tholeti, Sheetal Kalyani. arXiv.org, 2021.

39. Гурина А.О., Гузев О.Ю., Елисеев В.Л. Обнаружение аномальных событий на хосте при помощи автокодировщика/Гурина А.О.,Гузев О.Ю.,Елисеев В.Л.. International journal of open information technologies,ISSN: 2307-8162, vol.8, no.8, Cyberleninka.ru, 2020.
40. Vivek Mahato, Pdraig Cunningham. A case-study on the impact of dynamic time warping in time series regression/ Vivek Mahato, Pdraig Cunningham. arXiv.org, 2020.

## References

1. Essentials of computer architecture. Douglas Comer. Second edition. Chapman and Hall/CRC. 2017. – p.511
2. Introduction to computing systems. From bits & gates to C/C++ and beyond. Yale Patt, Sanjay Patel. Third edition. McGraw-Hill Higher Education. 2019. – 800 p.
3. “Quantum computing for everyone”. Chris Bernhardt. The MIT Press. 2020. – p.216
4. Beznos O.S. Configurations, Choice and Justification of a Personal Computer of Target Purpose / Fundamental and Applied Science: New Challenges and Breakthroughs / Beznos O.S., Prityka M.Y. - Collection of Articles of the International Scientific and Practical Conference. 2020.
5. Lyubimova T.V., Gorelova A.V. Solving the Forecasting Problem with the Help of Neural Networks / Lyubimova T.V., Gorelova A.V. International Scientific Journal "Innovative Science", 2015.
6. Angela Meyer Early fault detection with multi-target neural networks/Angela Meyer -Bern University of Applied Sciences. arXiv:2106.08957. 2021.
7. Amruthnath Nagdev, Gupta Tarun. A research study on unsupervised machine learning algorithms for fault detection in predictive maintenance/Amruthnath Nagdev, Gupta Tarun. – ResearchGate.net, April 2018.
8. Susto, Gian Antonio. Machine learning for predictive maintenance: A multiple classifier approach/ IEEE Transactions on industrial informatics. 11 (3); 812-820. Susto, Gian Antonio, 2015.
9. Shamin I.M. Monitoring of IT systems and network devices / Shamin I.M.\\ International Student Scientific Bulletin, 2019.
10. Evstigneev I.P. Forecasting of Time Series/ Scientific Electronic Library elibrary.ru. eLibrary ID: 49338123, Evstigneev I.P. 2022.
11. David Betancourt. Deep learning for high-dimensional time series/Towards Data Science, David Betancourt, Ph.D. 2019.
12. Kolesnikov I.N., Finogeev A.G. Proactive monitoring of events based on predictive analysis of time series/Cyberleninka.ru. Kolesnikov I.N., Finogeev A.G., 2020.
13. Alexander Geiger, Dongyu Liu, Sarah Alnegheimish, Alfredo Cuesta-Infante, Kalyan Veeramachaneni. TadGAN: Time series anomaly detection using generative adversarial networks/ Alexander Geiger, Dongyu Liu, Sarah Alnegheimish, Alfredo Cuesta-Infante, Kalyan Veeramachaneni. arXiv.org, 2020.
14. <http://www.krista.ru/products/webconsolidation>. NGO "Krista". PC "Web Consolidation"/. NGO "Krista". Electronic resource. 2022.
15. <http://www.github.com/go-graphite/graphite-clickhouse>. Graphite cluster backend with ClickHouse support. Electronic resource. 2022.
16. <http://www.github.com/jmxtrans>. Metrics exporter. Electronic resource. 2022.

17. Md Saidur Rahman, Foutse Khomh, Alaleh Hamidi, Jinghui Cheng, Giuliano Antoniol, Hironori Washizaki. Machine learning application development: practitioners' insights/ Md Saidur Rahman, Foutse Khomh, Alaleh Hamidi, Jinghui Cheng, Giuliano Antoniol, Hironori Washizaki. arXiv.org, 2021.
18. Lamisha Rawshan, Jobaer Khan, Asif Imran . Identifying overloaded servers and managing dynamic placement of virtual machines in cloud/ Lamisha Rawshan, Jobaer Khan, Asif Imran. Researchgate.net, 2016.
19. B. Mehlig. Machine learning with neural networks/ B. Mehlig. arXiv.org. 2019.
20. Savitskiy D.E., Dunaev M.E., Zaitsev K.S. Detection of anomalies in processing data flows in real time/Savitskiy D.E., Dunaev M.E., Zaitsev K.S. Cyberleninka.ru, 2022.
21. Sayenko I.B., Kotenko I.V., Al-Barry M.Kh. Application of artificial neural networks to detect anomalous behavior of data center users/ Sayenko I.B., Kotenko I.V., Al-Barry M.Kh. Su berleninka.ru. 2022.
22. Stefano Mangini, Francesco Tacchino, Dario Gerace, Daniele Bajoni, Chiara Macchiavello. Quantum computing models for artificial neural networks/ Stefano Mangini, Francesco Tacchino, Dario Gerace, Daniele Bajoni, Chiara Macchiavello. arXiv.org, 2021.
23. Nikolaus Kriegeskorte, Tal Golan. Neural network models and deep learning—a primer for biologists/ Nikolaus Kriegeskorte, Tal Golan. arXiv.org. 2019.
24. Patrick L. Combettes, Jean-Christophe Pesquet, Audrey Repetti. A variational inequality model for learning neural networks/ Patrick L. Combettes, Jean-Christophe Pesquet, Audrey Repetti. arXiv.org, 2022.
25. Aditya Pandey, Abhishek Sinha, Aishwarya PS. Intrusion detection using sequential hybrid model/ Aditya Pandey, Abhishek Sinha, Aishwarya PS. arXiv.org, 2019.
26. Zuev V.N. Detection of network traffic anomalies by the method of deep learning/ Zuev V.N. cyberleninka.ru, 2020.
27. Christian Tomani, Florian Buettner. Towards trustworthy predictions from deep neural networks with fast adversarial calibration/ Christian Tomani, Florian Buettner. arXiv.org, 2020.
28. Xu Ji, Razvan Pascanu, Devon Hjelm, Andrea Vedaldi, Balaji Lakshminarayanan, Yoshua Bengio. Predicting unreliable predictions by shattering a neural network/ Xu Ji, Razvan Pascanu, Devon Hjelm, Andrea Vedaldi, Balaji Lakshminarayanan, Yoshua Bengio. arXiv.org, 2021.
29. <http://www.prometheus.io>. Prometheus - from metrics to insight. Электронный ресурс. 2022.
30. Xunhui Zhang, Yue Yu, Georgios Gousios, Ayushi Rastogi. Pull request decision explained: An empirical overview/ Xunhui Zhang, Yue Yu, Georgios Gousios, Ayushi Rastogi. arXiv.org, 2021.
31. Gabor Petnehazi. Recurrent neural network for time series forecasting/ Gabor Petnehazi, arXiv.org, 2019.
32. Hansika Hewamalage, Cristoph Bergmeir, Kasun Bandara. Recurrent neural network for time series forecasting: current status and future directions". Hansika Hewamalage, Cristoph Bergmeir, Kasun Bandara. arXiv.org, 2019.
33. Malhotra Pankaj, Vig Lovekesh, Shroff Gautam, Agarwal Puneet. Long short-term memory networks for anomaly detection in time series/ Malhotra Pankaj, Vig Lovekesh, Shroff Gautam, Agarwal Puneet. ESANN, researchgate.net, 2015.



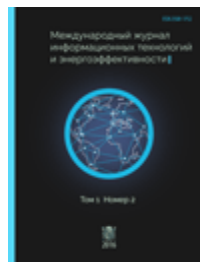
34. Obrubov M.O., Kirillova S.Y. Application of the LSTM network in solving the problem of forecasting multidimensional time series. Cyberleninka.ru, 2021.
  35. Chong Zhou, Randy C. Paffenroth. Anomaly detection with robust deep autoencoders/ Chong Zhou, Randy C. Paffenroth. Researchgate.net, 2017.
  36. Umberto Michelucci. An introduction to autoencoders/ Umberto Michelucci. Researchgate.net, 2022.
  37. Dor Bank, Noam Koenigstein, Raja Giryes. Autoencoders/Dor Bank, Noam Koenigstein, Raja Giryes. arXiv.org, 2020.
  38. Sai Krishna, Thulasi Tholeti, Sheetal Kalyani. How to boost autoencoders?/ Sai Krishna, Thulasi Tholeti, Sheetal Kalyani. arXiv.org, 2021.
  39. Gurina A.O., Guzev O.Yu., Eliseev V.L. Detection of anomalous events on the host using an autoencoder/Gurina A.O., Guzev O.Yu., Eliseev V.L. International journal of open information technologies, ISSN: 2307-8162, vol.8, no.8, Cyberleninka.ru, 2020.
  40. Vivek Mahato, Pdraig Cunningham. A case-study on the impact of dynamic time warping in time series regression/ Vivek Mahato, Pdraig Cunningham. arXiv.org, 2020.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.051

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВРЕМЕНИ РЕНДЕРИНГА КОМПОНЕНТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯМИ В REACT-ПРИЛОЖЕНИЯХ

<sup>1</sup>Пирюшов А.С., <sup>2</sup>Пирюшов М.С.

ФГАОУ ВО "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ (ИТМО)", Санкт-Петербург, Россия (197101, город Санкт-Петербург, Кронверкский пр-кт, д. 49 литер а), e-mail: <sup>1</sup>uchenik.ikt@yandex.ru, <sup>2</sup>maximalka111@yandex.ru

**Цели.** В настоящее время веб-технологии достигли такого уровня своего развития, при котором пользователю важно, чтобы система решала определённую задачу и была наиболее эффективной среди аналогов. Одним из вариантов повышения эффективности является оптимизация времени рендеринга компонентов, которые составляют веб-приложение. Большинство таких приложений решают сразу несколько задач, следовательно их структуру можно представить, как композицию нескольких подсистем. Нередко состояние подсистемы оказывает влияние на состояние всей системы в целом. Для доступа в подсистемах к этому состоянию разработчики применяют различные инструменты управления состоянием. Цель работы – сравнить время рендеринга компонентов в React-приложениях, различающихся функциональными возможностями, используя различные актуальные инструменты управления состоянием.

**Методы.** Предлагается исследовать работу веб-приложений, построенных с помощью фреймворка React, при использовании таких инструментов управления состоянием приложения, как Redux Toolkit, Effector и React Context. Экспериментальные результаты получены путём использования инструментов разработчика, предоставляемых Google, в частности вкладки Performance.

**Результаты.** Представлено описание спроектированных веб-приложений, используемых в процессе исследования, приведены экспериментальные результаты и их сравнение.

**Выводы.** Проведенные исследования позволяют говорить о том, что Effector показывает лучший результат в приложениях, в которых необходимо выполнять асинхронные запросы на сервер (среднее значение времени рендеринга компонентов равно 6585,05 мс), Redux Toolkit является наиболее оптимальным решением в случаях, когда веб-приложение состоит из большого и малого количества компонентов без выполнения асинхронных запросов (среднее значение времени рендеринга компонентов равно 114,97 мс и 1,03 мс соответственно).

**Ключевые слова:** Инструмент управления состоянием, оптимизация, рендеринг, менеджер состояния, веб-приложение, инструменты разработчика, React, Effector, Context, Redux.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF COMPONENT RENDERING TIME WHEN USING VARIOUS STATE MANAGEMENT TOOLS IN REACT APPLICATIONS

<sup>1</sup>Piryushov A.S., <sup>2</sup>Piryushov M.S.

NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES, MECHANICS AND OPTICS (ITMO), St. Petersburg, Russia (197101, St. Petersburg, Kronverkskiy pr-kt, 49), e-mail: <sup>1</sup>uchenik.ikt@yandex.ru, <sup>2</sup>maximalka111@yandex.ru

**Objectives.** Currently, web technologies have reached a level of development at which it is important for the user that the system solves a specific problem and is the most effective among analogues. One option to improve efficiency is to optimize the rendering time of the components that make up a web application. Most of these applications solve several problems at once, therefore their structure can be represented as a composition of several subsystems. Often the state of a subsystem affects the state of the entire system as a whole. To access this state in subsystems, developers use various state management tools. The goal of the work is to compare the rendering time of components in React applications that differ in functionality, using various current state management tools.

**Methods.** It is proposed to explore the performance of web applications built using the React framework using application state management tools such as Redux Toolkit, Effector and React Context. Experimental results were obtained by using the developer tools provided by Google, in particular the Performance tab.

**Results.** A description of the designed web applications used in the research process is presented, experimental results and their comparison are given.

**Conclusions.** The conducted research suggests that Effector shows the best results in applications in which it is necessary to perform asynchronous requests to the server (the mathematical expectation of the component rendering time is 6585.05 ms), Redux Toolkit is the most optimal solution in cases where the web application consists from a large and small number of components without executing asynchronous requests (the mathematical expectation of the component rendering time is 114.97 ms and 1.03 ms, respectively).

Keywords: State management tool, optimization, rendering, state manager, web application, developer tools, React, Effector, Context, Redux.

## Введение

Под влиянием широкого развития Web в мире, увеличения значимости его концепций в экономической сфере настал момент, когда число всевозможных веб-технологий разрослось, и чтобы заставить пользователя выбрать определённое веб-приложение, оно должно обладать существенными преимуществами перед другими ему подобными приложениями с теми же функциональными возможностями. Для каждого человека так или иначе одной из главных ценностей является время. Перед разработчиками стоит проблема создания веб-приложения, которое помимо решения своих основных задач ещё и является наиболее оптимизированным в своём сегменте. Одним из способов повышения эффективности такого приложения является правильный выбор инструмента для управления его состоянием.

Наиболее распространёнными фреймворками для создания клиентской части веб-приложения являются React, Angular, Vue. React-приложения выделяются среди других решений своей производительностью, фреймворк использует виртуальный DOM для внесения изменений. Возникла потребность в эффективном управлении их состоянием [1].

На данный момент существует множество различных инструментов для управления состоянием React-приложений. Они имеют различные подходы определения доступа к состоянию, обладают собственной экосистемой, различаются способом подписки компонентов на изменения, всё это достаточно подробно рассматривается в некоторых работах [2-5] и учитывается при выборе наилучшего решения, при этом слабо исследуется неоднозначное влияние менеджеров состояний на функционирование разной сложности React-приложений. К тому же не было найдено ни одной работы, в которой исследовалась бы эффективность рендеринга компонентов React-приложений, использующих такой менеджер состояния, как Effector.

## Постановка задачи

Чаще всего на решение разработчика по выбору менеджера состояния оказывает влияние его личный опыт или, наоборот, отсутствие опыта с аналогами. От выбора инструмента управления состоянием React-приложения зависит его быстроедействие. В зависимости от

структуры приложения, его функциональных возможностей оптимальное решение отличается.

Исходя из вышесказанного, возникает задача сравнения времени рендеринга компонентов различных по уровню сложности React-приложений с использованием актуальных инструментов управления их состоянием и выбор наиболее подходящего под тот или иной случай.

### Малокомпонентное веб-приложение

В качестве первого эксперимента предлагается протестировать время рендеринга веб-приложения, которое содержит небольшое количество компонентов. За основу было взято приложение, представляющее собой примитивный счётчик: текстовое поле, отображающее текущее значение счётчика и две кнопки для добавления и вычитания единицы. Пользовательский интерфейс представлен на Рисунке 1.

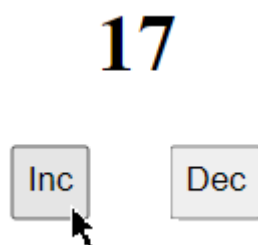


Рисунок 1 – Пользовательский интерфейс простого веб-приложения для эксперимента

Время рендеринга веб-приложения фиксировалось при изменении счётчика на единицу как в большую, так и в меньшую сторону.

Замер времени рендеринга осуществлялся инструментами разработчика, предоставляемыми Google на вкладке Performance.

Для каждого рассматриваемого инструмента управления состоянием было проведено десять экспериментов и вычислено среднее значение. Результаты замеров приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Значения времени рендеринга однокомпонентного веб-приложения

Номер теста	Время рендеринга (мс)		
	Redux Toolkit	Effector	Context
1	1	1,1	1,2
2	1,1	1,4	1,2
3	1,2	1	1,3
4	1	1	1,4
5	0,9	1	1,9
6	1	1,1	1,7
7	1	0,8	1,3
8	1	1,1	1
9	1	0,9	1,2
10	1,1	1,4	1,3

В Таблице 2 приведены средние значения для каждого решения.

Таблица 2 – Средние значения времени рендеринга однокомпонентного веб-приложения

Среднее время рендеринга (мс)		
Redux Toolkit	Effector	Context
1,03	1,08	1,35

### Многокомпонентное веб-приложение

В качестве второго эксперимента предлагается протестировать время рендеринга веб-приложения, которое содержит большое количество компонентов, приближённое к реальному продукту коммерческой разработки.

За основу было взято приложение, представляющее собой инструмент для работы с данными клиентов: имя, возраст, информация о подписке и текущем рабочем положении. Предоставляется форма для заполнения данных, таблица со всеми записями, кнопки для добавления данных в таблицу и удаления записи из неё, а также кнопка для изменения темы приложения (светлая или тёмная). Пользовательский интерфейс представлен на Рисунке 2.

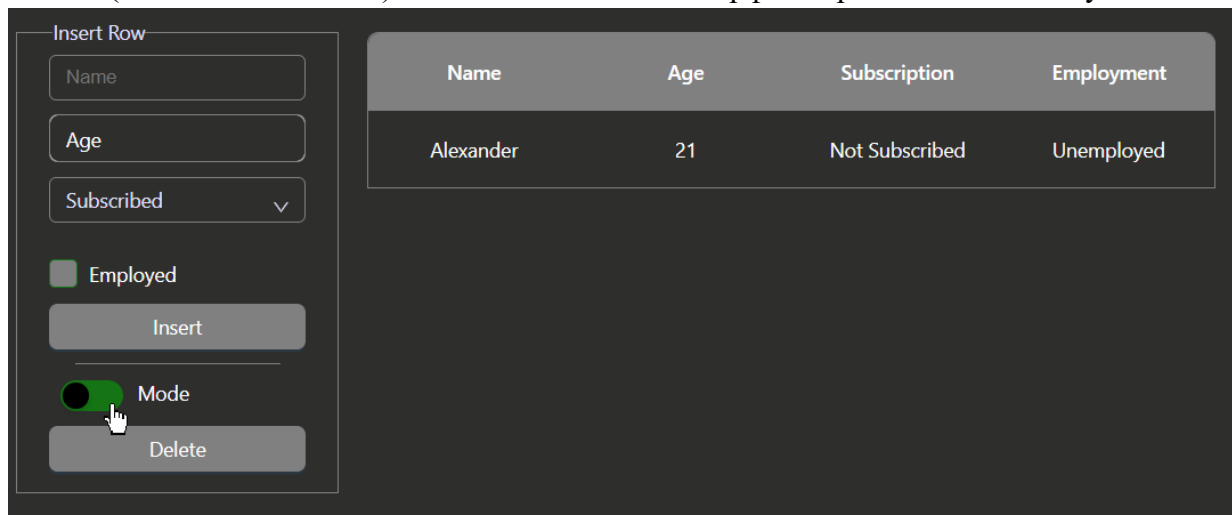


Рисунок 2 – Пользовательский интерфейс многокомпонентного веб-приложения для эксперимента

На Рисунке 3 представлен интерфейс приложения при нажатии на запись в таблице. Всплывает форма для изменения данных текущей записи.

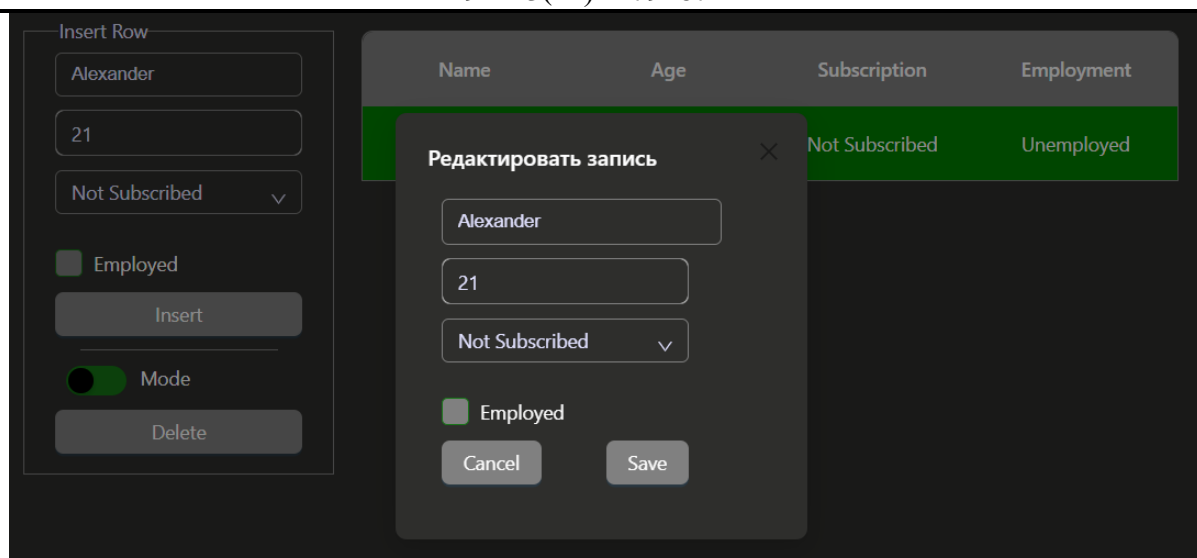


Рисунок 3 – Пользовательский интерфейс с формой для изменения записи в таблице

За рендеринг веб-приложения, время которого вычислялось в эксперименте, были приняты все изменения с начала открытия формы и до появления обновленной записи в таблице.

Замер времени рендеринга осуществлялся инструментами разработчика, предоставляемыми Google на вкладке Performance.

Для каждого рассматриваемого инструмента управления состоянием было проведено десять экспериментов и вычислено среднее значение. Результаты замеров приведены в Таблице 3.

Таблица 3 – Значения времени рендеринга многокомпонентного веб-приложения

Номер теста	Время рендеринга (мс)		
	Redux Toolkit	Effector	Context
1	134,1	123,7	159,1
2	114,3	122,5	161,2
3	109,1	105,9	142,1
4	122,1	126,6	140,1
5	110,8	118,9	163,5
6	106	113,6	154,2
7	110,2	114,6	164,2
8	124,5	116,1	151,4
9	111,1	117,6	142,9
10	107,5	117,3	166,2

В Таблице 4 приведены средние значения для каждого решения.

Таблица 4 – Средние значения времени рендеринга многокомпонентного веб-приложения

Среднее время рендеринга (мс)		
Redux Toolkit	Effector	Context
114,97	117,68	154,49

### Веб-приложение с асинхронным запросом

В качестве третьего эксперимента предлагается протестировать время рендеринга веб-приложения, которое запрашивает данные с определённого веб-сервиса. За основу было взято приложение, в котором есть текстовое поле для ввода количества запрашиваемых картинок и кнопка для осуществления самого запроса. Пользовательский интерфейс представлен на Рисунке 4.

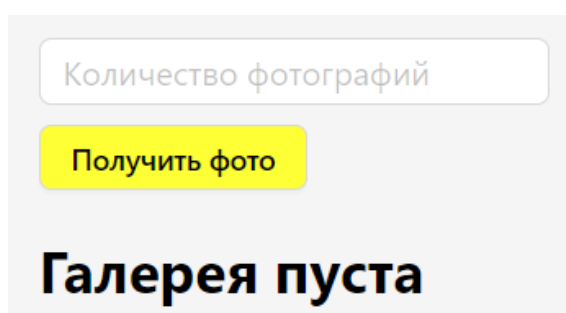


Рисунок 4 – Пользовательский интерфейс веб-приложения с асинхронным запросом для эксперимента

Время рендеринга отсчитывалось с момента нажатия на кнопку для получения фото и до полной отрисовки полученных данных в виде галереи (Рисунок 5).

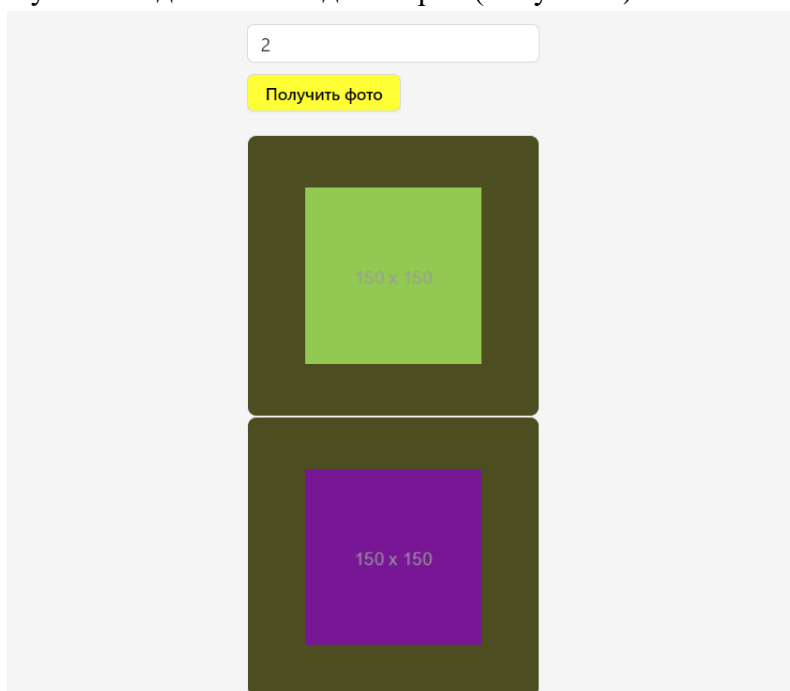


Рисунок 5 – Компонент галерея

Замер времени рендеринга осуществлялся инструментами разработчика, предоставляемыми Google на вкладке Performance.

Для каждого рассматриваемого инструмента управления состоянием было проведено десять экспериментов с количеством получаемых фотографий, равным 5000, и вычислено среднее значение. Результаты замеров приведены в Таблице 5.

Таблица 5 – Значения времени рендеринга веб-приложения с асинхронным запросом

Номер теста	Время рендеринга (мс)		
	Redux Toolkit	Effector	Context
1	6493,3	5646,4	5608,1
2	8629,3	5633,6	7990,5
3	6556,4	6571,1	8557,6
4	6290,1	5337,3	5562,9
5	9886,3	5522,5	8350,3
6	8548,5	7698,2	9572,3
7	8374,7	7884,8	8082,4
8	8983,2	5487,4	8548,7
9	8870,4	7675	5483,3
10	8740,7	8394,2	8189,8

В Таблице 6 приведены средние значения для каждого решения.

Таблица 6 – Средние значения времени рендеринга веб-приложения с асинхронным запросом

Среднее время рендеринга (мс)		
Redux Toolkit	Effector	Context
8137,29	6585,05	7594,59

### Выводы

По результатам первого эксперимента, представленным в таблицах 1,2, можно сделать вывод, что для React-приложений с малым количеством компонент, наиболее оптимальным решением является менеджер состояния Redux Toolkit, среднее время рендеринга компонентов с использованием которого составило 1,03 мс. Сравнимый результат был получен с использованием Effector (среднее время рендеринга – 1,08 мс). Больше всего времени понадобилось при использовании React Context (среднее время рендеринга – 1,35 мс).

Второй эксперимент, проводимый с React-приложением, структура которого по количеству компонент и вложенности сложнее, результаты которого представлены в таблицах 3,4, расположил исследуемые инструменты в том же порядке – Redux Toolkit и Effector также являются наиболее оптимальными инструментами для управления состоянием со средним временем рендеринга 114,97 мс и 117,68 мс соответственно, при использовании Context среднее время рендеринга составило 154,49 мс.

В эксперименте с React-приложением, где осуществлялась работа с данными, полученными в ответе от веб-сервиса на асинхронный запрос (таблицы 5,6), результаты были следующими: рендеринг с использованием Effector занял наименьшее количество времени, среднее значение которого равно 6585,05 мс, Context справляется с этой задачей за 7594,59 мс. Хуже всего показал себя в этом случае Redux Toolkit (среднее время рендеринга – 8137,29 мс).



Подводя итог, можно сказать, что выбор инструмента для управления состоянием приложения зависит от структуры React-приложения и выполняемых им задач. Наиболее стабильным и оптимальным решением во всех проводимых экспериментах оказался Effector.

### Список литературы

1. Бодров, С. Д. Стейт менеджеры в frontend разработке на React. A Posteriori. 2023;6:17-21. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53958412>.
2. Кашапов, К. Г., Ким П.Е., Голикова Е.А. Оценка и сравнение менеджеров состояний применяемых при решении проблемы управления состоянием в современном SPA веб приложении. Научно-технические инновации и веб-технологии. 2023;1:70-77. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53922922>.
3. Натробина, А. Э., Фёдоров В.О. Redux и новый react context api как инструменты управления состоянием веб-приложения. Компьютерные технологии и моделирование в науке, технике, экономике, образовании и управлении: тенденции и развитие. Материалы международной научно-технической конференции. 2019;299-301. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43113854>.
4. Кольшикина, Н.С., Малкова Л.Е. Сравнение библиотек Redux и MobX. Modern Science. 2020;6(2):267-270. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43005224>.
5. Ким, А. Выбор менеджера управления состояний в React. Научно-технические инновации и веб-технологии. 2022;2:30-34. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50203811>.
6. Vasilijevic, V., Kojic N., Vugdeliija N. A New Approach In Quantifying User Experience In Weboriented Applications. In: Proceedings of the 4th International Scientific Conference ITEMA, Association of Economists and Managers of the Balkans. 2020. P. 25-30. <https://doi.org/10.31410/ITEMA.2020>.

### References

1. Bodrov, S. D. State managers in front-end development using React. A Posteriori = A Posteriori. 2023;6:17-21 (in Russ.). Available from URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53958412>.
2. Kashapov, K. G., Kim P.E., Golikova E.A. Evaluation and comparison of state managers used to solve the problem of state management in a modern SPA web application. Nauchno-tekhnicheskiye innovatsii i veb-tehnologii = Scientific and technical innovations and web technologies. 2023;1:70-77 (in Russ.). Available from URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53922922>.
3. Natrobina, A. E., Fydorov V.O. Redux and the new react context api as web application state management tools. Komp'yuternyye tekhnologii i modelirovaniye v nauke, tekhnike, ekonomike, obrazovanii i upravlenii: tendentsii i razvitiye. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii = Computer technologies and modeling in science, technology, economics, education and management: trends and development. Materials of the international scientific and technical conference. 2019;299-301 (in Russ.). Available from URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43113854>.
4. Kolyshkina, N.S., Malkova L.E. Comparison of Redux and MobX libraries. Modern Science = Modern Science. 2020;6(2):267-270 (in Russ.). Available from URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43005224>.

5. Kim, A. Choosing a State Manager in React. Nauchno-tehnicheskiye innovatsii i veb-tehnologii = Scientific and technical innovations and web technologies. 2022;2:30-34 (in Russ.). Available from URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50203811>.
  6. Vasiljevic, V., Kojic N., Vugdelija N. A New Approach In Quantifying User Experience In Weboriented Applications. In: Proceedings of the 4th International Scientific Conference ITEMA, Association of Economists and Managers of the Balkans. 2020. P. 25-30. <https://doi.org/10.31410/ITEMA.2020>.
-



Международный журнал информационных технологий и  
энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.67

## ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ: БИЗНЕС БУДУЩЕГО

**Субботина В.В., Назаренко М.Д., Максимов В.В., Сафонова Т.В., <sup>1</sup>Мокряк А.В.**  
*ФГБОУ ВО "РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ" Санкт-Петербург, Россия (192007, город Санкт-Петербург, Воронежская ул., д. 79)*

<sup>1</sup>*ФГБОУ ВО "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ ИМЕНИ ГЕРОЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ГЕНЕРАЛА АРМИИ Е.Н.ЗИНИЧЕВА", Санкт-Петербург, Россия (196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д.149), e-mail: mokryakanna@mail.ru*

Интернет вещей - это концепция, которая описывает сеть физических устройств, подключенных к интернету и обменивающихся данными между собой. Эти устройства могут включать в себя бытовую технику, автомобили, медицинские устройства, промышленное оборудование и многое другое. Интернет вещей представляет собой огромный потенциал для бизнеса будущего. В данной статье была проделана работа по изучению новой технологии – Интернета вещей. В частности, ее влияние на бизнес, который благодаря применению открывает широкий спектр различных услуг. Представлен обзор литературы по выбранной теме, описано влияние изобретения на бизнес и основные улучшения, которые оно вносит в себя. Рассмотрены основные преимущества внедрения изобретения на предприятиях, такие как: сбор и обмен данными, управление товарами и использованием рабочей силы. Аналогично были упомянуты и недостатки. Наконец, было проведено сравнение таких результатов, как глобальные затраты, потраченные на предмет, количество используемой техники, а также наиболее распространенные неприятности, возникающие при ее установке.

Ключевые слова: интернет вещей, бизнес, обмен данными, интеллектуальные устройства, новые технологии.

## INTERNET OF THINGS: FUTURE BUSINESS

**Subbotina V.V., Nazarenko M.D., Maksimov V.V., Safonova T.V., <sup>1</sup>Mokryak A.V.**  
*RUSSIAN STATE HYDROMETEOROLOGICAL UNIVERSITY, St. Petersburg, Russia (192007, St. Petersburg, Voronezhskaya str., 79)*

<sup>1</sup>*ST. PETERSBURG UNIVERSITY OF THE STATE FIRE SERVICE OF THE MINISTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION FOR CIVIL DEFENSE, EMERGENCIES AND ELIMINATION OF CONSEQUENCES OF NATURAL DISASTERS NAMED AFTER THE HERO OF THE RUSSIAN FEDERATION, GENERAL OF THE ARMY E.N. ZINICHEV, St. Petersburg, Russia (196105, St. Petersburg, Moskovsky prospekt, 149), e-mail: <sup>1</sup>mokryakanna@mail.ru*

---

**The Internet of Things is a concept that describes a network of physical devices connected to the Internet and exchanging data with each other. These devices can include household appliances, automobiles, medical devices, industrial equipment, and more. The Internet of Things represents a huge potential for the business of the future. In this article, work has been done to study a new technology – the Internet of Things. In particular, its impact on business, which, thanks to its application, opens up a wide range of different services. A review of the literature on the chosen topic is presented, the impact of the invention on business and the main improvements it makes are described. The main advantages of the introduction of the invention in enterprises are considered, such as: data collection and exchange, management of goods and the use of labor. Disadvantages were also mentioned in a similar way. Finally, the results were compared, such as the global costs spent on the item, the amount of equipment used, as well as the most common troubles that arise when installing it.**

---

Keywords: Internet of things, business, data exchange, smart devices, new technologies.

## **Введение**

Интернет вещей — это глобальная сеть физических устройств, подключенных к интернету и обменивающихся данными без прямого взаимодействия человека. Эта технология является ключевой и перспективной в современном мире, переворачивая представление о взаимодействии устройств и окружающей среды.

Интернет вещей открывает огромные возможности для бизнеса и промышленности. С помощью сети подключенных устройств компании могут собирать и анализировать огромные объемы данных, принимать эффективные решения и оптимизировать свои процессы. Это позволяет улучшить качество продукции и услуг, снизить затраты и повысить производительность.

Бизнес-модели, основанные на интернете вещей, могут быть применены в различных отраслях, включая производство, транспорт, здравоохранение, сельское хозяйство и энергетику. Например, в производстве интернет вещей позволяет создавать «умные» заводы, где устройства взаимодействуют автоматически, оптимизируя процессы и повышая эффективность [1]. В здравоохранении интернет вещей помогает мониторить пациентов, предоставлять удаленную медицинскую помощь и улучшать качество обслуживания.

Однако с появлением интернета вещей возникают новые вызовы и риски. Безопасность данных и конфиденциальность становятся особенно важными, так как уязвимость устройств может привлечь хакеров и злоумышленников. Также вопросы приватности и этики использования данных требуют серьезного внимания [2].

В данной статье мы рассмотрим основные аспекты интернета вещей как бизнес-модели будущего. Мы рассмотрим преимущества и вызовы, с которыми сталкиваются компании, внедряющие решения интернета вещей. Также мы обсудим тенденции развития интернета вещей и его влияние на экономику и общество.

## **Значение интернета вещей в современном мире**

Интернет вещей все больше влияет на различные сферы жизни и бизнеса в современном мире, демонстрируя свою значимость. Вот несколько аспектов, подчеркивающих важность интернета вещей в современном обществе:

1. **Связность и взаимосвязь:** интернет вещей обеспечивает связь и взаимодействие физических устройств и объектов, создавая связность между ними. Это позволяет устройствам работать вместе и синхронизироваться для достижения общих целей [3]. Например, умные дома объединяют различные устройства, чтобы обеспечить комфорт и энергоэффективность.

2. **Сбор и анализ данных:** интернет вещей позволяет собирать огромные объемы данных с помощью датчиков и устройств, подключенных к сети. Эти данные могут быть

анализированы для извлечения ценной информации. Например, в производственных предприятиях датчики интернета вещей могут собирать данные о состоянии оборудования и процессах производства для оптимизации процессов и предотвращения поломок.

3. Автоматизация и оптимизация процессов: интернет вещей позволяет автоматизировать операции и процессы, повышая эффективность и снижая затраты. Например, в сельском хозяйстве системы интернета вещей мониторинга погоды и почвы могут автоматически управлять поливом и удобрением для оптимизации использования ресурсов и повышения урожайности [4].

4. Улучшение качества жизни: технологии интернета вещей значительно влияют на улучшение качества жизни людей. Например, в медицине устройства интернета вещей могут мониторить пациентов в реальном времени, предоставлять удаленную медицинскую помощь и предупреждать о возможных проблемах со здоровьем. В умных городах системы интернета вещей для управления транспортом и энергоснабжением повышают удобство и безопасность горожан.

5. Инновационные бизнес-модели: интернет вещей стимулирует разработку новых бизнес-моделей и возможностей для предпринимателей. Компании могут предлагать услуги на основе подключенных устройств, создавать «умные» продукты и разрабатывать новые решения, основанные на анализе данных. Это открывает новые рынки и возможности для роста и развития бизнеса.

Важно отметить, что интернет вещей имеет огромное значение в современном мире. Он трансформирует способы работы и взаимодействия с устройствами, улучшает качество жизни людей и предоставляет огромные возможности для бизнеса и инноваций. В будущем интернет вещей будет продолжать развиваться и играть все более важную роль в нашей жизни и обществе.

### **Вызовы и риски, связанные с интернетом вещей в бизнесе**

Внедрение Интернета вещей в бизнесе предоставляет множество преимуществ, но также сопряжено с определенными рисками и вызовами. Одним из основных рисков является безопасность данных. Устройства интернета вещей и сети могут стать объектом кибератак, нарушений данных и несанкционированного доступа. Уязвимости в устройствах и сетях могут привести к взлому, перехвату и изменению передаваемых данных, а также использованию устройств интернета вещей в качестве точки входа для атак на другие системы.

Для обеспечения безопасности данных в системе интернета вещей необходимо предпринять соответствующие меры. Важно регулярно обновлять и патчить программное обеспечение устройств интернета вещей, чтобы закрыть известные уязвимости. Также следует использовать сильные методы аутентификации и шифрования данных для защиты от несанкционированного доступа. Разработка и реализация политик безопасности данных, включая контроль доступа и мониторинг событий, также являются важными мерами для обеспечения безопасности интернета вещей.

Кроме безопасности данных, приватность и этика использования данных также являются значимыми аспектами в контексте интернета вещей. Сбор больших объемов данных, включая персональную информацию пользователей, может вызывать опасения в отношении приватности [5]. Пользователи должны быть информированы о том, какие данные собираются

и как они будут использоваться. Необходимо соблюдать законодательство о защите данных и нормы приватности, а также предусмотреть механизмы контроля и согласия пользователей на сбор и использование их персональных данных.

Кроме того, использование данных интернета вещей также вызывает этические вопросы. Необходимо обеспечить справедливость и прозрачность в использовании данных, чтобы избежать дискриминации и несправедного воздействия на отдельные группы пользователей. Защита конфиденциальности и анонимности данных, особенно при работе с чувствительной информацией, также является важным аспектом. Ответственное использование данных для предотвращения злоупотребления и негативного воздействия на пользователей и общество также является приоритетом.

Понимание и эффективное управление рисками, связанными с интернетом вещей в бизнесе, являются важными аспектами для обеспечения безопасности данных и соблюдения этических принципов. Бизнесы должны принимать соответствующие меры для защиты данных, обеспечения приватности и соблюдения этики при использовании технологий интернета вещей [6]. Это включает в себя регулярное обновление и патчинг устройств, использование сильных методов аутентификации и шифрования, разработку политик безопасности данных, информирование и согласие пользователей, а также соблюдение норм приватности и этических принципов при сборе и использовании данных.

### **Прогнозы будущего развития технологии интернета вещей**

Интернет вещей продолжает развиваться и проникать во все сферы бизнеса, предоставляя компаниям новые возможности и преимущества. Вот несколько ключевых тенденций развития интернета вещей в бизнесе:

#### **1. Расширение применения интернета вещей в различных отраслях:**

Технологии интернета вещей используются во множестве индустрий, включая промышленность, здравоохранение, перевозки, сельское хозяйство и торговлю [7]. Фирмы все лучше осознают возможности, которые предоставляет интернет вещей, в оптимизации действий, улучшении операционной эффективности и создании новых товаров и сервисов. К примеру, в области производства оборудования интернет вещей способен собирать данные о его функционировании, оптимизировать снабженческие процессы и контролировать запасы, а также увеличивать безопасность на производстве.

#### **2. Рост количества подключенных устройств:**

Число подключенных устройств интернета вещей быстро растет. Датчики, устройства для сбора информации и «интеллектуальные» устройства все чаще используются и становятся более доступными. Это формирует гигантские массивы данных, которые компании могут применять для извлечения ценных знаний. Изучение этих данных помогает предугадывать тенденции, принимать более взвешенные решения и улучшать коммуникацию с клиентами.

#### **3. Интеграция интернета вещей с другими передовыми технологиями:**

Интернет вещей все активнее интегрируется с прочими прогрессивными технологиями, подобными искусственному интеллекту, анализу данных и облачным вычислениям. Сочетание этих технологий помогает компаниям получать более глубокую и точную аналитику, автоматизировать операции и создавать свежие бизнес-модели. Используя искусственный интеллект и анализ данных, девайсы интернета вещей могут автоматически

разбирать и оптимизировать процессы производства, в то время как облачные вычисления помогают хранить и обрабатывать гигантские объемы информации [8].

#### 4. Развитие «умных» городов и инфраструктуры:

Интернет вещей играет значительную роль в формировании «умных» поселений и инфраструктуры. Благодаря технологиям интернета вещей города способны улучшить управление транспортом, энергоснабжением, общественной безопасностью и иными аспектами городской жизнедеятельности [9]. К примеру, интеллектуальные датчики и системы слежения позволяют оптимизировать движение автотранспорта и повысить общественную безопасность, создавая таким образом новые возможности для предпринимательской деятельности в области разработки и предложения новаторских решений для городского пространства.

#### 5. Увеличение внимания к безопасности и приватности данных:

С ростом количества подключенных устройств и объема собираемых данных возрастает важность безопасности и приватности данных. Бизнесы все больше уделяют внимание защите данных, регулярному обновлению устройств, использованию сильных методов аутентификации и шифрования, а также соблюдению норм приватности и законодательства о защите данных. Защита данных интернета вещей становится неотъемлемой частью бизнес-стратегии и помогает предотвратить утечки данных и кибератаки.

#### 6. Развитие стандартов и экосистем интернета вещей:

Развитие интернета вещей также сопровождается созданием стандартов и экосистем, способствующих совместимости и взаимодействию разных устройств и систем интернета вещей [10]. Это позволяет компаниям более эффективно применять технологии интернета вещей и разрабатывать более комплексные и интегрированные решения. Эти стандарты и экосистемы способствуют развитию рынка интернета вещей и упрощают введение новых решений для предприятий.

Развитие интернета вещей в бизнесе по-прежнему открывает новые возможности и преимущества. Предприятия, которые активно применяют и интегрируют технологии интернета вещей в свою деятельность, способны повысить эффективность работы, улучшить взаимодействие с потребителями и создать инновационные товары и услуги [11]. Вместе с тем, важно учитывать вопросы защиты и конфиденциальности данных, а также отслеживать развитие стандартов и экосистем интернета вещей для обеспечения успешного выполнения проектов.

### **Выводы**

Интернет вещей — это многообещающая технология, которая способна служить основой для будущих бизнес-моделей. Она позволяет собирать и анализировать значительные объемы данных, создавать «умные города», «умные дома» и «умные производства», а также улучшать качество жизни людей. Но для ее успешного развития нужно решить актуальные задачи, например, высокие затраты на установку, проблемы с защитой информации и интеграцией с другими технологиями. В любом случае, интернет вещей обладает большим потенциалом для преобразования различных сфер экономики и повышения качества жизни в будущем.

### **Список литературы**

1. Алкеми Р. (2018). Плюсы и минусы Интернета вещей. [Электронный ресурс]. Код доступа: URL: <https://www.redalkemi.com/blog/post/pros-cons-of-internet-of-things> (Дата обращения: 24.12.2023).
2. Аман К. (2017). Что Интернет вещей означает для бизнеса. [Электронный ресурс]. Код доступа: URL: <https://www.techjini.com/blog/internet-things-iot-businesses/> (Дата обращения: 24.12.2023).
3. Аттаран М. и Гунасекаран А. (2019). М: Технология с поддержкой блокчейна: новая технология, призванная изменить и децентрализовать многие отрасли. Международный журнал прикладных наук о принятии решений, 12.
4. Аттаран М. (2017). Интернет вещей: безграничные возможности для бизнеса и общества. Журнал стратегических инноваций и устойчивого развития, 12.
5. Финансы онлайн (2020). М: Впечатляющая статистика Интернета вещей: анализ данных и доля рынка за 2020 год. [Электронный ресурс]. Код доступа: URL: <https://financesonline.com/iot-statistics/> (Дата обращения: 24.12.2023).
6. Голубева Т.И., Линдер Н.В., Зоидов К.Х., Петров В.В., Максимов Д.А., Абдулкадиров У.У. (2020). М: Критериальный анализ облачных инструментов при обучении основам баз данных.
7. Консбрук РЛ (2001). М: Влияние информационных технологий на общество в новом веке.
8. Локеш Г. (2019). Как Интернет вещей (IoT) меняет бизнес-среду будущего. [Электронный ресурс]. Код доступа: URL: <https://medium.com/faun/how-internet-of-things-iot-is-transforming-the-future-business-landscape-21f0e8b702c7> (Дата обращения: 24.12.2023).
9. Менциев А.Ю. и Чебиева Х.С. (2019). М: Современные угрозы интернет-безопасности и меры противодействия. (обзор). Инженерный вестник Дона., 3(54), 16.
10. Сафонова Т.В., Яготинцева Н.В., Колбина О.Н., Мокряк А.В. Концепция развития интернета вещей информационные технологии: управление, экономика Транспортное право. 2022. №2(42). 4 с.
11. Вершинин А.К., Сафонова Т.В., Русскин В.Д., Логинов И.С., Ясников А.И. Интернет вещей в сельском хозяйстве Информационные. 2023. № 1 (45). С. 28-34.

## References

1. Alkemi, R. (2018). Pros and cons of Internet of Things. [Electronic resource]. Access code: URL: <https://www.redalkemi.com/blog/post/pros-cons-of-internet-of-things> (Access date: 12/24/2023).
2. Aman, K. (2017). What Internet of Things means for business. [Electronic resource]. Access code: URL: <https://www.techjini.com/blog/internet-things-iot-businesses/> (Access date: 12/24/2023).
3. Attaran, M., and Gunasekaran, A. (2019). M: Energy-enabled technology: new technology, targeted transformation and decentralization of many industries. International Journal of Applied Science Decision Sciences, 12.
4. Attaran, M. (2017). Internet of Things: Boundless Opportunities for Business and Society. Journal of Innovation and Development Strategies, 12.



5. Finance online (2020). M: Impressive Internet of Things statistics: data analysis and market share for 2020. [Electronic resource]. Access code: URL: <https://financesonline.com/iot-statistics/> (Access date: 12/24/2023).
  6. Golubeva T.I., Linder N.V., Zoidov K.Kh., Petrov V.V., Maksimov D.A., Abdulkadirov U.U. (2020). M: Criteria analysis of cloud tools when teaching database fundamentals.
  7. Consbroek, R. L. (2001). M: Information technologies for society in the new century.
  8. Lokesh, G. (2019). How the Internet of Things (IoT) is changing the business environment of the future. [Electronic resource]. Access code: URL: <https://medium.com/faun/how-internet-of-things-iot-is-transforming-the-future-business-landscape-21f0e8b702c7> (Access date: 12/24/2023).
  9. Mentsiev A.Yu. and Chebieva Kh.S. (2019). M: Modern threats to Internet security and countermeasures. (review). Engineering Bulletin of the Don., 3(54), 16.
  10. Safonova T.V., Yagotintseva N.V., Kolbina O.N., Mokryak A.V. Concept of development of the Internet of things information technologies: management, economics Transport law. 2022. No. 2(42). p.4
  11. Vershinin A.K., Safonova T.V., Russkin V.D., Loginov I.S., Yasnikov A.I. Internet of things in agriculture Information technologies and systems: management, economics, transport, law. 2023. No. 1 (45). pp. 28-34.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 621.316

## МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

<sup>1</sup> Баязитов И.А., <sup>2</sup>Хусаинова Е.А.

ФГБОУ ВО "КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ", Казань, Россия (420066, Республика Татарстан, город Казань, Красносельская ул, д. 51 ), e-mail: <sup>1</sup> [slikeslikeslikebia@gmail.com](mailto:slikeslikeslikebia@gmail.com), <sup>2</sup> [ekaterina0686@yahoo.com](mailto:ekaterina0686@yahoo.com)

Статья представляет обзор мировых тенденций развития цифровых подстанций (ЦПС), с акцентом на стандарте МЭК 61850. В работе рассмотрены современные технологические решения и преимущества ЦПС, проанализированы их основные принципы и функциональные возможности. Особое внимание уделено перспективам и значимости внедрения ЦПС для повышения эффективности и надежности энергосистем.

Ключевые слова: Цифровые подстанции, МЭК 61850, автоматизация, энергетические системы, стандарты, сети связи, передача данных, эффективность, надежность, инновации, современные требования, технологические решения.

## WORLD TRENDS IN DIGITAL SUBSTATION DEVELOPMENT

<sup>1</sup> Bayazitov I.A., <sup>2</sup>Hussainova E.A.

KAZAN STATE POWER ENGINEERING UNIVERSITY, Kazan, Russia (420066, Republic of Tatarstan, Kazan, Krasnoselskaya ul., 51), e-mail: <sup>1</sup> [slikeslikeslikebia@gmail.com](mailto:slikeslikeslikebia@gmail.com), <sup>2</sup> [ekaterina0686@yahoo.com](mailto:ekaterina0686@yahoo.com)

The article provides an overview of global trends in the development of digital substations (DS), with a focus on the IEC 61850 standard. The paper examines modern technological solutions and advantages of DS, analyzes their basic principles and functional capabilities. Special attention is given to the prospects and significance of implementing DS to enhance the efficiency and reliability of power systems.

Keywords: Digital substations, IEC 61850, automation, power systems, standards, communication networks, data transmission, efficiency, reliability, innovations, modern requirements, technological solutions.

Существующие технологические решения в рамках единой энергетической сети (ЕЭС) устарели и не отвечают современным требованиям. Новые технологии, включая стандарт МЭК 61850, открывают новые перспективы для автоматизации энергетических систем, внося инновационные методы и стандарты. Цифровая подстанция основана на указанных стандартах, представляя собой современную технологию для управления и автоматизации энергетическими системами. Процесс автоматизации подстанции включает объединение существующих устройств в новую сетевую инфраструктуру, создавая автоматизированную сеть связи [1, с. 11].

Для перехода к мировым тенденциям развития цифровых подстанций важно понимать их составные части и организацию логических уровней в единую систему.

Цифровая подстанция, как комплексный технический объект, включает в себя ряд ключевых компонентов и функций. Среди них важно отметить передачу данных в цифровом формате между терминалами релейной защиты автоматики (РЗА) и контроллерами автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП). Также необходимо использование электронных и электромагнитных измерительных трансформаторов с цифровым интерфейсом, что позволяет эффективно осуществлять мониторинг и управление процессами. Важным аспектом является телеуправление коммутационными аппаратами и системы мониторинга технического состояния оборудования подстанции, обеспечивающие надежность и безопасность работы [2, с. 77]. Кроме того, наличие системы контроля качества электроэнергии позволяет обеспечить соответствие энергетических параметров требованиям стандартов. Внедрение системы автоматизированного контроля и управления объектами электроэнергетики (АСКУЭ) играет важную роль в повышении эффективности и оперативности управления подстанцией. Особое значение имеет использование цифровой шины процесса и обмена данными по оптоволоконным соединениям в соответствии с МЭК 61850, что обеспечивает надежную и быструю передачу информации между первичным и вторичным оборудованием. Для обеспечения совместимости и эффективной работы всех устройств необходимо поддерживать обмен данными по стандартам МЭК-61850-8-1 (MMS, GOOSE), предназначенным для обмена данными как между устройствами верхнего уровня, так и между терминалами РЗА и контроллерами присоединений [3, с. 42]. Использование электронного проектирования согласно стандартам МЭК-61850 позволяет оптимизировать процесс проектирования и настройки подстанции, что сокращает время наладки и обеспечивает более эффективную работу оборудования.

В соответствии со стандартом МЭК 61850-3, подстанции подразделяются на три основных уровня: станции, присоединения и процесса (см. Рисунок 1).

На уровне станции осуществляются различные функции, включая протоколирование нарушений работы, защиту шин, а также контроль диспетчера и синхронизацию времени. Уровень присоединений отвечает за реализацию релейной защиты, мониторинг линий и сбор данных о нарушениях, а также функционирование локальной противоаварийной автоматики [4, с. 171]. Наконец, уровень процессов отвечает за сбор и протоколирование данных о работе оборудования, а также за выполнение команд управления. Такое разделение позволяет организовать работу подстанции наиболее эффективным образом, обеспечивая надежность и безопасность электроснабжения.

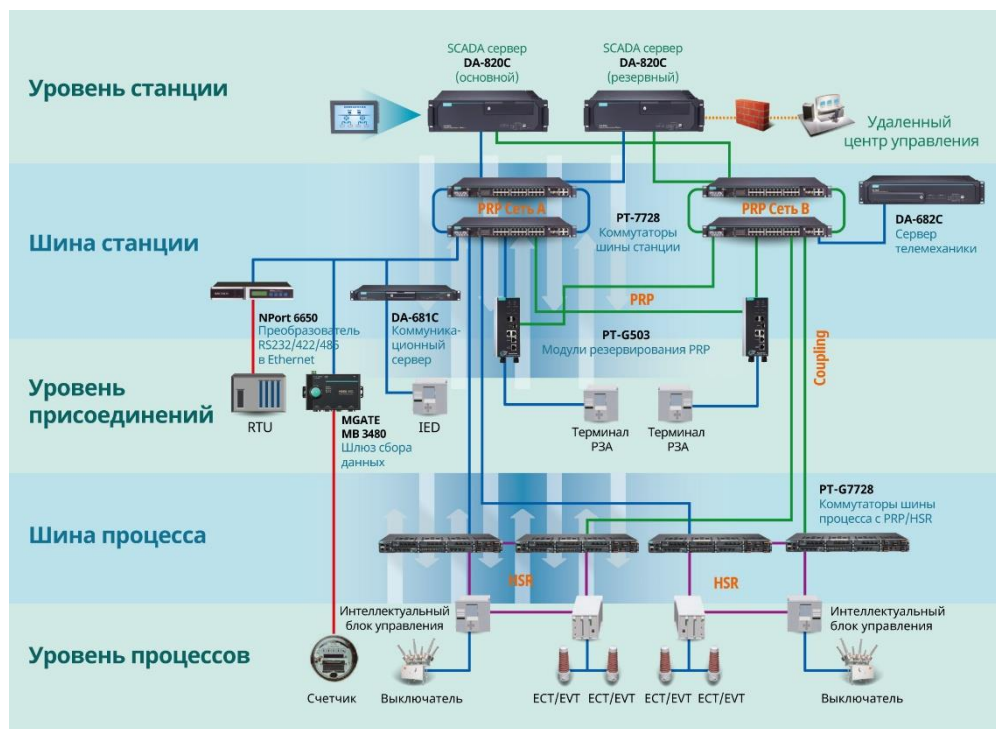


Рисунок 1 – Логические уровни ЦПС

Именно с составными частями ЦПС и логическими кровнями связаны основные мировые тенденции развития в области цифровизации энергетики. Так как при цифровизации ПС уменьшается количество оперативного оборудования, увеличивается объём задействования программного обеспечения (ПО) для регулирования, контроля и диагностики работы системы.

Итак, для начала рассмотрим протоколы передачи данных. Стандарт МЭК устанавливает основные протоколы обмена данными на подстанции, каждый из которых имеет свою уникальную функциональность [5, с. 20]. Протокол MMS (Manufacturing Message Specification) используется для непрерывного мониторинга состояния подстанции, обеспечивая обмен сообщениями между всеми устройствами в системе. Этот протокол предоставляет эффективный механизм обмена информацией и координации действий различных компонентов. Протокол GOOSE (Generic Object Oriented Substation Events) предназначен для передачи критически важных данных о событиях на подстанции. Его использование обеспечивает быструю и надежную передачу информации о событиях, что является ключевым аспектом для обеспечения безопасности и эффективности работы подстанции. Протокол SMV (Sampled Measured Values) предоставляет возможность передавать данные от измерительных систем по локальной сети. Этот протокол обеспечивает точную и частую передачу измеренных значений, что является важным для мониторинга и управления процессами на подстанции [6, с. 179].

Для построения сетей связи на интеллектуальных подстанциях доступны Ethernet-коммутаторы серии PowerTrans (PT), которые выпускаются и сертифицируются в соответствии с международными стандартами IEC 61850 и IEEE1613. Это оборудование соответствует всем требованиям по производительности, надежности и электромагнитной

совместимости, предъявляемым к системам автоматизации объектов электроэнергетики. Ключевыми уязвимыми местами в коммутаторах являются блок питания и оптические порты. Именно поэтому разработчики уделяют особое внимание возможности мониторинга этих компонентов. Так, коммутаторы оборудованы функциями Dying Gasp и Fiber Check, которые позволяют оперативно обнаруживать и реагировать на проблемы с питанием и оптическими соединениями.

Коммутаторы обеспечивают резервные блоки питания и функцию Dying Gasp для оповещения о потере питания. Функция Fiber Check используется для диагностики оптических портов. Технологии DDM и Fiber Check обеспечивают мониторинг оптических параметров и оперативное реагирование на изменения в сети. GOOSE Check используется для мониторинга GOOSE сообщений. PRP и HSR гарантируют беспшовное резервирование сети, не допуская прерывания связи даже на миллисекунды. При использовании PRP формируются две независимые сети, а HSR дублирует и передает кадры в обоих направлениях кольца.

Технология QoS (Quality of Service) используется для установления приоритета обслуживания различных типов трафика. В стандарте IEC 61850 QoS обеспечивает приоритетную доставку критически важных пакетов, отделяя их от общего трафика. IEEE 1588 v2 обеспечивает синхронизацию времени на подстанциях для точности измерительных систем и систем управления. Этот стандарт использует протокол PTP (Precision Time Protocol) для гарантированной точности синхронизации. Стандарт МЭК 61850-90-4 описывает систему управления устройствами МЭК 61850 с использованием протокола MMS для обмена данными. Это позволяет централизованно управлять сетями передачи данных и подключенным оборудованием, в том числе взаимодействовать со SCADA-системами, повышая эффективность управления и сокращая затраты на обслуживание [7, с. 28].

В заключение, развитие цифровых подстанций с использованием стандарта МЭК 61850 представляет собой существенный прорыв в сфере энергетики. Эти передовые системы обеспечивают эффективное управление и автоматизацию энергосистем, основанные на инновационных технологиях сбора и анализа данных. Переход к цифровым подстанциям открывает новые перспективы для оптимизации работы энергетических систем и повышения их эффективности в соответствии с современными требованиями.

### Список литературы

1. Казакова Е.А. Актуальность применения цифровых подстанций // Казакова Е.А., Зуев И.Н., Щекочихин А.В. / «Актуальные исследования» Международный научный журнал. 2021. № 22 (49). С. 10-13.
2. Ильинчик В. А. Цифровые подстанции // Ильинчик В. А., Баран А. Г., Будников В. В. / Актуальные проблемы энергетики. СНТК 70. 2019. С. 77-79.
3. Туровец Ю. «Зеленая» цифровая трансформация в электроэнергетике // Туровец Ю., Проскуракова Л., Стародубцева А., Бьянко В. / Форсайт. 2021. Т. 15. № 2. С. 39-46
4. Гаврилов Ф.В. Основные преимущества и недостатки цифровой электрической подстанции // Гаврилов Ф.В. / Теория и практика современной науки. 2018. №6 (36). С. 169-173.
5. Аношин А. О. Стандарт МЭК 61850. Структура документа / А. О. Аношин, А. В. Головин // Новости электротехники. 2017. №4. С. 18-20.

6. Adeyemi A. et al. Blockchain Technology Applications in Power Distribution Systems // The Electricity J. 2020. Vol. 33. No. 8.
7. Menzel T., Teubner T. Green Energy Platform Economics — Understanding Platformization and Sustainabilization in the Energy Sector // Intern. J. of Energy Sector Management. 2020. Dec. 23.

## References

1. Kazakova E.A. The relevance of the use of digital substations // Kazakova E.A., Zuev I.N., Shchekochikhin A.V. / "Actual research" International Scientific Journal. 2021. No. 22 (49). pp. 10-13.
  2. Ilyinchik V. A. Digital substations // Ilyinchik V. A., Baran A. G., Budnikov V. V. / Actual problems of energy. SNTK 70. 2019. pp. 77-79.
  3. Turovets Yu. "Green" digital transformation in the electric power industry // Turovets Yu., Proskuryakova L., Starodubtseva A., Bianko V. / Foresight. 2021. Vol. 15. No. 2. pp. 39-46
  4. Gavrilov F.V. The main advantages and disadvantages of a digital electric substation // Gavrilov F.V. / Theory and practice of modern science. 2018. No.6 (36). pp. 169-173.
  5. Anoshin A. O. IEC 61850 standard. The structure of the document / A. O. Anoshin, A.V. Golovin // News of electrical engineering. 2017. No.4. pp. 18-20.
  6. Adeyemi A. et al. Blockchain Technology Applications in Power Distribution Systems // The Electricity J. 2020. Vol. 33. No. 8.
  7. Menzel T., Teubner T. Green Energy Platform Economics — Understanding Platformization and Sustainabilization in the Energy Sector // Intern. J. of Energy Sector Management. 2020. Dec. 23.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 697

## ПОРИСТЫЙ ПЫЛЕГАЗОУЛОВИТЕЛЬ С УПРАВЛЯЕМОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ МИКРОКАНАЛОВ

Генбач А.А.,<sup>1</sup> Толегенулы А.

НАО «АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ ИМЕНИ ГУМАРБЕКОВА ДАУКЕЕВА», Алматы, Казахстан(050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Байтурсынулы, дом 126/1), e-mail: <sup>1</sup> tolegenov.adil@inbox.ru

В статье исследуется пористый пылегазоуловитель с управляемой геометрией микроканалов. Были рассмотрены недостатки акустического пылеуловителя и гидроакустического пылеподавления. Также описывается принцип работы и устройство управляющее микроканалами пористого материала. Были изучены процессы интенсификации путем воздействия на капиллярно-пористый материал. Проведены эксперименты по интенсивности процессов теплопереноса в зависимости от поперечного и продольного шагов отверстий перфорированной пластины. Определены расчеты на гидравлический диаметр пор и капилляров, и тем самым максимальное время пребывания частиц в объеме капиллярно-пористого материала.

Ключевые слова: Акустический пылеуловитель, звуковая энергия, перфорированные пластины, микроканалы, тепловая нагрузка.

## POROUS DUST AND GAS SEPARATOR WITH CONTROLLED GEOMETRY OF MICROCHANNELS

Genbach A.A.,<sup>1</sup> Tolegenuly A.

NJSC "ALMATY UNIVERSITY OF ENERGY AND COMMUNICATIONS NAMED AFTER GUMARBEKOV DAUKEYEV", Almaty, Kazakhstan (050013, Republic of Kazakhstan, Almaty, Baitursynuly str., 126/1), e-mail: <sup>1</sup> tolegenov.adil@inbox.ru

The article studies a porous dust and gas collector with controlled geometry of microchannels. The disadvantages of an acoustic dust collector and hydroacoustic dust suppression were considered. The operating principle and device that controls microchannels of porous material are also described. Intensification processes were studied by influencing capillary-porous material. Experiments were carried out on the intensity of heat and mass transfer processes depending on the transverse and longitudinal pitches of the holes of the perforated plate. Calculations have been determined for the hydraulic diameter of pores and capillaries, and thus the maximum residence time of particles in the volume of capillary-porous material the article discusses

Keywords: Acoustic dust collector, sound energy, perforated plates, microchannels, thermal load.

Изобретение «Способ и устройство пылегазоулавливания» (а.с. 1601392. МКИ Е 21 F 5/00. 1990) относится к различным областям народного хозяйства для высокоэффективной очистки газа (воздуха) от микроскопической пыли (фракции размером менее  $5 \cdot 10^{-6}$  м) и ядовитых газовых компонентов, например, при сжигании топлива в теплоэнергетической,

металлургической, химической промышленности, при переработке и транспортировке материала в горнодобывающей промышленности [1].

Известен акустический пылеуловитель /а.с. 184212 Е 21 С (5в, 16), 1965/, содержащий камеру озвучания, концентратор звуковой энергии в виде сетки, звуковые генераторы, статическую сирену, патрубки запыленного горячего газа, очищенного газа и жидкости, лабиринтный циклон тонкой очистки.

Недостатком акустического пылеуловителя является низкая эффективность улавливания микроскопической пыли, поскольку звуковая энергия используется с низким коэффициентом, основная ее доля гасится на начальном участке запыленного газа. Поэтому используется даже два звуковых генератора и концентратор звуковой энергии в виде сетки, которые требуют дополнительных затрат энергии, капитальных и эксплуатационных расходов, велика материалоемкость. Поскольку эффективность улавливания микроскопической пыли невысока, вкладываются дополнительные расходы на установку лабиринтного циклона тонкой очистки, что удорожает схему и снижает ее эксплуатационную надежность.

Известен гидроакустический способ пылеподавления, включающий гидроакустическое осаждение пыли, при котором пылевой аэрозоль подвергают воздействию каплями жидкости и акустическими колебаниями, полученными от струи до ее распада на капли /11, с.60/.

Недостатком способа является его низкая эффективность по улавливанию микроскопической пыли, поскольку звуковая энергия используется с низким коэффициентом, основная ее доля рассеивается на начальном участке пылегазового потока. Способ эффективен только для улавливания путем коагуляции крупной пыли высокой концентрации в очищаемом газе, требует больших затрат акустической мощности, достигающих до 25 Вт/м<sup>2</sup>, имеет высокое давление у оросителей, равное 0,8 Мпа, большой расход воды, составляемый 6 л/мин, в целом велики капитальные вложения в эксплуатационные расходы и может быть использован лишь как первая ступень очистки газов от микроскопической пыли.

Известен пылеуловитель (а.с. 1456608, МКИ Е 21 F 5/04, А 62 С 5/04, 1989), содержащий входной и выходной патрубки, капиллярно-пористый материал, распылитель в виде кольца со щелью, выполненную по образующей, установленного на торце материала, шламособорник.

Данный пылеуловитель обладает высокими пылеулавливающими свойствами, однако есть возможность дальнейшего увеличения эффективности улавливания микроскопической пыли при сохранении низких величин гидравлического и газодинамического сопротивлений, увеличения продолжительности работы между регенерациями, что позволяет упростить условия эксплуатации, снизить капитальные и эксплуатационные расходы, увеличив тем самым надежность, и срок службы. Требование увеличения времени работы устройства определено тем, что в капиллярно-пористых структурах содержатся сетки с мелкими ячейками  $0,08 \times 10^{-3}$ , причем нельзя управлять геометрией структуры в процессе эксплуатации пылеуловителя [2].

Для повышения эффективности улавливания микроскопической пыли и абсорбции ядовитых газовых компонентов, увеличения продолжительности работы между регенерацией в способе пылегазоулавливания, включающем гидроакустическое осаждение пыли, в отличие от известного, управление процессом микрогазодинамики многофазного микроструйного течения осуществляют путем возбуждения акустических колебаний в капиллярно-пористом материале и в пенном многофазном потоке, деформируя размеры и



формы микроканалов пор и капилляров по их сечению и оси с частотой, период которой не превышает продолжительность нахождения микроскопических пылинок и капелек в этих каналах.

В устройстве пылегазоулавливания, содержащем входной и выходной патрубки, капиллярно-пористый материал, распылитель в виде кольца со щелью, выполненную по образующей, установленного на торце материала, шламособорник, в отличие от известного, на свободном торце капиллярно-пористого материала установлена гибкая пластина, выполненная из упругого материала, скрепленная с перфорированными пластинами, присоединенная к вибратору, подключенному посредством штанги а акустическому генератору, причем перфорированные пластины охватывают прижимные отвороты распылителя с капиллярно-пористым материалом, который выполнен из эластичного полиуретана или из эластичной композиции с комплексом заданных свойств, причем гидравлический диаметр пор и капилляров в ненагруженном (свободном) состоянии равен  $0,14 \times 10^{-3}$  м. Кроме того, перфорированные пластины содержат отверстия, продольный и поперечный шаги которых равны между собой и составляют не менее ста гидравлических диаметров пор и капилляров капиллярно-пористого материала. Кроме того, вибратор выполнен цилиндрическим, работающим по кинематической схеме с возвратно-поступательным движением [3].

Поскольку в капиллярно-пористом материале, содержащем пенный поток, возбуждают акустические колебания в пылегазовом потоке, то это позволяет деформировать размеры и форму микроканалов пор и капилляров по сечению и оси с определенной частотой. Период частоты выбирается таким, чтобы он был не более продолжительности нахождения микрочастиц и микрокапелек в капиллярно-пористом материале для управления процессами микрогазодинамики по осаждению пылинок и капелек микроскопических размеров. При этом значительно повышается время пребывания пылинок, капелек и время контакта ядовитых газовых компонентов с пенообразующим раствором, за счет чего возрастает эффективность пылегазоулавливания путем осаждения и абсорбции в пенном потоке.

Описание преимущества способа могут быть аналитически выражены формулой:

$$\tau_1 = \frac{S}{v} \geq \tau_2 = \frac{1}{\nu}$$

$\tau_1$  – продолжительность нахождения микрочастиц и микрокапелек в капиллярно-пористом материале;  $S$  – толщина капиллярно-пористого материала;  $v$  – локальная скорость перемещения микрочастиц или микрокапелек;  $\tau_2$  – период акустических колебаний;  $\nu$  – частота акустических колебаний.

Проведены экспериментальные исследования по изучению механизма процессов теплопереноса в капиллярно-пористом материале с помощью голографической интерферометрии и скоростной киносъемки и показано, что за счет комбинированного действия массовых сил (гравитационных сил и сил давления) и капиллярных сил достигнута высокая устойчивость многофазного пограничного слоя, обеспечивающая интенсификацию процессов пылеулавливания и абсорбции ядовитых газовых компонентов в порах и капиллярах с управляемой геометрией. Оптимальным вариантом является капиллярно-пористый материал с гидравлическим диаметром  $0,14 \times 10^{-3}$  м, выполненный из эластичного полиуретана типа ППУ-ЭФ, либо из композиционного материала типа ППУ -202-1, причем

поперечный и продольный шаги отверстий перфорированных пластин, охватывающих материал, равны между собой и превышают гидравлическим диаметр пор и капилляров не менее, чем в сто раз. Гибкая пластина, выполненная из упругого материала и скрепленная с перфорированными пластинами, позволяет с наибольшим к.п.д. преобразовывать энергию акустических колебаний в деформацию пор и капилляров в кинематической схеме цилиндрического вибратора, совершающего возвратно-поступательное движение. Наличие прижимных отворотов создает герметизацию капиллярно-пористого материала в зоне его выхода из распылителя, что позволяет эффективно использовать пенообразующий раствор, исключая его утечки [4-5].

Приложенные рисунки изображают: устройство для осуществления способа, продольный разрез (рис. 6); капиллярно-пористый материал в свободном (ненагруженном) состоянии, поперечный разрез (рис. 7, а); капиллярно-пористый материал при воздействии на него акустических колебания, поперечный разрез (рис. 7, б).

Устройство состоит из патрубка 1 подвода запыленного газа и патрубка 2 отвода очищенного газа, которые разделены капиллярно-пористым материалом 3, выполненным, например, из эластичного полиуретана или эластичного композиционного материала с комплексом заданных свойств, причем капилляры и поры 4 имеют повышенный гидравлический диаметр, равный в ненагруженном (свободном) состоянии  $0,14 \times 10^{-3}$  м. Величина гидравлического диаметра определена экспериментально. Распылитель 5, выполненный в виде кольца со щелью по образующей трубы и снабженный пенообразующим раствором, установлен на торце капиллярно-пористого материала 3, причем последний закреплен между перфорированными пластинами 6 болтовыми соединениями 7 с прижимными отворотами 8. Пластины 6 содержат отверстия, продольный и поперечный шаги которые равны между собой и составляют не менее ста гидравлических диаметров пор и капилляров капиллярно-пористого материала 3, что также определено нами экспериментально. На свободном торце капиллярно-пористого материала 3 установлена гибкая пластина 9, выполненная из упругого материала, и скреплена винтами 10 к перфорированным пластинам 6. Пластина 9 присоединена к вибратору 11, например, цилиндрическому, который подключен посредством штанги 12 к акустическому генератору, выполненным, например, типа свистка Гартмана, задающему вибратору 11 режим работы по кинематической схеме 13 с возвратно-поступательным движением так, что частота колебаний имеет период, не превышающий продолжительность нахождения микрочастиц. Уловленные микроскопические пылинки и капельки, и абсорбированные ядовитые газовые компоненты в виде шлама собираются в шламособорнике 14, а очищенный газ отводится из патрубка 2 пылегазоуловителя.

Способ и устройство пылегазоулавливания работает следующим образом.

Пылегазовый поток 15 подают через патрубок 1 на капиллярно пористый материал 3, содержащий повышенные размеры пор и капилляров 4. Пенообразующий раствор 17 питает торцы капиллярно-пористого материала 3, расположенные в объеме распылителя 5. За счет действия массовых (гравитационных и сил давления) и капиллярных сил 18 в объеме и на поверхности капиллярно-пористого материала 3 создается весьма устойчивая пленка жидкости в многофазном пограничном слое, которая обеспечивает высокоинтенсивное протекание тепломассообменных процессов, причем оптимизация гидравлического диаметра

пор и капилляров 4 позволяет достигнуть сокращения расходов раствора при наибольшей эффективности очистки, сохраняя минимальные газогидродинамические сопротивления. Высокая эффективность пылеулавливания и абсорбции ядовитых газовых компонентов объясняется повышенной коагулирующей способностью газомеханической пены в порах и капиллярах 4 капиллярно-пористого материала 3 типа эластичного полиуретана ППУ-ЭФ, либо композиционного материала типа ППУ-202-1, причем поры и капилляры 4 изменяли свою геометрию так, что частота акустических колебаний вибратора 11 со штангой 12, совершающего возвратно-поступательное движение по кинематической схеме 13, через пластину 9, скрепленную винтом 10, имела период, который превышал продолжительности нахождения микрочастиц и микрокапелек 20, либо микрообъемов пенообразующего раствора 17, абсорбирующего ядовитые газовые компоненты. За счет этого происходит эффективное управление микрогазогидродинамикой процессов в микроканалах, увеличивается время пребывания частиц и повышается вероятность осаждения микропылинок и микрокапелек 21 на стенке пор и капилляров 4, а также улучшаются процессы абсорбции ядовитых газовых компонентов за счет их вынужденного сближения и касания со стенками каналов.

Определяющим в механизме улавливания микроскопической пыли 20 и абсорбции ядовитых газовых компонентов является увеличение времени пребывания частиц, капелек и газовых компонентов в микроканалах пор и капилляров 4 капиллярно-пористого материала 3. В этих условиях преобладающим является диффузионный микропроцесс, когда микропылинки 20 испытывают непрерывное воздействие молекул газа, находящегося в броуновском движении, причем подвижность частиц будет увеличена за счет явления термофореза, обусловленного разностью температур между скелетом пористого материала 3, пенного потока и частицами пыли 20, что позволяет управлять процессами микрогазогидродинамики пылинок 20, изменяя их траектории и существенно увеличивая вероятность их сближения и прилипания к стенкам каналов пор и капилляров 4. Положительную роль играет явление диффузиофореза, вызванное увеличившимся градиентом концентрации компонентов пенного потока за счет повышения интенсивности тепломассобменных процессов испарения пленок пенообразующего раствора 17 в объеме и на поверхности пористого материала 3. Существенный вклад в интенсификацию процессов внесен вибрацией, которая вызывает деформацию размеров пор и капилляров 4, что в целом отражено в высоких значениях коэффициентов тепломассообмена, полученных экспериментально. Известно также, что за счет вибрационных движений поверхности в виде вертикальных цилиндров интенсификация процессов увеличивается минимум как в два раза, а в некоторых случаях – до десяти раз.

В момент расширения микроканалов пор и капилляров 4 прилипшие микроскопические частички 21 сдуваются и удаляются в виде шлама 19 в шламособорник 14, из которого пылинки и ядовитые газовые компоненты могут утилизироваться. Поры и капилляры 4 будут восстанавливаться за счет внутренних упругих сил сжатия и расширения и за счет внешнего воздействия вибратора 11. Утечки пенообразующего раствора 17 будут исключены за счет конструктивного оформления распылителя 5, на выходе из которого капиллярно-пористый материал 3 зажимается между перфорированных пластин 6 прижимными отворотами 8 и болтовыми соединениями 7. Очищенный газ 16 отводится через патрубок 2 в атмосферу.

Экономический эффект от внедрения предложенного способа и устройства пылегазоулавливания имеет место за счет увеличения в сотни раз периода между регенерациями, сокращения в 1,5 раза расхода пенообразователя, что в 1,5 раза уменьшит затраты энергии на его перекачку, более полного использования энергии звуковых волн и уменьшения удельной акустической мощности в 3 раза, упрощения устройства. Упрощение условий эксплуатации, повышение надежности и срока службы устройства снижают капитальные и эксплуатационные затраты.

Социальный эффект от внедрения предлагаемого способа и устройства пылегазоулавливания достигается за счет более высокой эффективности улавливания микроскопической пыли, особенно опасной для организма человека, и абсорбции ядовитого газа в пенном потоке капиллярно-пористого материала с управляемой геометрией микроканалов.

В целом, предложенный способ и устройство пылегазоулавливания позволяет оздоровить воздушную среду на рабочих местах и экологическую обстановку в окружающей среде, сократить капитальные затраты и эксплуатационные расходы.

Процессы интенсификации изучались путем воздействия на капиллярно-пористый материал, имеющий повышенный размер капилляров и пор различного гидравлического диаметра, тепловой нагрузки, подводимой к поверхности материала. (Таблица 1).

Таблица 1 – Опытные данные по интенсификации процессов тепло и массопереноса, Вт/м<sup>2</sup> К

Гидравлический диаметр пор и капилляров, $d_2, \times 10^{-3}$ м.	Тепловая нагрузка, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \times 10^4$				Эффективность осаждения частиц с $\delta \leq 5 \times 10^{-6}$ м, %
	1	2	4	6	
0,08	4210	4180	3230	3900	99,9
0,14	4115	4000	3100	3870	99,9
0,28	4000	3670	3000	3800	98,1

Интенсификация процессов в капиллярно-пористом материале зависела от шага отверстий перфорированных пластин, охватывающий капиллярно-пористый материал, причем экспериментально установлено, что когда поперечный и продольный шаги отверстий были равны между собой и превышали гидравлический диаметр пор и капилляров не менее, чем в сто раз, интенсивность процессов была максимальной (Таблица 2).

Таблица 2 – Опытные данные по интенсивности процессов тепломассопереноса в зависимости от поперечного и продольного шагов отверстий перфорированной пластины для  $d_2 = 0,14 \times 10^{-3} \text{ м}$

Отношение поперечного и продольного шагов отверстий относительно гидравлического диаметра пор и капилляров	Тепловая нагрузка, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \times 10^4$			
	1	2	4	6
25	3870	3820	2950	3700
50	3950	3900	3000	3825
75	4010	3950	3055	3850
100	4115	4000	3100	3870
125	4120	4010	3110	3875
150	4120	4005	3115	3870

Капиллярно-пористый материал с гидравлическим диаметром менее  $0,08 \times 10^{-3} \text{ м}$  не рассматривался, поскольку он имеет высокие гидрогазодинамические сопротивления, незначительную продолжительность между регенерацией, а пузыри пены закупоривают каналы, ухудшая процессы пеногенерации. Поры с размером более  $0,28 \times 10^{-3} \text{ м}$  также не представляют интерес, поскольку для них наблюдается снижение эффективности осаждения пылинок и капелек.

Гидравлический диаметр пор и капилляров определялся выражением:

$$d_r = \frac{4F}{u},$$

Где  $F$  – живое сечение пор и капилляров, усредненное по сечению материала;

$U$  – периметр живого сечения.

Подвод пенообразующего раствора (1% раствора ПО-1) осуществлялся из распылителя, выполненного в виде кольца со щелью по образующей, под действием гравитационных сил, сил давления и капиллярных сил, что позволило организовать устойчивый многофазный кипящий пограничный слой, для которого наибольшей форсировкой отличался материал с  $d_r = 0,14 \cdot 10^{-3} \text{ м}$  с высокой эффективностью осаждения микроскопических частичек. Высокая эффективность пылеулавливания объясняется повышенной коагулирующей способностью газомеханической пены в порах и капиллярах капиллярно-пористого материала типа эластичного полиуретана ППУ-ЭФ, либо композиционного материала типа ППУ-202-1, на который воздействуют акустические колебания, частота которых определялась из условия максимальной интенсификации процессов пылеулавливания, которые имели место при толщине материала  $10 \times 10^{-3} \text{ м}$  и скорости запыленного потока  $3 \text{ м/с}$ . Акустический генератор может быть представлен в виде свистка Гартмана. Тогда максимальное время пребывания частиц в объеме капиллярно-пористого материала определится из выражения:

$$\tau_1 = \frac{\varepsilon s}{v} = 0,7 \cdot 10 \times \frac{10^{-3}}{3} = 2,33 \cdot 10^{-3} \text{ с},$$

Где  $\varepsilon$  – пористость материала.

Частота акустических колебаний должна быть не менее:

$$v = \frac{1}{\tau_2} \geq \frac{1}{\tau_1} = \frac{1}{2,33} \cdot 10^{-3} = 429 \text{ Гц}.$$

Где  $\tau_2$  – период акустических колебаний.

Характеристики и типы полиуретанов изучены в литературе /13. С. 37,65; 213/.

В предлагаемом изобретении повысится эффективность использования акустической мощности по сравнению с гидроакустическим способом пылеподавления /11/, где требуется мощность до 25 Вт/м<sup>2</sup>, причем к.п.д. не превышает 30%, поскольку 70% мощности рассеивается в пылевом потоке. В предлагаемом способе и устройстве пылеулавливания акустическая мощность расходуется на реализацию кинематической схемы, возвратно-поступательного движения вибратора, где к.п.д. достигает более 90%, то есть подведенная удельная мощность сократится до (8...10) Вт/м<sup>2</sup>.

Гидравлическое и газодинамическое сопротивления предлагаемого изобретения будут меньше в 1,5... 2 раза за счет увеличения гидравлического диаметра с  $0,08 \times 10^{-3}$  м до  $0,14 \times 10^{-3}$  м. однако, учитывая, что размер пор будет изменяться с частотой не менее 429 Гц, что может несколько повысить сопротивление по движению пенообразующего раствора и запыленного газа, однако эти величины будут не выше, чем в существующем и составят 12 Па и 21,1 Па соответственно. Период между регенерациями увеличится в десятки раз, так как размеры пор возросли с  $0,08 \times 10^{-3}$  м до  $0,14 \times 10^{-3}$  м, эффективность составит 99,9%. По сравнению с базовым объектом ВПП 15, как и для прототипа, при производительности 3,47 м<sup>3</sup>/с гидравлическое сопротивление уменьшится с 1882 Па до 1254 Па, диаметр аппарата – с 1,9 м до 1,5 м, затрачиваемая мощность на 1 м<sup>3</sup>/с очищаемого газа – с 3,97 кВт до 2,6 кВт, масса аппарата – с 224 кг на 1 м<sup>3</sup>/с очищаемого газа до 100 кг. Эффективность улавливания микроскопических пылинок повысится с 97,2% до 99,9%. При этом сократятся капитальные затраты и эксплуатационные расходы за счет повышения периода между регенерациями в сотни раз (в десятки раз увеличены размеры пор), сокращается расход пенообразователя в 1,5 раза, что повысит надежность работы, срок службы, снизит в 1,5 раза энергозатраты на перекачку раствора.

В целом, достигается высокий социальный и экономический эффект, улучшаются условия техники безопасности и окружающей среды, снижаются капитальные и эксплуатационные расходы.

### Список литературы

1. Справочник по борьбе с пылью в горнодобывающей промышленности / Под ред. А.С.Кузьмича. – М.: Недра, 1982. – с. 60.
2. Каневский Н.Н. Фокусирование звуковых и ультразвуковых волн. -М.: Наука, 1977.
3. Булатов Г.А. Полиуретаны в современной технике. – М.: Машиностроение, 1983. -272 с.
4. Алиев Г.М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. М.: Металлургия, 1986. 544 с.
5. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология, М., Высшая школа, 2003 г.

### References

1. Handbook on dust control in the mining industry / Ed. A.S. Kuzmich. – М.: Nedra, 1982. – p. 60.
2. Kanevsky N.N. Focusing sound and ultrasonic waves. -M.: Nauka, 1977.

3. Bulatov G.A. Polyurethane in modern technology. – М.: Mechanical Engineering, 1983. -272 р.
  4. Aliev G.M. Techniques for dust collection and purification of industrial gases. М.: Metallurgy, 1986. 544 р.
  5. Lukanin V.N., Trofimenko Yu.V. Industrial and transport ecology, М., Higher School, 2003.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 539.3

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ АНАЛОГИЯ МЕЖДУ ТЕМПЕРАТУРНЫМИ И КОНЦЕНТРАЦИОННЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ

**Канарейкин А.И.**

ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДZE (МГРИ)», Москва, Россия, (МГРИ), г. Москва, Российская Федерация, (117485, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23), e-mail: [kanareykins@mail.ru](mailto:kanareykins@mail.ru)

Работа посвящена термонапряженному состоянию тел. В ней рассматривается математическая аналогия между задачами теплопроводности и диффузии распространяется на задачи определения температурных и концентрационных напряжений. В статье показано, что рассматриваемая аналогия позволяет использовать известные уравнения термомеханики для определения концентрационных напряжений.

Ключевые слова: температурные напряжения, концентрационные напряжения, температурные деформации, ядерные реакции, тепловыделение.

## MATHEMATICAL ANALOGY BETWEEN TEMPERATURE AND CONCENTRATION STRESSES

**Kanareykin A.I.**

SERGO ORDZHONIKIDZE RUSSIAN STATE UNIVERSITY FOR GEOLOGICAL PROSPECTING, Moscow, Russia, (117485, Moscow, st. Miklukho-Maklaya 23), e-mail: [kanareykins@mail.ru](mailto:kanareykins@mail.ru)

The work is devoted to the thermally stressed state of bodies. It considers the mathematical analogy between the problems of thermal conductivity and diffusion and extends to the problems of determining temperature and concentration stresses. The article shows that the analogy under consideration makes it possible to use the well-known equations of thermomechanics to determine concentration stresses.

Keywords: Temperature stresses, concentration stresses, temperature deformations, nuclear reactions, heat release.

Одной из причин появления неоднородной температурной деформации является объемное тепловыделение за счет ядерных реакций. Это присуще элементам конструкций ядерных энергетических установок различного функционального назначения. Процесс выделения тепла обусловлен превращением кинетической энергии осколков деления тяжелых элементов (урана, плутония, тория) в тепловую [1-8]. Захват нейтрона ядром сопровождается его возбуждением и последующим делением. При этом образуются осколки деления (более 60 элементов) и вылетают 2-3 нейтрона. На долю осколков деления приходится более 80% энергии ядерной реакции. Осколки деления имеют короткую длину пробега и потому быстро теряют свою энергию в малом объеме. Потери энергии проявляются в виде тепловых вспышек. Они носят вероятностный характер и происходят с большой частотой. Это позволяет



рассматривать объемное тепловыделение в континуальном приближении как непрерывную функцию координат. Характер распределения температуры определяется мощностью объемного тепловыделения, теплофизическими свойствами материала и условиями съема тепла с внешней или внутренней поверхностей области. Неоднородная температура обуславливает появление термонапряжений [9-12]. Их физическая сущность связана с неоднородной температурной деформацией различных участков твердого тела и заключается в следующем. В условиях неоднородного температурного поля горячие участки стремятся расшириться, а соседние холодные участки не допускают этого. Поэтому горячие участки материала находятся в состоянии сжатия, поскольку холодные участки помешали им до конца расшириться в соответствии с полем температуры. В ином положении находятся холодные участки твердого тела: горячие участки стремятся их растянуть сверх естественного температурного расширения. Поэтому холодные участки материала находятся в состоянии растяжения. Простые физические соображения весьма полезны при анализе качественной картины распределения термонапряжений при известном температурном поле.

Рассмотрим тепловыделяющий цилиндр. Температура от центра цилиндра к его поверхности спадает по параболическому закону. Поэтому центральные участки цилиндра находятся при более высокой температуре по сравнению с приповерхностными участками. Последние подвержены напряжениям растяжения, а центральные области - напряжениям сжатия. Если на поверхности цилиндра имеются трещины или выемки, то макроскопические дефекты концентрируют растягивающие термонапряжения [13-16].

Термоупругие напряжения являются частным случаем внутренних напряжений. Им присуща самоуравновешенность, под которой понимают существование взаимосогласованной системы растягивающих и сжимающих напряжений. Физически это означает, что неоднородное температурное поле не может создать напряжения одного знака для свободно деформируемого твердого тела. Термонапряжения растяжения переходят в сжимающие при нулевом значении на линиях или поверхностях твердого тела. Следствием сказанного явления является отсутствие объемного изменения твердого тела за счет возникающих термонапряжений. Объемные изменения материала обусловлены исключительно тепловым расширением материала. Разумеется, это справедливо в рамках линейной теории термоупругости и для свободно деформированного твердого тела [17-26].

В континуальном приближении температурная деформация является непрерывной функцией координат. При отсутствии нарушения сплошности расчет термонапряжений проводят с использованием уравнений математической физики [27]. В основе решения задач термомеханики лежат три основных положения из разных научных дисциплин: механика, геометрия, физика. Из механики заимствуют уравнения равновесия (статики) или уравнения движения (динамика). В общем случае эти уравнения имеют вид:

$$\sum_k \frac{\partial \sigma_{ki}}{\partial k} = \rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2}, (i, k = x, y, z) \quad (1)$$

где:  $\sigma_{ki}$  – тензор напряжений,

$u_i$  – перемещения,

$\rho$  - плотность.

Уравнение движения (1) переходит в уравнение равновесия при:

$$\frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = 0 \quad (2)$$

Геометрия включает связь между перемещениями и деформациями, а также условие совместности деформаций. Физически последнее условие означает, что деформация отдельных областей твердого тела осуществляется совместно, то есть, нет нарушения сплошности материала в виде, например, микротрещин.

Физика устанавливает связь между напряжениями и деформациями в виде закона Гука. Для малых деформаций такая зависимость является линейной.

Такая модель позволяет использовать известные уравнения математической физики для получения количественных результатов.

Таким образом, математическая аналогия между температурными и концентрационными напряжениями позволяет использовать известные уравнения термомеханики для определения концентрационных напряжений.

### Список литературы

1. Петухов, Б.С., Генин, А.Г., Ковалев, С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. - М.: Атомиздат, 1974. - 408 с.
2. Канарейкин, А. И. Температурные поля в твэлах при различных геометрических сечениях//Инновационная наука, 2021. - № 4. - С. 41-43.
3. Канарейкин, А.И., Калманович, В.В. Особенность поведения температурных полей в твэлах разных геометрических сечений при граничных условиях первого рода//В сборнике: Научные труды Калужского государственного университета имени К.Э. Циолковского. материалы докладов. Сер. "Естественные и технические науки. 2022" Калуга, 2022. - С. 152-156.
4. Канарейкин, А.И. Сравнительный анализ поведения температурных полей в твэлах разных геометрических сечений при граничных условиях первого рода//Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности, 2023. - Т. 8. - № 1 (27). - С. 90-96.
5. Доллежал, Н. А. Канальный ядерный энергетический реактор/Н.А.Доллежал, И.Я. Емельянов. — М.: Атомиздат, 1980. — 208 с.
6. Крамеров, А. Я. Инженерные расчеты ядерных реакторов/А. Я. Крамеров, Я.В.Шевелев. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 736 с.
7. Алтухов, Д. Е. Расчет нестационарных и переходных нейтронно-физических процессов в реакторе на тепловых нейтронах: учебное пособие/Д.Е.Алтухов, Ф.П.Кошелев, И.В.Шаманин; Томский политехнический университет. — Томск Изд-во ТПУ, 1998. — 126 с.
8. Симонова О.С., Логинов В.С. Одномерная нестационарная модель тепловыделяющей системы из произвольного числа твэлов и неактивных элементов//Фундаментальные исследования, 2014. № 5–3. С. 503–506.
9. Дунайцев А.А., Солонин В.И. Процессы массообмена в пучках оребренных стержней//Проблемы машиностроения и автоматизации. 2016. № 1. С. 125–134.
10. Семенович О.В. Моделирование теплофизических процессов в тепловыделяющих сборках и активных зонах водоохлаждаемых ядерных

- 
- реакторов/О.В.Семенович//Тезисы докладов и сообщений. XIV Минский международный форум по тепло и массообмену. 23–26 мая 2016 г.: в 3-х т. – Минск: ИТМО им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, 2016. – Т. 3. – С. 410–404.
11. Власов, Н.М. Тепловыделяющие элементы ядерных ракетных двигателей / Н.М. Власов, И.И. Федик. - М.: ЦНИИ атоминформ, 2001. - 208с.
  12. Ramirez, J. C., Stan, M., Cristea, P. Simulations of heat and oxygendiffusion in UO<sub>2</sub> nuclear fuel rods//Journal of nuclear materials. – 2006. – Т. 359, № 3. – С. 174-184.
  13. Mihaila B. et al. Simulations of coupled heat transport, oxygen diffusion, and thermal expansion in UO<sub>2</sub> nuclear fuel elements//Journal of Nuclear Materials. – 2009. – Vol. 394, № 2. – .pp. 182-189.
  14. Newman, C., Hansen, G., Gaston, D. Three-dimensional coupled simulation of thermomechanics, heat, and oxygen diffusion in UO<sub>2</sub> nuclear fuel rods//Journal of Nuclear Materials. – 2009. – Vol. 392. – № 1. – pp. 6-15.
  15. Kang, C. H. et al. 3D finite element analysis of a nuclear fuel rod with gap elements between the pellet and the cladding // Journal of Nuclear Science and Technology. – 2015. – pp. 1-8.
  16. Okunev, V. S. Designing of New Generation of the Nuclear Reactors//AIP Conference Proceedings, 2195, p. 020012.
  17. Noda N.-A., Moriyama Y. Stress concentration of an ellipsoidal inclusion of revolution in a semi-infinite body under biaxial tension // Arch. Appl. Mech. 2004. Vol. 74, № 1–2. pp. 29-44.
  18. Mi C., Kouris D. Stress concentration around a nanovoid near the surface of an elastic half-space // Int. J. Solids Struct. 2013. Vol. 50, № 18. pp. 2737-2748.
  19. Yang Q., Liu J.X., Fang X.Q. Dynamic stress in a semi-infinite solid with a cylindrical nanoinhomogeneity considering nanoscale microstructure // Acta Mech. 2012. Vol. 223, № 4. pp. 879-888.
  20. Yang Z. et al. The concentration of stress and strain in finite thickness elastic plate containing a circular hole // Int. J. Solids Struct. 2008. Vol. 45, № 3–4. pp. 713-731.
  21. Paskaramoorthy R., Bugarin S., Reid R.G. Analysis of stress concentration around a spheroidal cavity under asymmetric dynamic loading // Int. J. Solids Struct. 2011. Vol. 48, № 14–15. pp. 2255-2263.
  22. Noda N.-A., Ogasawara N., Matsuo T. Asymmetric problem of a row of revolutional ellipsoidal cavities using singular integral equations // Int. J. Solids Struct. 2003. Vol. 40, № 8. pp. 1923-1941.
  23. Канарейкин, А. И. Распределение температурного поля в твэле с эллиптическим поперечным сечением // Научные труды Калужского государственного университета им. К.Э. Циолковского, серия: естественные науки. - 2016. – С. 230 – 231.
  24. Kanareykin, A. I. Mathematical modeling of the fuel element of a nuclear reactor taking into account the temperature dependence of the thermal conductivity of the fuel element made of uranium oxide // В сб.: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. С. 012012. DOI: 10.1088/1755-1315/990/1/012012.
  25. Kanareykin, A. I. Simulation of a fuel element made of plutonium dioxide // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. 1045. 012070. DOI: 10.1088/1755-1315/1045/1/012070.

26. Kanareykin, A. I. Ways to reduce friction and wear of fuel elements in nuclear power // II International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-II-2023). Les Ulis Cedex A, France, 2023. С. 2018.
27. Канарейкин, А. И. Уравнения математической физики: учебное пособие. – Саратов: Издательство «Саратовский источник», 2024. — 35 с.

## References

1. Petukhov, B.S., Genin, A.G., Kovalev, S.A. Heat transfer in nuclear power plants. - М.: Atomizdat, 1974. - 408 p.
2. Kanarekin, A. I. Temperature fields in fuel rods with various geometric sections // Innovative Science, 2021. - No. 4. - pp. 41-43.
3. Kanarekin, A.I., Kalmanovich, V.V. The peculiarity of the behavior of temperature fields in fuel rods of different geometric sections under boundary conditions of the first kind // In the collection: Scientific papers of Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky. materials of the reports. Ser. "Natural and technical sciences. 2022" Kaluga, 2022. - pp. 152-156.
4. Kanarekin, A.I. Comparative analysis of the behavior of temperature fields in fuel rods of different geometric sections under boundary conditions of the first kind // International Journal of Information Technology and Energy Efficiency, 2023. - Vol. 8. - № 1 (27). - pp. 90-96.
5. Dollezhal, N. A. Channel nuclear power reactor / N. A. Dollezhal, I. Ya. Yemelyanov. — М.: Atomizdat, 1980. — p.208
6. Kramerov, A. Ya. Engineering calculations of nuclear reactors / A. Ya. Kramerov, Ya. V. Shevelev. — 2nd ed., reprint. and additional — М.: Energoatomizdat, 1984. — p.736
7. Altukhov, D. E. Calculation of nonstationary and transient neutron-physical processes in a thermal neutron reactor: textbook / D. E. Altukhov, F. P. Koshelev, I. V. Shamanin; Tomsk Polytechnic University. Tomsk TPU Publishing House, 1998. — p.126
8. Simonova, O.S., Loginov, V.S. A one-dimensional nonstationary model of a heat-generating system from an arbitrary number of fuel rods and inactive elements // Fundamental Research, 2014. No. 5-3. pp. 503-506.
9. Dunaytsev, A.A., Solonin, V.I. Mass transfer processes in bundles of finned rods // Problems of mechanical engineering and automation. 2016. No. 1. pp. 125-134.
10. Semenovich, O.V. Modeling of thermophysical processes in fuel assemblies and active zones of water-cooled nuclear reactors / O.V. Semenovich // Texts of reports and communications. XIV Minsk International Forum on Heat and Mass Transfer. May 23-26, 2016: in 3 volumes - Minsk: ITMO named after A.V. Lykov of the National Academy of Sciences of Belarus, 2016. – Vol. 3. – pp. 410-404.
11. Vlasov, N.M. Fuel elements of nuclear rocket engines / N.M. Vlasov, I.I. Fedik. - М.: Central Research Institute atominform, 2001. – p.208
12. Ramirez, J. C., Stan, M., Cristea, P. Simulations of heat and oxygendiffusion in UO<sub>2</sub> nuclear fuel rhodes // Journal of nuclear materials. – 2006. – Vol. 359, No. 3. – pp. 174-184.

13. Mihaila, B. et al. Simulations of coupled heat transport, oxygen diffusion, and thermal expansion in UO<sub>2</sub> nuclear fuel elements // *Journal of Nuclear Materials*. – 2009. – Vol. 394, № 2. – pp. 182-189.
  14. Newman, C., Hansen, G., Gaston, D. Three-dimensional coupled simulation of thermomechanics, heat, and oxygen diffusion in UO<sub>2</sub> nuclear fuel rods // *Journal of Nuclear Materials*. – 2009. – Vol. 392. – № 1. – pp. 6-15.
  15. Kang, C. H. et al. 3D finite element analysis of a nuclear fuel rod with gap elements between the pellet and the cladding // *Journal of Nuclear Science and Technology*. – 2015. – pp. 1-8.
  16. Okunev, V. S. Designing of New Generation of the Nuclear Reactors // *AIP Conference Proceedings*, 2195, p. 020012.
  17. Noda N.-A., Moriyama Y. Stress concentration of an ellipsoidal inclusion of revolution in a semi-infinite body under biaxial tension // *Arch. Appl. Mech.* 2004. Vol. 74, № 1–2. P. 29-44.
  18. Mi C., Kouris D. Stress concentration around a nanovoid near the surface of an elastic half-space // *Int. J. Solids Struct.* 2013. Vol. 50, № 18. pp. 2737-2748.
  19. Yang Q., Liu J.X., Fang X.Q. Dynamic stress in a semi-infinite solid with a cylindrical nanoinhomogeneity considering nanoscale microstructure // *Acta Mech.* 2012. Vol. 223, № 4. pp. 879-888.
  20. Yang Z. et al. The concentration of stress and strain in finite thickness elastic plate containing a circular hole // *Int. J. Solids Struct.* 2008. Vol. 45, № 3–4. pp. 713-731.
  21. Paskaramoorthy R., Bugarin S., Reid R.G. Analysis of stress concentration around a spheroidal cavity under asymmetric dynamic loading // *Int. J. Solids Struct.* 2011. Vol. 48, № 14–15. pp. 2255-2263.
  22. Noda N.-A., Ogasawara N., Matsuo T. Asymmetric problem of a row of revolutionary ellipsoidal cavities using singular integral equations // *Int. J. Solids Struct.* 2003. Vol. 40, № 8. pp. 1923-1941.
  23. Kanarekin, A. I. Distribution of the temperature field in a fuel element with an elliptical cross section // *Scientific works of the Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, series: natural sciences*. - 2016. – pp. 230-231.
  24. Kanareykin, A. I. Mathematical modeling of the fuel element of a nuclear reactor taking into account the temperature dependence of the thermal conductivity of the fuel element made of uranium oxide // In the collection: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. p. 012012. DOI: 10.1088/1755-1315/990/1/012012.
  25. Kanareykin, A. I. Simulation of a fuel element made of plutonium dioxide // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. 1045. 012070. DOI: 10.1088/1755-1315/1045/1/012070.
  26. Kanareykin, A. I. Ways to reduce friction and wear of fuel elements in nuclear power // *II International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-II-2023)*. Les Ulis Cedex A, France, 2023. p. 2018.
  27. Kanarekin, A. I. *Equations of mathematical physics: a textbook*. – Saratov: Publishing house "Saratov source", 2024. - p.35
-



Международный журнал информационных технологий и  
энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62.50

## ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССА ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВОДЫ И ПАРА НА ТЭС

<sup>1</sup>Мадаева А.Д., Джамалуева А.А., Удаева М.С.-А., <sup>2</sup>Шамханов М.Ч.

ФГБОУ ВО "ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА М. Д. МИЛЛИОНЩИКОВА", Грозный, Россия,  
(364051, Чеченская Республика, город Грозный, пр-кт Имени Хусейна Абубакаровича Исаева,  
д. 100), e-mail:<sup>1</sup> anita9770@mail.ru, <sup>2</sup>chernaya88\_88@mail.ru

В данной статье рассмотрены задачи химического контроля за водоподготовкой и водным режимом на ТЭС, который способствует выявлению отклонений всех показателей качества воды и пара от установленных эксплуатационных норм вследствие дефектов в работе водоподготовительного оборудования и нарушения водного режима. Химический контроль на ТЭС осуществляется химическим цехом, в ведении которого находится воднохимическая лаборатория и ее отделения в цехах -лаборатории.

Ключевые слова: Химический контроль, ТЭС, питательная вода, котловая вода, обработка, кислород, коррозия, пробы, анализ, оборудование.

## DESCRIPTIONS OF THE PROCESS OF CHEMICAL CONTROL OF WATER AND STEAM AT THERMAL POWER PLANTS

<sup>1</sup>Madaeva A.D., Jamalueva A.A., Udaeva M.S.A., <sup>2</sup>Shamkhanov M.Ch.

GROZNY STATE PETROLEUM TECHNOLOGICAL UNIVERSITY NAMED AFTER  
ACADEMICIAN M. D. MILLIONSHCHIKOV, Grozny, Russia, (364051, Chechen Republic, Grozny,  
Khusein Abubakarovich Isaev Ave., 100), e-mail:<sup>1</sup> anita9770@mail.ru, <sup>2</sup>chernaya88\_88@mail.ru

This article discusses the tasks of chemical control over water treatment and water regime at thermal power plants, which helps to identify deviations of all water and steam quality indicators from established operational standards due to defects in the operation of water treatment equipment and violations of the water regime. Chemical control at thermal power plants is carried out by a chemical workshop, which is responsible for the water chemistry laboratory and its departments in the laboratory workshops.

Keywords: Chemical control, thermal power plant, feed water, boiler water, treatment, oxygen, corrosion, samples, analysis, equipment.

Химический контроль ВХР подразделяется на оперативный, выполняемый оперативным персоналом химического цеха, и уточненный, выполняемый дневным персоналом центральной химлаборатории (ЦХЛ) ХЦ ТЭС.

Задачей оперативного контроля является:

- определение показателей качества воды и пар;
- оценка отклонения показателей от установленных нормативных значений;

- установление и устранение причин отклонений показателей от установленных нормативных значений.

Уточненный контроль имеет целью получение дополнительной информации о состоянии ВХР по тем показателям, которые не контролируются сменным персоналом вследствие трудоемкости выполнения. Уточненный контроль применяется для выявления источников загрязнения пароводяного тракта примесями сетевой воды, кислородом, продуктами коррозии и пр., проверки эффективности коррекционной обработки питательной и котловой воды, проверки работы автоматических приборов контроля и т.д.

Оперативный контроль осуществляется с использованием автоматических приборов непрерывного действия для химконтроля отдельных потоков воды и пара, и дополняется ручными периодическими анализами отдельных проб [1].

Пробоотборные устройства и пробоотборные линии должны обеспечивать представительность пробы, отбираемой для автоматического и ручного контроля. Для ручного отбора проб воды и пара пароводяной тракт на

ТЭС оборудован холодильниками. Запрещается использовать для ручного контроля сливы от автоматических приборов непрерывного действия. Ручной контроль электропроводности и рН в питательной воде, свежем паре и его конденсате осуществляют при подключении первичных преобразователей приборов непосредственно к точкам отбора проб, для чего используют переносные приборы или вывод проб в специальные помещения. При эксплуатационных режимах продувку пробоотборных линий выполняют 1 раз в смену в течение 1 мин не менее чем за 1 ч до отбора пробы. Регулирование расхода пробы осуществляют за 1 час до отбора пробы. При пусковых режимах после заполнения котла и постановки под давление контролируемого участка пароводяного контура промывка пробоотборных линий проводится в течение 1 мин после установления постоянного потока через нее [2].

Регистрация показаний приборов автоматического химического контроля осуществляется постоянно в архивы.

При отклонении показаний приборов автоматического химконтроля от нормируемых НСХЦ сообщает НХЦ, НСС, НСКТЦ для принятия мер по устранению нарушений ВХР, НСХЦ дает распоряжение оперативный персоналику ХВО 4 разряда выполнить ручной анализ. При подтверждении нарушения водно-химического режима начальник смены принимает все меры для устранения нарушения. Если ручной анализ не подтверждает отклонений от нормируемых показателей качества воды, то оперативный персонал ХВО 4 разряда сообщает об этом начальнику смены ХЦ. Объем периодического химического контроля за ВХР представлен в таблице.

Таблица 1 – Объем периодического химического контроля за ВХР

Контролируемы е потоки	Ж <sub>об</sub> мкг-э/дм <sup>3</sup>	SiO <sub>2</sub> мкг/дм <sup>3</sup>	Na мкг/дм <sup>3</sup>	Fe <sub>общ</sub> мкг/дм <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> мкг/дм <sup>3</sup>	pH	æ мкСм/с м	æ <sub>н</sub> мкСм/с м
Обессоленная вода после ХВО	1р/см	1р/с м	$\frac{Авт.^1}{2}$ 1р/см	1р/су т		1р/см	$\frac{Авт.^1}{1р/см}$	$\frac{Авт.^1}{1р/см}$
Конденсат паровой турбины после КЭН						$\frac{Авт.^1}{1р/см}$		
Конденсат перед деаэраторным отсеком БНД (конденсат за ГПК)	1р/см				$\frac{Авт.^1}{1р/см}$	$\frac{Авт.^1}{1р/см}$	$\frac{Авт.^1}{1р/см}$	$\frac{Авт.^1}{1р/см}$
Питательная вода после деаэраторного отсека БНД					$\frac{Авт.^1}{1р/см}$	Авт. <sup>1</sup> .		
Питательная вода после экономайзера ВД	1р/см	1р/с м	1р/см	1 р/сутки и При консервации		$\frac{Авт.^1}{1р/см}$	$\frac{Авт.^1}{1р/см}$	
Котловая вода опускного стояка БНД (правый)				При пусках котла		$\frac{Авт.^1}{1р/см}$	$\frac{Авт.^1}{1р/см}$	$\frac{Авт.^1}{1р/см}$
Котловая вода опускного стояка БВД (правый)	1р/см			При пусках и консервации котла		$\frac{Авт.^1}{1р/см}$	$\frac{Авт.^1}{1р/см}$	Авт. <sup>1</sup> .
Насыщенный пар БНД		При пусках после простоя котла более 12 часов, при выполнении консервации и при нарушениях ВХР				$\frac{Авт.^1}{1р/см}$	Авт. <sup>1</sup>	$\frac{Авт.^1}{1р/см}$
Насыщенный пар БВД		При пусках после простоя котла более 12 часов и консервации и при нарушениях ВХР				$\frac{Авт.^1}{1р/см}$	Авт. <sup>1</sup>	$\frac{Авт.^1}{1р/см}$
Перегретый пар НД		При пусках после простоя котла более 12 часов и				$\frac{Авт.^1}{1р/см}$	Авт. <sup>1</sup> .	$\frac{Авт.^1}{1р/см}$



Контролируемые потоки	Ж <sub>об</sub> мкг-э/дм <sup>3</sup>	SiO <sub>2</sub> мкг/дм <sup>3</sup>	Na мкг/дм <sup>3</sup>	Fe <sub>общ</sub> мкг/дм <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> мкг/дм <sup>3</sup>	pH	æ мкСм/с м	æ <sub>н</sub> мкСм/с м
		консервации и при нарушениях ВХР						
Перегретый пар ВД		При пусках после простоя котла более 12 часов и консервации и при нарушениях ВХР				$\frac{\text{Авт}^{1)}}{1\text{р/см}}$	Авт <sup>1)</sup> м	$\frac{\text{Авт}^{1)}}{1\text{р/см}}$
Конденсат БГК	1р/см	1р/с м		1р/см				
Конденсат после охладителя конденсата ПСГ	по запросу КТЦ			по запросу КТЦ				
Конденсат за сливными насосами ПСГ					по запросу КТЦ			
Прямая <sup>2)</sup> сетевая вода	1р/дек* Ж <sub>Ca+Щo</sub> б			1р/дек*	$\frac{\text{Авт}^{1)}}{1\text{р/дек}}$ *	1р/дек *		
Обратная <sup>2)</sup> сетевая вода	1р/дек* Ж <sub>Ca+Щo</sub> б			1р/дек*	$\frac{\text{Авт}^{1)}}{1\text{р/дек}}$ *	1р/дек *		
Подпиточная вода после деаэратора подпитки теплосети	1р/сут Ж <sub>Ca+Щo</sub> б				Авт <sup>1)</sup> . 1 р/сут			

1р/см – анализ выполняется ручным методом 1 раз в смену при отсутствии автоматических приборов.

1р/дек\* – анализ выполняется ручным методом 1 раз в 10 дней (декаду)

Сетевая вода (закрытая) - при заполнении и опрессовке теплосети после окончания ремонта или выявленных нарушениях, выполнять анализы 1р/сут до достижения Fe ≤500 мкг/дм<sup>3</sup>, O<sub>2</sub> ≤20 мкг/дм<sup>3</sup>, pH 8,3-9,0.

При нарушениях качества питательной воды объём химического контроля увеличивают вследствие необходимости определения загрязняющего потока. Анализы производят методом ручного контроля по указанию начальника смены ХЦ [3-4].

Для контроля показаний автоматических приборов два раза в месяц на лабораторных приборах проводят контрольный анализ удельной электропроводности, показателя pH, кислорода и натрия. Анализ выполняет центральная химическая лаборатория. Объём

химконтроля, выполняемый ЦХЛ.

Таким образом, в заключении хочется отметить, что при отключении приборов автоматического химконтроля в ремонт или его неисправном состоянии, на щите автоматического химконтроля один раз в смену выполняется отбор проб для ручного анализа.

### Список литературы

1. Умарова М.Х. Технология получения глубоко обессоленной воды на тепловой электростанции (ТЭС)/Мадаева А.Д., Джамалуева А.А., Гайтукаева Б.А., Баргишев И.М. – М.: Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2022. С. 115-121.
2. Умарова М.Х. Основные направления совершенствования ХВО теплоснабжения/Мадаева, А.Д., Джамалуева, А.А. — М.: Заметки ученого. 2020. № 4. С. 35-38.
3. Умарова М.Х. Актуальные проблемы водоподготовки в теплоснабжении/Мадаева А.Д., Джамалуева А.А. — М.: Заметки ученого. 2020. № 4. С. 39-43.
4. Васильев А.В. Особенности водного режима при эксплуатации современных жаротрубных водогрейных котлов. — М.: Новости теплоснабжения. - 2002, № 4 (20).

### References

1. Umarova M.Kh. Technology of obtaining deeply desalinated water at a thermal power plant (TPP)/Madaeva A.D., Dzhamalueva A.A., Gaitukaeva B.A., Bargishev I.M. – M.: Groznensky Natural Science Bulletin. 2022. .pp. 115-121.
  2. Umarova M.Kh. Main Directions of Improvement of Cold Heat Supply Plant/ Madaeva A.D., Dzhamalueva, A.A. — M.: Notes of a Scientist. 2020. № 4. pp. 39-43.
  3. Umarova M.Kh. Aktual'nye problemy vodopodgotovanii v teplosnabzhenii [Actual problems of water preparation in heat supply] / Madaeva A.D., Dzhamalueva A.A. — M.: Notes of a scientist. 2020. № 4. pp. 39-43.
  4. Vasiliev A.V. Peculiarities of the water regime in the operation of modern fire-tube water-heating boilers. — M.: Teplosnabzheniya News. - 2002, № 4 (20).
-