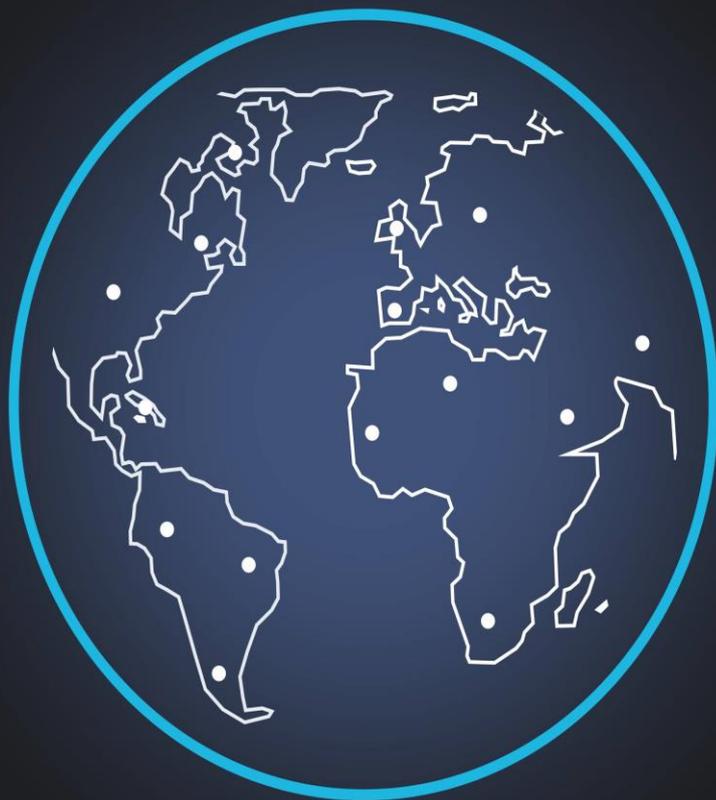


# Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности |



Том 8 Номер 5 (31)



2023



## СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- |    |  |           |
|----|--|-----------|
| 1. | <b>Палий А.В., Максимова С.М., Матыцин К.В.</b> Подавление самоинтерференции: всесторонний обзор с точки зрения схем и полей                       | <b>5</b>  |
|    | <b>Paliy A.V., Maksimova S.M., Matytsin K.V.</b> Self-interference suppression: a comprehensive review in terms of circuits and fields             |           |
| 2. | <b>Курманбакеев В.А.</b> Использование ассемблера в области информационной безопасности  | <b>16</b> |
|    | <b>Kurmanbakeev V.A.</b> Using assembler in the field of information security  |           |
| 3. | <b>Капитанчук В.В., Акимов А.О., Лубнина А.А.</b> Влияние информационного оружия на человека   | <b>19</b> |
|    | <b>Kapitanchuk V.V., Akimov A.O., Lubnina A.A.</b> The impact of information weapons on humans   |           |
| 4. | <b>Соколов О.А., Ренц М.П., Травкин К.И.</b> Системы автоматического управления в авиации: принципы работы и компоненты                            | <b>23</b> |
|    | <b>Sokolov O.A., Rents M.P., Travkin K.I.</b> Automatic control systems in aviation: principles of operation and components                        |           |
| 5. | <b>Торгашин А.А.</b> К вопросу о кроссплатформенной системе автоматизированного расчета показателя репродуктивной готовности                       | <b>27</b> |
|    | <b>Torgashin A.A.</b> On the issue of a cross-platform system for automated calculation of the indicator of reproductive readiness                 |           |
| 6. | <b>Половченко М.А.</b> Использование VR в образовании  | <b>36</b> |
|    | <b>Polovchenko M.A.</b> Using VR in education  |           |
| 7. | <b>Барбасов Н.В.</b> Анализ возможности внедрения технологии бесчертежного производства на базе современного промышленного комплекса               | <b>43</b> |
|    | <b>Barbasov N.V.</b> Analysis of the possibility of introducing the technology of draftless production on the basis of a modern industrial complex |           |
| 8. | <b>Гадельшин И.Р.</b> Разработка сервиса автоматической постановки тегов на элементы бэклога ИТ-проекта  | <b>47</b> |
|    | <b>Gadelshin I.R.</b> Development of a service for automatic tagging of IT project backlog elements  |           |
| 9. | <b>Малиев Д.А., Миськов Д.В., Шмелева А.Н.</b> Модели эффективного управления качеством IP-сети  | <b>51</b> |

	<b>Maliev D.A., Miskov D.V., Shmeleva A.N.</b> Models of effective IP network quality management	
10.	<b>Якупов И.Б.</b> Развёртывание системы SAMBA ACTIVE DIRECTORY на базе ALT LINUX. Вопросы интеграции инфраструктуры импортозамещения	<b>57</b>
	<b>Yakupov I.B.</b> Deployment of the SAMBA ACTIVE DIRECTORY system based on ALT LINUX. Issues of integration of import substitution infrastructure	
11.	<b>Шаханова М.В., Солоненко Д.Ю., Шаханова Э.С.</b> Разработка системы защиты от атаки сканирования сетевых портов	<b>67</b>
	<b>Shakhanova M. V., Solonenko D.Yu., Shakhanova E.S.</b> Development of a protection system against network port scanning attacks	
12.	<b>Фазылов И.И.</b> Разработка требований для сервиса автоматической простановки тегов	<b>75</b>
	<b>Fazylov I.I.</b> Development of requirements for the automatic tagging service	
<b>ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ</b>		
13.	<b>Канарейкин А.И.</b> Определение сопротивления при естественной циркуляции внутри горизонтальной теплообменной трубы	<b>80</b>
	<b>Kanareykin A. I.</b> Determination of resistance during natural circulation inside a horizontal heat exchange tube	
14.	<b>Канарейкин А.И.</b> Сравнение процесса теплообмена при естественной конвекции и при естественной циркуляции в ламинарной области течения в круглой трубе при граничных условиях второго рода	<b>85</b>
	<b>Kanareykin A. I.</b> Comparison of the heat exchange process under natural convection and under natural circulation in the laminar flow region in a round tube under boundary conditions of the second kind	
15.	<b>Криксин М.Ю., Клишин А.Н., Соколов О.А.</b> Электрооборудование топливной системы воздушного судна	<b>90</b>
	<b>Kriksin M.Y., Klishin A.N., Sokolov O.A.</b> Electrical equipment of the aircraft fuel system	
16.	<b>Биткулов К.Р., Зализная Е.А., Зализный С.А., Умурзаков Д.Д.</b> Исследование режимов коротких замыканий и действий комплекса РЗА ТЭЦ 12 МВт	<b>94</b>
	<b>Bitkulov K.R., Zaliznaya E.A., Zalizny S.A., Umurzakov D.D.</b> Investigation of short-circuit modes and actions of the RZA CHPP 12 MW complex	
17.	<b>Биткулов К.Р., Зализная Е.А., Зализный С.А., Умурзаков Д.Д.</b> Применение стратегий управления спросом и интеграции электротранспорта для срезания пиков нагрузки	<b>101</b>
	<b>Bitkulov K.R., Zaliznaya E.A., Zalizny S.A., Umurzakov D.D.</b> Application of demand management strategies and integration of electric vehicles to cut off load peaks	
18.	<b>Биткулов К.Р., Зализная Е.А., Зализный С.А., Умурзаков Д.Д.</b> Эффект от применения системы накопления энергии в приложениях для распределительных сетей	<b>107</b>

---

**Bitkulov K.R., Zaliznaya E.A., Zalizny S.A., Umurzakov D.D.** The effect of using an energy storage system in applications for distribution networks

---

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

---

19. **Голякова Е.И., Филкова А.П.** Некоторые аспекты использования температурно-активированной воды для пожаротушения

**Golyakova E.I., Filkova A.P.** Several aspects of using temperature activated water for firefighting

---

---



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 004.322

## ПОДАВЛЕНИЕ САМОИНТЕРФЕРЕНЦИИ: ВСЕСТОРОННИЙ ОБЗОР С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ СХЕМ И ПОЛЕЙ

**Палий А.В., Максимова С.М., Матыцин К.В.**

*Политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО "Донской государственный технический университет", Таганрог, Россия (347904, Ростовская область, город Таганрог, Петровская ул., д.109а), e-mail: matytsin2003@yandex.ru*

Растущий спрос на более высокую эффективность использования спектра, особенно в условиях ограниченного пространства для чипов, базовых станций и транспортных средств, привел к развитию полнодуплексной связи, которая позволяет передавать и принимать сигнал одновременно на одной и той же частоте. Ключевой задачей в этой парадигме полнодуплексной связи является максимально возможное снижение самопомех, в идеале - до уровня шумов. В данной статье представлен полный обзор методов подавления самопомех (SIC) для систем связи, расположенных в одном месте, с точки зрения схем и полей.

Ключевые слова: Подавление помех; самопомехи; полнодуплексная связь.

## SELF-INTERFERENCE SUPPRESSION: A COMPREHENSIVE REVIEW IN TERMS OF CIRCUITS AND FIELDS

**Paliy A.V., Maksimova S.M., Matytsin K.V.**

*Polytechnic Institute (branch) of the Don State Technical University, Taganrog, Russia (347904, Rostov region, Taganrog, Petrovskaya street, 109a), e-mail: matytsin2003@yandex.ru*

Increased demand for higher spectrum efficiency, especially in the space-limited chip, base station, and vehicle environments, has spawned the development of full-duplex communications, which enable the transmitting and receiving to occur simultaneously at the same frequency. The key challenge in this full-duplex communication paradigm is to reduce the self-interference as much as possible, ideally, down to the noise floor. This paper provides a comprehensive review of the self-interference cancellation (SIC) techniques for co-located communication systems from a circuits and fields perspective.

Keywords: Interference cancellation; self-interference; full-duplex communications.

### Введение

С быстрым ростом современных систем беспроводной связи и технологий Интернета вещей беспроводные устройства становятся все более распространенными в настоящее время. Во многих ограниченных в пространстве платформах, таких как чипы, базовые станции и транспортные средства, потребность в достижении более высокой эффективности использования спектра и скорости передачи данных породила разработку интегрированных приемопередатчиков, которые позволяют осуществлять передачу и прием в совместно расположенной системе [1,2]. Полнодуплексная связь, как перспективный подход, обеспечивает новую парадигму для повышения эффективности использования спектра,

открывая возможность передавать и принимать сигналы в одном частотном диапазоне и временном интервале, и даже в условиях ограниченного пространства [3,4].

Ключевой задачей полнодуплексной связи является максимально возможное снижение самопомех, в идеале - до уровня шумового пола. В полнодуплексном трансивере мощный передаваемый сигнал распространяется в локальный приемник по прямому пути между передающей и приемной антеннами, а также по отраженным многопутевым каналам, создаваемым рассеянием передаваемого сигнала на близлежащих объектах. Эти передаваемые сигналы объединяются и модулируются на радиочастотном (РЧ) фронте местного приемника и становятся самоинтерференцией, которая в подавляющем большинстве случаев сильнее, чем интересующий сигнал (SoI) от удаленного передатчика. Сильные самопомехи будут мешать или даже насыщать приемную цепь, поэтому их необходимо подавить на радиочастотном фронте перед процессом квантования аналого-цифрового преобразователя (АЦП) [5].

### 1. Феномен и эффекты самоинтерференции

Помехи - это явление, когда принимаемые нежелательные сигналы нарушают работу системы связи. Растущая тенденция совместного использования нескольких операторов на общей площадке привела к серьезной проблеме помех. Сценарий совместного использования интегрированного приемопередатчика, содержащего мощные передатчики и приемник-жертву, показан на Рисунке 1.



Рисунок 1 – Совместно расположенная система связи, включающая несколько передатчиков и приемник.

Приемная антенна устанавливается рядом с несколькими передающими антеннами, и в большинстве коммерческих объектов передающие антенны несут несколько каналов передачи. Эти передаваемые сигналы объединяются на радиочастотном фронте местного приемника и формируют самоинтерференцию, которая намного сильнее, чем SoI от удаленного передатчика. Поэтому приемник жертвы получает мощные сигналы помех, которые вызывают ряд искажений.

Во-первых, рассмотрим блокировку и десенсбилизацию. Десенсбилизация возникает, когда помехи достаточно велики, чтобы повлиять на величину покоя и малошумящий усилитель (МШУ) или смеситель в приемнике. Блокирование происходит, когда схемы приемника оказываются в насыщении под воздействием мощных сигналов помех, независимо от их несущей частоты [6].

Во-вторых, рассмотрим излученные искажения от совместно расположенных передатчиков. Они возникают, когда мощный сигнал от одного передатчика излучается во второй передатчик. Сигналы смешиваются в нелинейном выходном каскаде усилителя высокой мощности (НРА). Нежелательные продукты интермодуляции третьего порядка могут создавать помехи для близлежащих приемников, работающих на их частотах.

В-третьих, рассмотрим интермодуляционные (ИМ) искажения, которые генерируются в цепях переднего фронта приемника жертвы. Большие передаваемые сигналы от расположенных рядом передатчиков объединяются в приемнике жертвы и таким образом формируют искажения ИМ. Это становится серьезным, когда оно попадает непосредственно в полосу частот SoI. МШУ наиболее восприимчив к сигналам помех.

Искажения, возникающие в приемнике, хорошо изучены и моделируются точкой перехвата третьего порядка приемника. Оно может легко повлиять на активные устройства, такие как МШУ или смеситель, особенно если оно попадает в канал SoI. Блокирование не требует, чтобы передатчики помехи работали на определенных частотах, но может быть вызвано всего одним мощным передатчиком. Таким образом, для смягчения сигнала помехи и защиты приемника от ухудшения характеристик или даже повреждения следует внедрить методы SIC.

## **2. SIC с помощью аналоговых и цифровых схем**

### **2.1. Аналоговый SIC**

Среди всех методов SIC аналоговая SIC была широко признана как одна из наиболее эффективных опубликованных схем, поскольку она особенно важна для предотвращения насыщения АЦП [7]. Типичная аналоговая система подавления самопомех (SICS) показана на рисунке 2 [7]. Передаваемый сигнал на входе передающей антенны дискретизируется и используется в качестве опорного сигнала. Опорный сигнал задерживается и умножается на усиленные и зацикленные остаточные самопомехи с помощью векторного модулятора. Произведение остаточного сигнала самопомех и задержанного опорного сигнала самопомех затем фильтруется парой фильтров низких частот (ФНЧ) для обновления комплексного весового коэффициента, который, в свою очередь, изменяет задержанный опорный сигнал на векторном модуляторе. Синтезированный сигнал отмены получается путем объединения выходного сигнала SICS и принятого сигнала приемной антенны. После отмены остаточные самопомехи усиливаются МШУ.

Представленная топология с одним ответвителем, показанная на Рисунке 2, подходит для подавления узкополосных помех.

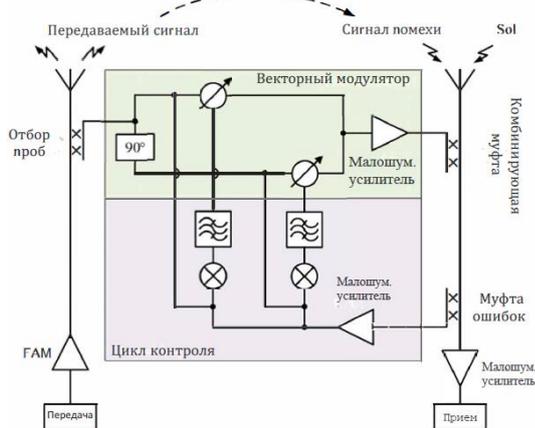


Рисунок 2 – Типичная топология цифровой SIC

Было показано, что методы подавления, использующие одноцелевую структуру, могут работать только в узкой мгновенной полосе пропускания и по своей природе не могут учитывать пути отражения от окружающей среды [8]. Для достижения широкополосного подавления помех необходимо включить многозахватную конфигурацию для имитации реалистичного канала помех, которая учитывает многопутевые эффекты [4,9]. Многозаярная конструкция в [9] пропускает связанный радиочастотный сигнал через более сложную схему, состоящую из 16 параллельных фиксированных линий с различными задержками и перестраиваемыми аттенюаторами, чтобы восстановить многолучевой сигнал самопомех. Однако этот метод значительно увеличивает сложность аппаратного проектирования и требует сложных алгоритмов настройки затухания вместо более общих подходов градиентного спуска [4]. Другие различные аспекты аналогового SIC были изучены многими другими исследователями, с точки зрения стратегии согласования, границы производительности [10] и производительности SIC в сложных условиях, т.е. эффекты Доплера, эффекты замирания канала и эффекты нелинейных искажений [11]. Все эти исследования с различных точек зрения формируют относительно зрелую структуру исследований аналоговых SIC по сравнению с цифровыми и гибридными подходами.

## 2.2. Цифровая SIC

Аннулирование, которое происходит в цифровой области после того, как принятый сигнал был квантован АЦП, называется SIC в цифровой области. В [12] приведены примеры полнодуплексных систем, в которых была реализована цифро-доменная SIC. Типичная цифровая СИИ показана на Рисунке 3[13].

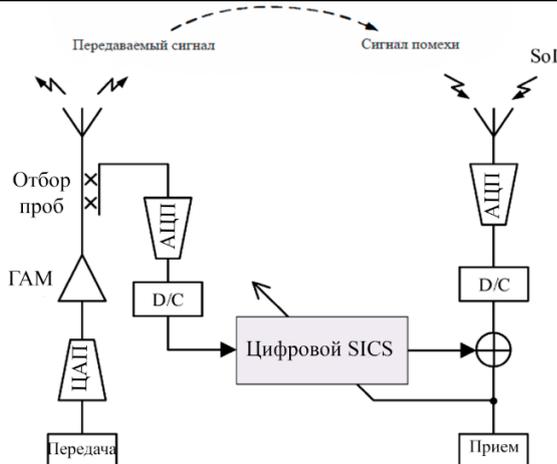


Рисунок 3 – Типичная топология аналоговой SIC

Как дискретизированный опорный сигнал самопомех, так и принятый сигнал приемника преобразуются в цифровой сигнал с помощью АЦП и понижающего преобразователя. Эквивалентный дискретно-временной канал связи оценивается для восстановления цифрового сигнала самопомех. Затем восстановленный сигнал самопомех вычитается из цифрового принятого сигнала.

Учитывая, что процесс подавления выполняется в цифровой области, цифровые методы SIC являются одними из наименее сложных среди всех активных методов подавления [14]. Цифровой НИЦ выполняется после АЦП, и можно использовать множество высокоэффективных алгоритмов цифровой обработки сигналов, что дает больше степеней свободы при проектировании НИЦ. Однако, как упоминалось выше, когда мощность помех слишком велика и насыщает передний фронт приемника, эффективность подавления помех цифровым SIC значительно снижается. Аналоговый SIC может решить эту проблему. Однако эффективность подавления аналогового SIC обычно зависит от точности блока задержки и аттенюатора векторного модулятора. В результате цифровая СЦИ обычно реализуется вместе с аналоговой СЦИ, т.е. сначала сильные самопомехи подавляются аналоговой СЦИ, а остаточные самопомехи затем устраняются цифровой СЦИ [15], см. Рисунок 4.

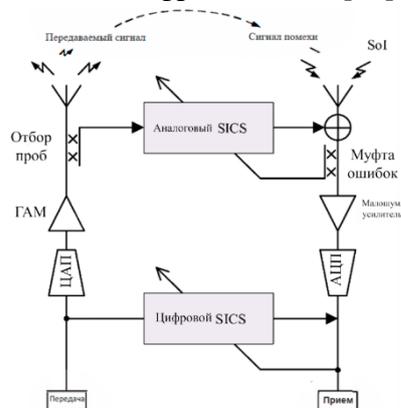


Рисунок 4 – Двухступенчатая топология SIC, которая содержит как аналоговый SIC, так и цифровой SIC.

### 2.3. Аналого-цифровая гибридная СИИ

Как обсуждалось выше, аналоговый СИИ способен подавить мощный СИ, в то время как цифровой СИИ позволяет использовать более сложный адаптивный алгоритм. Вполне последовательная идея - объединить преимущества обоих методов. Таким образом, предлагается аналого-цифровой гибридный СИИ. Этот подход осуществляется путем создания цифровой копии сигнала самопомех из сигнала, передаваемого по базовой полосе, а затем передачи цифровой копии через вспомогательную аналоговую цепь передачи для восстановления радиочастотного сигнала самопомех [16,17,18]. В этом подходе фильтр с конечным импульсным откликом реализуется в цифровой области для определения характеристик канала распространения самопомех с целью генерирования восстановленного сигнала самопомех с многолучевыми компонентами.

Типичная аналого-цифровая гибридная конфигурация показана на Рисунке 5.

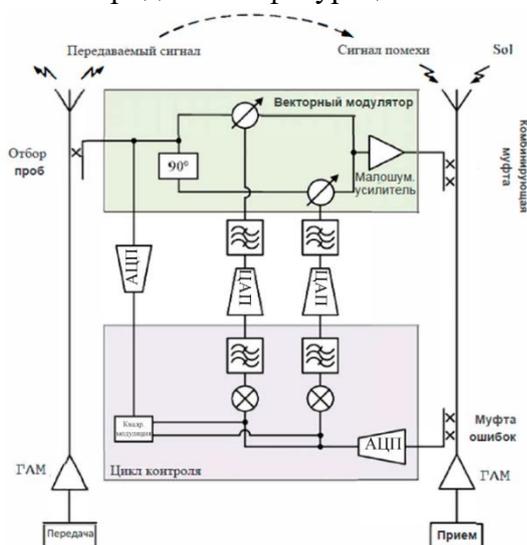


Рисунок 5 – Типичная аналого-цифровая гибридная топология СИИ

Высокоскоростные АЦП используются для прямой выборки сигнала самопомех и сигнала обратной связи по ошибке. Таким образом, контур управления реализуется в цифровой области, а затем подключается к аналоговому векторному модулятору с помощью цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП). Таким образом, алгоритм адаптивного управления СИИ может быть реализован в цифровых схемах, что позволяет получить более эффективный, сложный и высокопроизводительный алгоритм.

## 3. НИЦ в области полей

### 3.1. Механизм работы СОБД

Большинство предыдущих SICs реализовано в схемотехнической области с помощью аналоговых или цифровых подходов. Преимущество этого метода заключается в том, что можно получить высокий ICR. Однако CDSIC является сложным и дорогостоящим, поскольку многие основные компоненты являются обязательными, такие как дискретизирующий соединитель, векторный модулятор и объединяющий соединитель. По сравнению с CDSIC, FDSIC обычно имеет более простую структуру.

Механизм работы FDSIC показан на Рисунке 6.

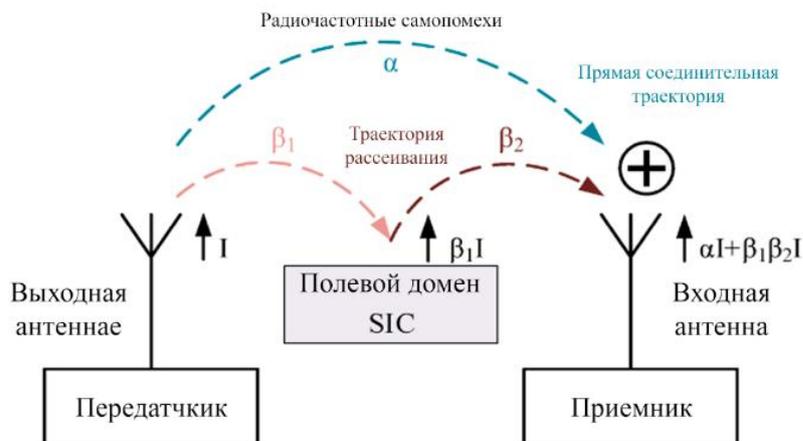


Рисунок 6 – Механизм работы FDSIC

Ток, возбуждаемый в передающей антенне, описывается  $I$ . Через прямой путь связи на приемной антенне индуцируется ток  $\alpha I$ , где  $\alpha$  - коэффициент связи. При добавлении системы FDSIC возникает новая ситуация, ситуация связи которой может быть рассчитана до первого порядка. Ток  $\beta_1 I$  теперь также индуцируется в системе FDSIC, создавая, в свою очередь, индуцированный ток  $\beta_1 \beta_2 I$  в приемной антенне, где  $\beta_1$  - коэффициент связи между передающей антенной и системой FDSIC, а  $\beta_2$  - коэффициент связи между системой FDSIC и приемной антенной. Общий наведенный ток в приемной антенне составляет  $\alpha I + \beta_1 \beta_2 I$ . При правильном проектировании системы FDSIC система FDSIC создает обратную связь, что означает, что общий наведенный ток приближается к нулю:

$$\alpha I + \beta_1 \beta_2 I = 0 \quad (1)$$

Самоинтерференция отменяется в полевой области подобным образом. По сути, система FDSIC разработана с рассеивателем, который может генерировать богатые характеристики рассеяния для восстановления копии СИ.

## Выводы

### 1. Заключительные замечания

В данной статье представлен всесторонний обзор технологии SIC для интегрированных приемопередатчиков с точки зрения схем и областей применения. Было показано, что производительность приемников ухудшается из-за блокировки или искажений при наличии расположенных рядом передатчиков. Для того чтобы защитить приемник и улучшить производительность системы, необходимы методы SIC. В соответствии с методами восстановления и вычитания копии сигнала самопомех, SIC можно классифицировать как CDSIC или FDSIC. Первые могут быть далее разделены на аналоговые SIC и цифровые SIC. CDSIC и FDSIC имеют одинаковый базовый механизм работы, однако стратегии проектирования и подходы к реализации отличаются. В реальных приложениях реализация методов SIC зависит от конкретных сценариев и целевых требований. Аналоговый способ особенно важен для предотвращения насыщения АЦП. Однако реализация SIC в аналоговой области обычно сложна и очень трудна, поэтому аналоговый CDSIC обычно выбирается, когда самопомехи сильны и требуется высокий ICR. В отличие от аналогового CDSIC, цифровой

CDSIC работает с сигналами самопомех в цифровой области, после того как сигнал самопомех был квантован АЦП. Цифровой метод CDSIC имеет меньшую сложность по сравнению с аналоговым подходом, и многие высокопроизводительные алгоритмы SIC могут быть легко реализованы. Однако этот метод всегда ограничен производительностью аппаратуры. Для снижения мощности собственных помех ниже уровня шума обычно используется двухступенчатое подавление помех, которое объединяет аналоговый и цифровой CDSIC. Высокий ICR может быть получен, если сильные самопомехи сначала подавляются аналоговым подавителем, а остаточные помехи затем подавляются цифровым подавителем. Однако, очевидно, что такой способ подавления очень сложен. FDSIC имеет гораздо более простую структуру, чем CDSIC, поскольку дискретизирующая муфта находится на стороне передатчика, а объединяющая муфта на стороне приемника может быть опущена. Более того, мощность передаваемого сигнала и принимаемого SoI не будут ослаблены при реализации FDSIC. Хотя диаграмма направленности излучения будет изменена, FDSIC подходит для сценариев применения, в которых стоимость и сложность строго ограничены.

## 2. Прогнозы на будущее

В настоящее время искусственный интеллект (ИИ), как перспективный метод, привлекает большое внимание и играет очень важную роль как для обработки сигналов, так и для электромагнитных конструкций. Он также обладает большим потенциалом для будущего проектирования SIC в двух аспектах: (1) высокопроизводительный алгоритм на основе ИИ для обработки сигналов SIC и (2) автоматическое проектирование топологии SIC на основе ИИ [21]. Для первого аспекта необходимы более эффективные модели цифрового подавителя с меньшим количеством параметров и алгоритмы оптимизации с низкой сложностью, что послужит толчком к применению подходов ИИ. Для второго аспекта выгодно предложить общий метод SIC для различных конфигураций, обслуживающих сложные приложения, не требующий большого опыта от разработчиков. Кроме того, идея объединения концепции ИИ и методов SIC может быть распространена на другие приложения, такие как SIC без ссылок.

Работа выполнена под научным руководством к.т.н., доцента Палия А.В.

## Список литературы

1. Lu, J.; Zhang, Q.; Shi, W.; Zhang, L.; Shi, J. Robust Adaptive Filtering Algorithm for Self-Interference Cancellation with Impulsive Noise. *Электроника* 2021, 10, С.196.
2. Эршади А., Энтесари К. Полнодуплексный смесительный приемник на 0,5-3,5 ГГц с декартовым синтезированным интерфейсом подавления самопомех в 65-нм КМОП. *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.* 2020, 68, С.1995-2010.
3. Наваз Х., Шоаиб Н., Ниази А.У., Чодри С.М. Компактная бистатическая антенная система с очень высокой межпортовой изоляцией для полнодуплексных приложений в диапазоне 2,4 ГГц. *Int. J. Antennas Propag.* 2021, 2021, 8855726.
4. Колодзей К.Е., МакМайкл Дж.Г., Перри Б.Т. Многокаскадный РЧ-канселлер для внутрисполосной полнодуплексной беспроводной связи. *IEEE Trans. Wirel. Commun.* 2019, 15, С.4321-4334.
5. Гаван Дж.Дж., Шульман М.Б. Влияние десенсбилизации на производительность мобильных радиосистем, часть I: Количественный анализ. *IEEE Trans. Veh. Technol.* 2020, VT-33, С.285-290.

6. Li, W.; Zhao, Z.; Tang, J.; He, F.; Li, Y.; Xiao, H. Анализ производительности и оптимальная конструкция адаптивной системы подавления помех. *IEEE Trans. Electromagn. Compat.* 2019, 55, С.1068-1075.
7. Рагхаван А., Гебара Е., Тенцерис Е.М., Ласкар Ж. Анализ и проектирование подавителя помех для расположенных радиостанций. *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.* 2021, 53, С.3498-3508.
8. Бхарадия Д., Макмилиан Е., Катти С. Полнодуплексные радиостанции. В материалах конференции ACM SIGCOMM 2013, Гонконг, Китай, 12-16 августа 2022 г.; стр. 375-386.
9. Le, A.T.; Tran, L.C.; Huang, X.; Gou, Y.J.; Vardaxoglou, J.C. Характеристика в частотной области и границы производительности петли ALMS для подавления радиочастотных самопомех. *IEEE Trans. Commun.* 2019, 67, С.682-692.
10. Ma, M.; Huang, X.; Gou, Y.J. Техника самоподавления помех для систем SC-FDMA. *IEEE Commun. Lett.* 2018, 14, С.512-514.
11. Choi, J.I.; Jain, M.; Srinivasan, K.; Levis, P.; Katti, S. Achieving single channel, full duplex wireless communications. Труды Шестнадцатой ежегодной международной конференции по мобильным вычислениям и сетям, Чикаго, ИЛ, США, 20-24 сентября 2019 г.; С.1-12.
12. Шен, Л.; Хенсон, Б.; Захаров, Ю.; Митчелл, П. Цифровое подавление самоинтерференции для полнодуплексных подводных акустических систем. *IEEE Trans. Circuits Syst.-II Express Briefs* 2020, 67, С.192-196.
13. Масмуди А., Ле-Нгок Т. Оценка канала и подавление самопомех в полнодуплексных системах связи. *IEEE Trans. Veh. Technol.* 2018, 66, С.321-334.
14. Ge, S.; Xing, J.; Liu, Y.; Liu, H.; Meng, J. Двухступенчатый подавитель радиопомех для широкополосных приемников прямого преобразования с использованием уменьшенной цепи наблюдения. *IEEE Trans. Electromagn. Compat.* 2020, 62, С.923-932.
15. Лю, Й.; Роблин, П.; Куан, Х.; Пан, В.; Шао, С.; Тан, Й. Полнодуплексный приемопередатчик с двухступенчатым аналоговым подавлением многоканальных самопомех. *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.* 2019, 65, С.5263-5273.
16. Лю, Й.; Куан, Х.; Пан, В.; Танг, Й. Цифровое аналоговое подавление помех для внутрисполосных полнодуплексных радиостанций. *IEEE Commun. Lett.* 2021, 21, С.1079-1082
17. Xing, J.; Ge, S.; Liu, Y.; Cui, Z.; Meng, J. Всесторонний анализ эффектов квантования в адаптивной системе подавления самопомех с цифровым управлением. *IEEE Access* 2020, 8, С.75772-75784.
18. Zhang, Y.; Zhang, S.; Li, J.; Pedersen, G.F. Метод развязки на основе линии передачи для антенных решеток ММО. *IEEE Trans. Antennas Propag.* 2019, 67, С.3117-3131.
19. Chaudhary, G.; Jeong, J.; Jeong, Y. Дифференциальная антенна с высоким уровнем подавления самопомех для внутрисполосной полнодуплексной системы связи. *IEEE Access* 2019, 7, С.45340-45348.
20. Zhang, J.; Akinsolu, M.O.; Liu, B.; Vandenbosch, G.A.E. Автоматическое проектирование топологий уменьшения взаимной связи для частотно-реконфигурируемых антенных решеток, управляемое ИИ. *IEEE Trans. Antennas Propag.* 2021, 69, С.1831-1836.

## References

1. Lu, J.; Zhang, Q.; Shi, W.; Zhang, L.; Shi, J. Robust Adaptive Filtering Algorithm for Self-Interference Cancellation with Impulsive Noise. *Electronics* 2021, 10, pp.196.
2. Ershadi A., Entesari K. 0.5-3.5 GHz full duplex mixing receiver with Cartesian synthesized self-noise cancellation interface in 65nm CMOS. *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.* 2020, 68, pp.1995-2010.
3. Nawaz H., Shoaib N., Niazi A.U., Chaudhry S.M. Compact bistatic antenna system with very high port-to-port isolation for full duplex applications in the 2.4 GHz band. *Int. J. Antennas Propag.* 2021, 2021, pp.8855726.
4. Kolodzei K.E., McMichael J.G., Perry B.T. Multistage RF Canceller for in-band full duplex wireless communications. *IEEE Trans. wirel. commun.* 2019, 15, pp.4321-4334.
5. Gavan J.J., Shulman M.B. Impact of desensitization on the performance of mobile radio systems, part I: Quantitative analysis. *IEEE Trans. Veh. Technol.* 2020, VT-33, pp.285-290.
6. Li, W.; Zhao, Z.; Tang, J.; He, F.; Li, Y.; Xiao, H. Performance Analysis and Optimal Design of an Adaptive Noise Cancellation System. *IEEE Trans. electromagn. Compat.* 2019, 55, pp.1068-1075.
7. Raghavan A., Gebara E., Tenzeris E.M., Laskar J. Analysis and design of an interference suppressor for located radio stations. *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.* 2021, 53, pp.3498-3508.
8. Bharadiya D., McMillin E., Katty S. Full duplex radios. In *Proceedings of ACM SIGCOMM 2013, Hong Kong, China, August 12-16, 2012*; pp. 375-386.
9. Le, A.T.; Tran, L.C.; Huang, X.; Gou, Y.J.; Vardaxoglou, J.C. Frequency domain response and performance limits of an ALMS loop for RF self-interference suppression. *IEEE Trans. commun.* 2019, 67, pp.682-692.
10. Ma, M.; Huang, X.; Gou, Y.J. Self-interference suppression technique for SC-FDMA systems. *IEEE Commun. Lett.* 2018, 14, pp.512-514.
11. Choi, J.I.; Jain, M.; Srinivasan, K.; Levis, P.; Katti, S. Achieving single channel, full duplex wireless communications. *Proceedings of the Sixteenth Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, Chicago, IL, USA, September 20-24, 2019*; pp. 1-12.
12. Shen, L.; Henson, B.; Zakharov, Yu.; Mitchell, P. Digital self-interference suppression for full-duplex underwater acoustic systems. *IEEE Trans. Circuits Syst.-II Express Briefs* 2020, 67, pp.192-196.
13. Masmoudi A., Le-Ngoc T. Channel Estimation and Self-Interference Suppression in Full Duplex Communication Systems. *IEEE Trans. Veh. Technol.* 2018, 66, pp.321-334.
14. Ge, S.; Xing, J.; Liu, Y.; Liu, H.; Meng, J. Two-stage radio interference suppressor for broadband direct conversion receivers using a reduced surveillance chain. *IEEE Trans. electromagn. Compat.* 2020, 62, pp.923-932.
15. Liu, Y.; Roblin, P.; Quan, X.; Pan, W.; Shao, S.; Tan, Y. Full duplex transceiver with two-stage analog multichannel self-interference suppression. *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.* 2019, 65, pp.5263-5273.
16. Liu, Y.; Quan, X.; Pan, W.; Tang, Y. Digital analog interference suppression for in-band full duplex radios. *IEEE Commun. Lett.* 2021, 21, pp.1079-1082

17. Xing, J.; Ge, S.; Liu, Y.; Cui, Z.; Meng, J. Comprehensive analysis of quantization effects in a digitally controlled adaptive self-noise cancellation system. *IEEE Access* 2020, 8, pp.75772-75784.
  18. Zhang, Y.; Zhang, S.; Li, J.; Pedersen, G.F. Transmission line-based decoupling method for MIMO antenna arrays. *IEEE Trans. Antennas Propag.* 2019, 67, pp.3117-3131.
  19. Chaudhary, G.; Jeong, J.; Jeong, Y. High noise suppression differential antenna for in-band full duplex communication system. *IEEE Access* 2019, 7, pp.45340-45348.
  20. Zhang, J.; Akinsolu, M. O.; Liu, B.; Vandenbosch, G.A.E. AI-driven automated design of coupling reduction topologies for frequency-reconfigurable antenna arrays. *IEEE Trans. Antennas Propag.* 2021, 69, pp.1831-1836.
-



ОТКРЫТАЯ НАУКА  
издательство

Международный журнал информационных технологий и  
энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 004.056

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АССЕМБЛЕРА В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**Курманбакеев В.А.**

*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: slavan787@gmail.com*

---

**Ассемблер является языком низкого уровня, который позволяет программистам писать эффективный код на аппаратном уровне. В средствах защиты информации ассемблер играет ключевую роль в написании системного кода, который обеспечивает безопасность данных и защиту от взлома.**

---

Ключевые слова: Ассемблер, защита информации.

## USING ASSEMBLER IN THE FIELD OF INFORMATION SECURITY

**Kurmanbakeev V.A.**

*Bonch-Bruevich St. Petersburg State University of Telecommunications, St. Petersburg, Russia (193232, St. Petersburg, 22 Bolshhevik Ave., bldg. 1), e-mail: slavan787@gmail.com*

---

**Assembler is a low-level language that allows programmers to write efficient code at the hardware level. In information security, assembler plays a key role in writing system code that ensures data security and protection against hacking.**

---

Keywords: Assembler, information protection.

Одним из основных преимуществ ассемблера является возможность точного контроля аппаратных ресурсов компьютера. Это позволяет программистам писать эффективный код, который оптимизирует использование ресурсов и обеспечивает быстрое действие приложений. В средствах защиты информации, это особенно важно, поскольку защита данных требует максимальной производительности и эффективности.

Ассемблер используется в различных средствах защиты информации, например, в системах аутентификации и авторизации. В таких системах, ассемблер позволяет программистам написать код, который обеспечивает проверку подлинности пользователей и контроль доступа к ресурсам. Например, можно написать код, который проверяет имя пользователя и пароль, а затем дает доступ только тем, у кого есть правильные учетные данные.

Ассемблер также используется в антивирусных и антишпионских программах. В этих программах, ассемблер позволяет программистам написать код, который сканирует систему на наличие вредоносных программ и злонамеренных активностей. Кроме того, ассемблер

позволяет программистам писать код, который блокирует вредоносные программы и предотвращает их распространение.

Также ассемблер используется в системах шифрования данных. В этих системах, ассемблер позволяет программистам написать код, который шифрует и дешифрует данные, обеспечивая их безопасность и защиту от несанкционированного доступа. Например, можно написать код, который использует алгоритмы шифрования для защиты данных, а затем дешифрует их только для тех, у кого есть соответствующие ключи.

В заключение, ассемблер играет важную роль в средствах защиты информации. Этот язык низкого уровня позволяет программистам писать эффективный

код, который оптимизирует использование аппаратных ресурсов компьютера и обеспечивает максимальную производительность. В средствах защиты информации, это особенно важно, поскольку безопасность данных требует максимальной эффективности и производительности.

Кроме того, ассемблер позволяет программистам иметь точный контроль над аппаратными ресурсами, что позволяет им создавать программы, которые могут проверять подлинность пользователей, контролировать доступ к ресурсам и обеспечивать защиту от взлома и распространения вредоносных программ.

Важно отметить, что написание кода на ассемблере может быть сложным и требовать от программистов специальных навыков и знаний. Однако, благодаря высокой производительности и эффективности, которые обеспечивает ассемблер, этот язык остается важным инструментом в разработке средств защиты информации.

В целом, использование ассемблера в средствах защиты информации является необходимым для обеспечения безопасности данных и защиты от взлома. Он позволяет программистам создавать эффективный и оптимизированный код, который обеспечивает максимальную производительность и контроль над аппаратными ресурсами. Хотя написание кода на ассемблере может быть сложным, его использование остается необходимым в разработке средств защиты информации [1].

Кроме того, ассемблер позволяет программистам создавать более сложные и точные алгоритмы защиты информации. Например, при работе с криптографическими алгоритмами, которые используются для защиты данных, необходимо учитывать скорость выполнения операций и точность вычислений. Ассемблер обеспечивает максимальную скорость и точность, что позволяет создавать более эффективные и надежные алгоритмы.

В современных системах защиты информации ассемблер используется для написания драйверов устройств, которые обеспечивают защиту от взлома и несанкционированного доступа к данным. Драйверы устройств, написанные на ассемблере, обеспечивают более высокую скорость обработки данных и надежность, чем драйверы, написанные на более высокоуровневых языках программирования.

Кроме того, ассемблер используется для написания обратных вызовов (callbacks) в системах защиты информации. Обратные вызовы используются для контроля доступа к данным и ресурсам, а также для мониторинга системных событий. Написание обратных вызовов на ассемблере обеспечивает максимальную производительность и точность, что позволяет создавать более эффективные системы защиты информации [2].

В заключение, использование ассемблера в средствах защиты информации является важным инструментом для создания более эффективных и надежных систем защиты данных.

Ассемблер обеспечивает максимальную производительность и точность, что является особенно важным при работе с криптографическими алгоритмами и другими системами защиты информации. Хотя написание кода на ассемблере может быть сложным, его использование остается необходимым для обеспечения безопасности данных и защиты от взлома.

Одним из важных преимуществ использования ассемблера в системах защиты информации является возможность оптимизации кода. Ассемблер позволяет написать код, который работает максимально быстро и использует минимальное количество системных ресурсов. Это особенно важно при работе с криптографическими алгоритмами, которые обычно требуют большого количества вычислительной мощности.

Кроме того, ассемблер позволяет обеспечить максимальную защиту от взлома и несанкционированного доступа к данным. Например, при написании кода на ассемблере можно использовать защитные механизмы, такие как шифрование, кодирование и маскирование, чтобы предотвратить взлом и перехват данных.

Однако, написание кода на ассемблере требует высокой квалификации и опыта в программировании. Также код на ассемблере обычно труднее для чтения и понимания, чем код на более высокоуровневых языках программирования. Поэтому, для использования ассемблера в системах защиты информации необходимо иметь команду квалифицированных специалистов, которые смогут разрабатывать и поддерживать код на ассемблере.

В заключение, использование ассемблера в средствах защиты информации является важным инструментом для создания эффективных и надежных систем защиты данных. Ассемблер обеспечивает максимальную производительность и точность, что является особенно важным при работе с криптографическими алгоритмами и другими системами защиты информации. Однако, использование ассемблера требует высокой квалификации и опыта в программировании, поэтому для его использования необходима команда квалифицированных специалистов [3].

### **Список литературы**

1. Art of Assembly Language, 2nd Edition, by Randall Hyde
2. Assembly Language for x86 Processors, 7th Edition, by Kip R. Irvine
3. Assembly Language Step-by-Step: Programming with Linux, 3rd Edition, by Jeff Duntemann

### **References**

1. Art of Assembly Language, 2nd Edition, by Randall Hyde
  2. Assembly Language for x86 Processors, 7th Edition, by Kip R. Irvine
  3. Assembly Language Step-by-Step: Programming with Linux, 3rd Edition, by Jeff Duntemann
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 004

## ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОРУЖИЯ НА ЧЕЛОВЕКА

**Капитанчук В.В., Акимов А.О., Лубнина А.А.**

*ФГБОУ ВО "Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева", Ульяновск, Россия (432071, Ульяновская область, г. Ульяновск, ул. Можайского, зд 8/8) e-mail: lubniaha0@mail.ru*

---

**Информационное оружие считается одним из основных средств ведения информационных войн, с помощью воздействия на информационные системы и процессы противника. Оно применяется для хищения информационных массивов и дезорганизации технических средств. Поэтому важно знать не только классификацию информационного оружия, но и методы борьбы с ним.**

---

Ключевые слова: Информационное оружие, информационная война, национальная безопасность.

## THE IMPACT OF INFORMATION WEAPONS ON HUMANS

**Kapitanchuk V.V., Akimov A.O., Lubnina A.A.**

*Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev, Ulyanovsk, Russia (432071, Ulyanovsk region, Ulyanovsk, Mozhaisky str., building 8/8) e-mail: lubniaha0@mail.ru*

---

**Information weapons are considered to be one of the main means of conducting information wars by influencing the information systems and processes of the enemy. It is used to steal information arrays and disorganize technical means. Therefore, it is important to know not only the classification of information weapons, but also the methods of combating them.**

---

Keywords: Information weapons, information warfare, national security.

Информационное оружие - это средства и методы воздействия на информационные системы, которые могут привести к нарушению их функционирования или к разрушению информации. [5]

Информационное оружие способно представлять опасность для национальной безопасности каждой страны. Оно представляет из себя совокупность средств, инструментариев, а также всевозможных методов с целью ликвидации и формирования сбоев в работе технического оборудования вместе с воздействием на конкретную область пользователей.

Национальная безопасность - данное состояние защищенности страны от внутренних, а также внешних угроз. Именно она гарантирует устойчивое развитие государства и защищает остро значимые интересы личности, общества, в том числе молодое поколение, кроме того страны в разных областях жизнедеятельности. [1]

---

Информационное оружие имеют все шансы применять для подрыва национальной безопасности Российской Федерации.

### **Понятия и виды информационного оружия**

Прежде чем обращаться к разбору ИО, необходимо разобраться, откуда все началось.

Первые упоминания об информационной войне можно найти в работах американского ученого Ричарда Хелма в 1948 году. [6] В России же термин «информационная война» появился в конце 80-х годов XX века.

Информационная война - это процесс противоборства человеческих общностей, направленный на достижение политических, экономических, военных или иных целей стратегического уровня, путём воздействия на гражданское население, власти и (или) вооружённые силы противостоящей стороны. [1]

Расходы Российского бюджета на армию в 2022 году составляет \$56,148 млрд. такую оценку приводят «Ведомости». А в США за последние 10 лет объем инвестиций в информационное оружие вырос на 900%. В 2021 году \$17,4 млрд из \$21,8 млрд вложений в информационные войны пришлось на стартапы, штаб-квартиры которых находятся в США (они могут вести исследования и разработку в других странах). По вышеприведенным данным, разница бюджета РФ на всю армию и бюджет США, выделяемый лишь на информационные войны, составляет 2,7. Таким образом, США уделяет большее внимание ИО, нежели Россия. [2], [3]

Так, информационное оружие может быть использовано в рамках информационной войны для достижения политических, экономических, военных или иных целей стратегического уровня

Важно понимать, что начинать защиту от информационного оружия необходимо с молодежи, т.к. ИО может быть использовано для манипулирования и убеждения людей, а также для распространения неправдивой информации и фейковых новостей. На сегодняшний день большая часть молодежи проводит много времени в интернете, поэтому случайно могут стать жертвой информационного оружия. Месенджеры, такие как Telegram и WhatsApp, а также фейковые аккаунты могут быть использованы как часть информационного оружия. Они могут распространять фейковые новости и информацию, которая может повлиять на общественное мнение и даже на результаты выборов.

С целью эффективного использования информационного оружия в практике, выделяется ряд ключевых проблем:

1. Проводятся провокации общественно-политической напряженности внутри государства, церковных, а также национальных конфликтов, кроме того многочисленных массовых волнений;
2. Манипуляции сознаниями жителей этого, либо другого государства, формирование атмосферы аморальности, пропаганды отрицательного взаимоотношения к культурному наследию;
3. Подрыв авторитетности страны в интернациональной степени, препятствие партнерства вместе с иными государствами;
4. Нарушение контролирования при государства армией и техникой;

5. Нанесение вреда стране в сфере политические деятели, экономики, общественной, а также иных областях работы.

Информационное оружие можно разделить на несколько видов:

1. Оружие, основанное на информационных технологиях;
2. Оружие, оказывающее энергетическое и химическое воздействие;
3. Информационно-техническое оружие;
4. Информационно-психологическое оружие. [4]

### **Характерные черты и разновидности информационного оружия.**

Информационное оружие различается от обыкновенного оружия тем, что никак не несет прямого боевого нрава, а также никак не применяет насильственных операций в процессе использования. Оно влияет на сознание, а также дух человека, а не на его плоть. Различием между информационным оружием и простым вооружением являются такие свойства, как управляемость, скрытность, универсальность, экономичность, а также доступность.

Основная цель ИО – контроль информационных ресурсов противника или вмешательство в его систему с целью ее дезорганизации, вывода из строя телекоммуникационных сетей, компьютерных систем.

### **Методы борьбы с информационными войнами**

Существует множество методов защиты от информационного оружия. Они могут включать в себя:

1. Образование и повышение осведомленности: обучение людей критическому мышлению и анализу информации может помочь им распознавать и отвергать фальшивую или манипулятивную информацию.
2. Защита информационных систем: использование антивирусного программного обеспечения, фильтров спама и других технологий для защиты компьютерных систем от вредоносных программ и атак.
3. Регулирование и контроль: государственные органы могут регулировать распространение информации и контролировать ее содержание, чтобы предотвратить распространение ложной или вредоносной информации.
4. Международное сотрудничество: страны могут работать вместе, чтобы бороться с информационным оружием на международном уровне.
5. Разработка и применение новых технологий: постоянное развитие новых технологий для обнаружения и противодействия информационному оружию.

Эти методы могут быть использованы в сочетании друг с другом для эффективной защиты от информационного оружия.

Подводя итоги, можно говорить о том, информационное оружие рассматривается как уникальный вид оружия, которое по своей сути является наиболее эффективным средством противоборства, чем, ставшее традиционным, вооружение и военная техника.

### **Список литературы**

1. Справочник Автор24 [Электронный ресурс]. - [https://spravochnick.ru/zhurnalistika/informacionnye\\_voyny/](https://spravochnick.ru/zhurnalistika/informacionnye_voyny/) (дата последнего обращения: 14.03.23)

2. "Основные направления бюджетной, налоговой и таможенно-тарифной политики на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов" (утв. Минфином России) [Электронный ресурс]. - [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_429950/eb09eba19c8dba0bb509d61dacbd966b79f236ab/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_429950/eb09eba19c8dba0bb509d61dacbd966b79f236ab/) (дата последнего обращения: 16.03.23)
3. Информационная безопасность вооруженных сил РФ [Электронный ресурс]. - <https://searchinform.ru/resheniya/otraslevye-resheniya/informatsionnaya-bezopasnost-vooruzhennykh-sil-rf/> (дата последнего обращения: 06.04.23)
4. Макаренко С.И. Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетцентрических войнах начала XXI века. - СПб.: Научно-технические технологии, 2017. - 546с.
5. Гриняев С. Н. Поле битвы – киберпространство. Теория, приемы, средства, методы и системы ведения информационной войны. – М.: Харвест, 2004. – 426с.

## References

1. Reference book Author24 [Electronic resource]. - [https://spravochnick.ru/zhurnalistika/informacionnye\\_voyny/](https://spravochnick.ru/zhurnalistika/informacionnye_voyny/) (last accessed: 14.03.23)
  2. "The main directions of budget, tax and customs tariff policy for 2023 and for the planning period of 2024 and 2025" (approved by the Ministry of Finance of the Russian Federation) [Electronic resource]. - [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_429950/eb09eba19c8dba0bb509d61dacbd966b79f236ab/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_429950/eb09eba19c8dba0bb509d61dacbd966b79f236ab/) (last accessed: 03/16/2013)
  3. Information security of the Armed forces of the Russian Federation [Electronic resource]. - <https://searchinform.ru/resheniya/otraslevye-resheniya/informatsionnaya-bezopasnost-vooruzhennykh-sil-rf/> (last accessed: 06.04.23)
  4. Makarenko S.I. Information warfare and electronic warfare in network-centric wars of the beginning of the XXI century. - St. Petersburg: Science-intensive technologies, 2017. - 546p.
  5. Grinyaev S. N. The battlefield is cyberspace. Theory, techniques, means, methods and systems of information warfare. – М.: Harvest, 2004. – 426p.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 629.7.05

## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В АВИАЦИИ: ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И КОМПОНЕНТЫ

**Соколов О.А., Ренц М.П., Травкин К.И.**

*ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова", Санкт-Петербург, Россия (196210, город Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д.38) e-mail: k.travkin2017@yandex.ru*

Данная научная статья посвящена системам автоматического управления в авиации и описывает их принципы работы и компоненты. В статье рассматриваются основные принципы работы систем автоматического управления, включая алгоритмы управления, обратную связь и датчики. Также описываются основные компоненты систем автоматического управления, такие как автопилоты, автоматические системы контроля полета, системы управления двигателем и другие. В статье особое внимание уделяется проблемам безопасности и надежности в системах автоматического управления и рассматриваются различные методы и средства обеспечения безопасности полетов. В заключении сделан вывод о том, что системы автоматического управления являются важной частью авиационной техники и существенно улучшают качество и безопасность полетов.

Ключевые слова: Системы автоматического управления, авиация, принципы работы, компоненты, алгоритмы управления, обратная связь.

## AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS IN AVIATION: PRINCIPLES OF OPERATION AND COMPONENTS

**Sokolov O.A., Rents M.P., Travkin K.I.**

*St. Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A.A. Novikov, St. Petersburg, Russia (196210, St. Petersburg, Pilotov str., 38) e-mail: k.travkin2017@yandex.ru*

This scientific article is devoted to automatic control systems in aviation and describes their operating principles and components. The article discusses the basic principles of automatic control systems, including control algorithms, feedback and sensors. It also describes the main components of automatic control systems, such as autopilots, automatic flight control systems, engine control systems and others. The article pays special attention to the problems of safety and reliability in automatic control systems and discusses various methods and means of ensuring flight safety. In conclusion, it is concluded that automatic control systems are an important part of aviation technology and significantly improve the quality and safety of flights.

Keywords: Automatic control systems, aviation, operating principles, components, control algorithms, feedback.

### Введение

Системы автоматического управления в авиации представляют собой комплекс электронных устройств и программных средств, которые обеспечивают управление летательным аппаратом без участия пилота. Они позволяют увеличить точность и безопасность полетов, снизить нагрузку на пилотов и сократить затраты на эксплуатацию.

Значение систем автоматического управления в авиации невозможно переоценить, поскольку они играют важную роль в обеспечении безопасности полетов и повышении эффективности авиатранспорта.

**Принципы работы систем автоматического управления в авиации основываются на следующих принципах:**

**Обнаружение и измерение параметров:** системы автоматического управления снабжены датчиками, которые измеряют физические величины, такие как скорость, высота, угол крена, курс и т.д.

*Анализ измеренных данных:* данные, полученные от датчиков, анализируются контроллерами систем автоматического управления. Эти контроллеры используют различные алгоритмы и модели, чтобы определить текущее состояние самолета и требуемые действия для достижения заданного курса.

*Выдача команд:* после анализа данных, система автоматического управления выдает команды актуаторам, которые управляют поворотными двигателями, рулем высоты и другими системами самолета. Эти команды обеспечивают необходимое управление самолетом для выполнения заданного маневра или курса.

*Корректировка:* системы автоматического управления в авиации постоянно корректируют выдаваемые команды на основе изменения параметров самолета, таких как атмосферные условия, силы ветра и т.д. Это обеспечивает точное и надежное управление самолетом.

*Передача информации:* системы автоматического управления могут передавать информацию пилоту или другим системам самолета, чтобы обеспечить оптимальное управление и координацию полета.

Основным принципом работы систем автоматического управления в авиации является непрерывный анализ и корректировка параметров полета для достижения требуемой траектории полета.

**Системы автоматического управления в авиации состоят из различных компонентов, включающих:**

*Датчики:* системы автоматического управления в авиации снабжены датчиками, которые измеряют физические параметры самолета, такие как скорость, высота, угол крена, курс и т.д. Эти данные используются для определения текущего состояния самолета и требуемых действий для достижения заданного курса.

*Контроллеры:* контроллеры систем автоматического управления обрабатывают данные, полученные от датчиков, используя различные алгоритмы и модели, чтобы определить требуемые действия для управления самолетом.

*Актуаторы:* актуаторы являются устройствами, которые управляют двигателями, рулем высоты и другими системами самолета, чтобы обеспечить необходимое управление для выполнения заданного маневра или курса.

*Компьютеры и программное обеспечение:* компьютеры и программное обеспечение обеспечивают управление и координацию между датчиками, контроллерами и актуаторами

систем автоматического управления. Они также могут предоставлять информацию пилоту или другим системам самолета для оптимального управления полетом.

*Каналы связи:* каналы связи используются для передачи данных между компонентами систем автоматического управления, а также для передачи информации пилоту или другим системам самолета.

*Резервные и аварийные системы:* системы автоматического управления в авиации обычно имеют резервные и аварийные системы, которые обеспечивают дополнительную безопасность в случае сбоев в основных системах.

*Интерфейсы и панели управления:* интерфейсы и панели управления предоставляют возможность пилотам взаимодействовать с системами автоматического управления и контролировать их работу.

Все эти компоненты взаимодействуют друг с другом, чтобы обеспечить надежное и эффективное управление самолетом.

### **Безопасность и надежность систем автоматического управления в авиации**

Безопасность и надежность систем автоматического управления являются критически важными аспектами в авиации, поскольку ошибки или сбои в системах могут привести к серьезным последствиям, включая аварии и потерю жизней. Поэтому, системы автоматического управления должны соответствовать высоким стандартам безопасности и надежности.

Одной из основных мер безопасности является дублирование систем и компонентов. Например, в самолетах часто используются двойные и тройные системы управления, каждая из которых имеет свои собственные датчики, контроллеры и актуаторы. Это позволяет обнаружить и исправить сбои в одной из систем, не прерывая полет.

Кроме того, системы автоматического управления в авиации должны соответствовать строгим требованиям по надежности. Надежность систем оценивается с помощью показателя MTBF (mean time between failures), который указывает на средний промежуток времени между отказами системы. Например, MTBF для систем автоматического управления в авиации должен быть выше, чем для других систем в самолете, таких как системы развлечения пассажиров.

Для обеспечения надежности и безопасности систем автоматического управления в авиации используются различные технологии, такие как системы контроля и диагностики, которые позволяют обнаружить сбои и неисправности в системах до того, как они приведут к аварии.

Кроме того, системы автоматического управления регулярно проходят строгие процедуры сертификации и тестирования, чтобы убедиться, что они соответствуют стандартам безопасности и надежности. Это включает тестирование систем в различных условиях, таких как экстремальные температуры, высоты и скорости, чтобы обеспечить их работу в любых условиях.

В целом, системы автоматического управления в авиации представляют собой сложные и надежные технологии, которые обеспечивают безопасный и эффективный полет. Однако, необходимо постоянно совершенствовать технологии и процессы, чтобы обеспечить еще более высокий уровень.

### **Заключение**

В заключение, системы автоматического управления являются ключевым элементом в современной авиации. Они позволяют повысить эффективность и безопасность полетов, а также уменьшить нагрузку на пилотов.

Основные принципы работы систем автоматического управления в авиации включают сбор информации с датчиков, анализ и обработку данных, и выдачу команд на исполнение путем управления актуаторами. Компоненты систем включают в себя датчики, контроллеры, исполнительные механизмы, и дисплеи.

Безопасность и надежность являются критически важными аспектами для систем автоматического управления в авиации. Для обеспечения безопасности, системы должны быть дублированы, а также проходить строгие процедуры сертификации и тестирования. Надежность систем оценивается с помощью показателя МТБФ, который должен быть выше, чем для других систем в самолете.

В целом, системы автоматического управления в авиации являются сложными и надежными технологиями, которые играют важную роль в обеспечении безопасности и эффективности полетов. Несмотря на это, технологии постоянно совершенствуются, чтобы обеспечить еще более высокий уровень безопасности и надежности.

### **Список литературы**

1. Николаев, А. Н., & Попов, А. В. (2019). Автоматические системы управления в авиации. Наука и техника авиации и космических систем, (2), С.60-70.
2. Брылев, В. А., & Карачин, В. В. (2018). Системы управления в авиации: основы и применение. Машиностроение и инновации, 18(5), С.30-35.
3. Петров, А. А., & Росляков, А. А. (2017). Исследование принципов работы систем автоматического управления в авиации. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки, (2), С.44-49.
4. Жуков, А. В., & Лобанов, С. Н. (2020). Оценка надежности систем автоматического управления в авиации. Техника и технологии, (3), С.53-59.
5. Меркулов, В. И., & Сидоров, А. Н. (2018). Системы автоматического управления в авиации. Авиационная техника и технология, (1), С.42-48.

### **References**

1. Nikolaev, A. N., & Popov, A.V. (2019). Automatic control systems in aviation. Science and Technology of Aviation and Space Systems, (2), pp.60-70.
  2. Brylev, V. A., & Karachin, V. V. (2018). Control systems in aviation: fundamentals and application. Mechanical engineering and innovation, 18(5), pp.30-35.
  3. Petrov, A. A., & Roslyakov, A. A. (2017). Research of principles of operation of automatic control systems in aviation. News of higher educational institutions. The North Caucasus region. Technical Sciences, (2), pp.44-49.
  4. Zhukov, A.V., & Lobanov, S. N. (2020). Assessment of the reliability of automatic control systems in aviation. Technique and Technologies, (3), pp.53-59.
  5. Merkulov, V. I., & Sidorov, A. N. (2018). Automatic control systems in aviation. Aviation Engineering and Technology, (1), pp.42-48.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 004.622

## К ВОПРОСУ О КРОССПЛАТФОРМЕННОЙ СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЯ РЕПРОДУКТИВНОЙ ГОТОВНОСТИ

**Торгашин А.А.**

*ФГБОУ ВО "Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики", Новосибирск, Россия (630102, Новосибирская область, Новосибирск, ул. Кирова, д. 86) e-mail: [torgashin.aa@yandex.ru](mailto:torgashin.aa@yandex.ru)*

В данной статье рассматривается кроссплатформенная (то есть, имеющая возможность работы на различных видах операционных систем) система, предназначенная для расчета показателя репродуктивной готовности, позволяющего оценивать уровень репродуктивной функции пациентов. В качестве инструментария для такой системы выступает набор технологий, включающий в себя язык программирования, платформу разработки, систему хранения данных, а также иные инструменты для разработки системы. Для обоснованного выбора основного языка программирования, на котором реализуется система, применен метод анализа иерархий, основанный на экспертных оценках критериев языков программирования. В результате проведенного анализа осуществлен выбор языка программирования C#, платформы .NET и фреймворка ASP.NET Core. Для хранения массива данных осуществлен выбор в пользу реляционной базы данных, а именно системы управления реляционными базами данных Microsoft SQL Server с применением технологии ORM (Object-Relational Mapping), позволяющей работать с объектами базы данных как с объектами программного кода. В качестве основного веб-сервера, отвечающим за обработку входящих запросов и возврат ответов, выбран веб-сервер Kestrel. Учитывая недостатки данного веб-сервера, дополнительно выбран веб-сервер Nginx, исполняемый как обратный прокси-сервер, который перенаправляет запросы в Kestrel и предоставляет дополнительные функции, такие как балансировка нагрузки и кэширование. Такая конфигурация предоставляет повышение производительности и надежности веб-приложений, в частности в сценариях с высоким трафиком.

Ключевые слова: Прогностическая модель для диагностики и лечения бесплодия, программное обеспечение, .NET, ASP.NET Core, кроссплатформенность, веб-приложение, веб-сервер, клиент-серверная архитектура, Kestrel.

## ON THE ISSUE OF A CROSS-PLATFORM SYSTEM FOR AUTOMATED CALCULATION OF THE INDICATOR OF REPRODUCTIVE READINESS

**Torgashin A.A.**

*Siberian State University of Telecommunications and Informatics, Novosibirsk, Russia (630102, Novosibirsk region, Novosibirsk, Kirova St., 86) e-mail: [torgashin.aa@yandex.ru](mailto:torgashin.aa@yandex.ru)*

This article discusses a cross-platform (that is, having the ability to work on various types of operating systems) system designed to calculate the indicator of reproductive readiness, which allows assessing the level of reproductive function of patients. A set of technologies acts as a toolkit for such a system, including a programming language, a development platform, a data storage system, and other tools for system development. For a reasonable choice of the main programming language in which the system is implemented, the method of analysis of hierarchies based on expert assessments of the criteria of programming languages is applied. As a

---

result of the analysis, the choice of the C# programming language, the .NET platform and the ASP.NET Core framework was made. To store the data array, a choice was made in favor of a relational database, namely, the Microsoft SQL Server relational database management system using ORM (Object-Relational Mapping) technology, which allows working with database objects as with program code objects. The Kestrel web server has been chosen as the main web server responsible for processing incoming requests and returning responses. Given the shortcomings of this web server, the Nginx web server was additionally chosen, used as a reverse proxy server, which redirects requests to Kestrel and provides additional features such as load balancing and caching. This configuration provides improved performance and reliability for web applications, particularly in high-traffic scenarios.

---

Keywords: predictive model for diagnosis and treatment of infertility, software, .NET, ASP.NET Core, cross-platform, web application, web server, client-server architecture, Kestrel.

## Введение

В статье [1] описана прогностическая модель для диагностики и лечения бесплодия. В основе модели лежит показатель репродуктивной готовности (Indicator of Reproductive Readiness, IRR), рассчитываемый исходя из коэффициента репродуктивной активности (Coefficient of Reproductive Activity, CRA) и показателя репродуктивного здоровья (Indicator of Reproductive Health, IRH), которые в свою очередь включают в себя различные характеристики здоровья и половой активности человека (пациента). Расчет указанных показателя и коэффициента в конечном итоге дают возможность оценить уровень репродуктивной функции пациента.

Предполагается, что применение данной модели оценивания репродуктивного здоровья в первую очередь полезно для выбора направления диагностики, лечения и прогнозирования репродуктивных возможностей. Вычисление IRR может проводить как сам пациент, отвечая на вопросы специализированного программного обеспечения (ПО), так и гинеколог-репродуктолог, ведущий прием пациентов.

Учитывая многоступенчатость расчетов и наличие множества принимаемых во внимание факторов, самостоятельное проведение вычислений (например, врачом) может быть затруднено и не всегда эффективно по затратам времени. Поэтому автоматизация данного процесса является важной практической задачей.

На рынке медицинского программного обеспечения (ПО) представлено множество программных продуктов для различных направлений медицины. Такое ПО включается в себя, например, системы для поддержки принятия врачебных решений, системы для анализа медицинских изображений и прочие [9]. Данная работа направлена на разработку ПО, реализующего модель IRR, описанную в статье [1].

Такое ПО должно отвечать следующим требованиям:

- иметь централизованное (в пределах одного медицинского учреждения или сети медицинских учреждений) хранение данных, которое позволит провести интеграцию между несколькими медучреждениями, либо между пациентом и врачом, в случае самостоятельного использования ПО пациентом;
- наличие кроссплатформенности, выражающейся в возможности работы с различными операционными системами (ОС), например, Windows Server, ОС на базе ядра Linux и др.;
- наличие интерфейса, понятного как работникам медицинских учреждений, так и физическим лицам;

- наличие низкого уровня требований к аппаратным мощностям с целью расширения охвата возможных пользователей.

В настоящей статье представлен анализ выбора соответствующих инструментов и подходов для разработки такого ПО.

### **Архитектура программного обеспечения**

Как указано выше, ПО должно иметь централизованное хранилище (базу данных). Такое требование вызвано потребностью в мобильности. Под этим подразумевается наличие возможности обмена данными, например, между отделениями в пределах одного медицинского учреждения, между несколькими медицинскими учреждениями, а также между пациентом, который может заранее провести автоматизированный расчет соответствующих показателей, и медицинским учреждением, в которое пациент может отправить свои данные.

Исходя из вышеуказанных требований, а также возможности применения ПО пациентами самостоятельно, в приоритете рассматривается клиент-серверная архитектура ПО. Такая архитектура позволяет развернуть ПО на сервере, который будет отвечать за хранение данных, обмен данными между медицинскими учреждениями или между пациентом и учреждением, а также за проведение расчетов. Помимо сервера, в клиент-серверной архитектуре присутствует «клиент», который отвечает за прием и отправку данных с сервера и на сервер, отображение информации пользователям системы, а также получение данных от пользователей.

Клиент может быть распространяемым в виде стационарного приложения, устанавливаемого на компьютеры пользователей. В настоящее время подход с установкой ПО на компьютер может быть реализован не для каждого программного продукта, а в некоторых случаях бывает излишним (например, в случаях, когда ПО используется однократно). В данной ситуации, клиентская часть выполняет лишь функцию приема и отображения данных, а применение ПО непосредственно пациентом будет единоразовым, в связи с чем установка его на компьютеры пользователей не имеет особой необходимости. В свою очередь реализация «клиента» как веб-сайта в сети интернет является наиболее выгодным решением с точки зрения простоты применения ПО как пациентами, так и медицинскими учреждениями. Фактически, пациентам будет доступна веб-версия ПО с любого устройства, будь то смартфон или персональный компьютер, а в медицинских учреждениях потребуется меньшее количество ресурсов на распространение такого программного продукта во внутренней сети.

### **Выбор инструментов для реализации программного обеспечения**

#### **Язык программирования и платформа**

Основой информационных систем (ИС) является язык программирования (ЯП), на котором ведется разработка программного кода. В настоящее время представлено множество ЯП, предназначенных для разработки любых ИС, среди которых выделяют наиболее популярные: Java, C, Python, C++, C# и другие [2]. Каждый из этих языков зачастую применяются для решения определенных задач, хотя и не ограничиваются только ими, например, C и C++ часто используются для тех задач, где критичной является скорость исполнения, но в то же время жертвуется удобством работы с ЯП. Наоборот, такие ЯП, как

Java и C#, имеют более широкий уровень абстракции, что облегчает работу с ЯП, но производительность этих языков - несколько ниже [4].

Для решения задачи выбора ЯП в нашей работе использовали метод анализа иерархий (МАИ) [10]. Общий принцип применения МАИ представлен на Рисунке 1.

В данной статье отражены только основные этапы применения МАИ, которые в наибольшей степени отражают суть применяемого метода.



Рисунок 1 – Общий принцип применения МАИ

Путем попарного сравнения критериев выбора ЯП между собой была получена матрица парных сравнений и нормированные оценки сравниваемых критериев, которые рассчитываются по следующей формуле.

$$X = \frac{\sqrt[n]{a_1 * a_2 * \dots * a_n}}{\sum_{i=1}^n (\sqrt[n]{a_1 * a_2 * \dots * a_n})_i} \quad (1)$$

где: X – нормированная оценка;  
 n – размерность матрицы;  
 a<sub>n</sub> – значимость критерия.

Математической обработкой с применением формулы (1) были получены следующие нормированные оценки значимости критериев ЯП, представленные на Рисунке 2.



Рисунок 2 – Нормированные оценки значимости критериев ЯП

Из представленного набора критериев были отобраны четыре наиболее важных критерия, оценки значимости которых имели значение более 10% (определенный нами минимум для выбора критериев): поддержка кроссплатформенности (30,81%), скорость разработки (22,35%), удобство разработки (15,7%), скорость выполнения ПО, разработанного

на данном ЯП (10,84%). Также было проведено попарное сравнение четырех выбранных критериев между собой для актуализации значимости критериев. Были получены следующие оценки значимости (веса) критериев: поддержка кроссплатформенности – 58,11%, скорость разработки – 25,49%, удобство разработки – 11,4%, скорость выполнения – 5%.

Аналогичным образом из набора восьми наиболее популярных ЯП общего назначения (Python, С, С++, Java, С#, Visual Basic, JavaScript, PHP) были отобраны четыре языка программирования: С#, Java, С++ и Python [2].

С целью подтверждения согласованности выставленных оценок при проведении попарного сравнения были рассчитаны индекс согласованности (ИС) и отношение согласованности (ОС), которые составили 5,19% и 3,58% соответственно. Если значение ИС и ОС < 10%, то оценки считаются согласованными [10].

Для выбора единственного ЯП было проведено оценивание их между собой по каждому из выбранных критериев. В результате такого оценивания получена сводная таблица значимости ЯП по каждому из критериев (Таблица 1).

Таблица 1 – Результаты анализа критериев ЯП

ЯП	Критерии			
	Скорость исполнения (вес критерия – 0,05)	Удобство разработки (вес критерия – 0,11)	Кроссплатформенность (вес критерия – 0,58)	Скорость разработки (вес критерия – 0,25)
С#	0,17	0,55	0,41	0,53
Java	0,11	0,29	0,41	0,27
С++	0,68	0,05	0,07	0,06
Python	0,04	0,11	0,12	0,14

Как можно увидеть из Таблицы 1 наиболее важным критерием был установлен критерий кроссплатформенности, что соответствует требованиям к разрабатываемому ПО, указанным во введении данной статьи.

Для нахождения глобального показателя значимости, т.е. выбора одного объекта из рассматриваемого множества (в данном случае ЯП) применяется синтез глобальных приоритетов, который производится с помощью расчета взвешенных сумм по следующей формуле:

$$A = \sum_{i=1}^n X_i * V_i, \quad (2)$$

где: n – количество критериев для объекта;

$X_i$  – значимость критерия;

$V_i$  – вес критерия.

С помощью формулы (2) были рассчитаны глобальные приоритеты языков программирования по выбранным критериям, которые составили следующие значения: С# - 0,44, Java – 0,34, Python – 0,12, С++ - 0,09.

Таким образом, выбор был сделан в пользу языка программирования С# (C Sharp), который получил наибольший глобальный приоритет, и соответствующей ему платформы .NET, которая является кроссплатформенной, то есть может исполняться в различных средах (в данном случае речь идет об операционных системах) в отличии от платформы .NET

Framework, которая предназначена исключительно для ОС Windows. Поддерживается данная платформа и язык корпорацией Microsoft, обновляется на постоянной основе - последняя версия .NET 7 обновлена в ноябре 2022 года, данные факты позволяют гарантировать актуальность выбранного языка и платформы в обозримом будущем. Принимая во внимание указанные факты: удобство и скорость работы с языком, наличие множества библиотек под различные потребности данного языка, будем считать его одним из наиболее подходящих языков для реализации соответствующего ПО.

Вместе с тем, для разработки веб-приложений в платформе .NET предусмотрен фреймворк (набор инструментов для разработки ПО) ASP.NET Core. Разработка на данном фреймворке также ведется на языке C#. Следует отметить, что и C#, и .NET, и ASP.NET Core представлены с открытым исходным кодом, что позволяет убедиться в их безопасности, отсутствии уязвимостей и иных нежелательных факторов.

Помимо ЯП для ядра системы, в роли вспомогательного ЯП был выбран язык TypeScript – относительно «молодой» ЯП (представлен в 2012 году корпорацией Microsoft), который при сборке приложения транслируется в JavaScript. Используется данный язык для управления элементами веб-страниц (например, кнопками, полями для ввода, внешним видом и т.д.), которые сами по себе являются представлением на языке разметки HTML.

Фреймворк ASP.NET Core позволяет подготовить как серверную часть приложения, так и клиентскую. Сервер в данном случае представляет собой приложение, написанное на языке программирования C#, которое принимает запросы от клиентских приложений, обрабатывает определенным образом и возвращает ответ в виде веб-страницы с определенным результатом. Клиентское приложение в данном случае — это веб-браузер, с помощью которого пользователи отправляют на сервер запросы и получают ответы, задача браузера состоит в правильном формировании и отправке таких запросов, а также браузером осуществляется отображение ответов в виде веб-страниц.

### **Хранение данных**

Практически каждое ПО должно где-то хранить данные – это могут быть данные пользователей (такие как логин, ФИО, и другая персональная информация), данные самого ПО (например, настройки) и прочие данные, необходимые для работы ПО.

С целью хранения данных применяются различные технологии, например, хранение в базах данных, которые создаются и управляются с помощью различных систем управления базами данных (СУБД), среди которых выделяют наиболее популярные СУБД, такие как MSSQL, PostgreSQL, MySQL и др. При определенных обстоятельствах хранение данных также организуют в виде файлов в различных форматах: JSON, XML, CSV и др.

Хранение большого объема данных сопряжено с требованием в подходящем способе организации и доступа к таким данным. Наилучшим вариантом для этих целей подходит СУБД, в которой данные организованы в виде таблиц с обозначенными полями, в том числе идентификаторами записей, что позволяет оперировать такими данными с помощью фильтрации по определенным признакам.

Для реализации ПО была выбрана наиболее популярная система управления базами данных от корпорации Microsoft – Microsoft SQL Server (MSSQL), которая легко интегрируется с платформой .NET в целом и языком C# в частности (во многом благодаря

тому, что Microsoft SQL Server и .NET поддерживаются корпорацией Microsoft). Помимо этого, MSSQL как комплекс программ включает в себя удобную с точки зрения пользовательского интерфейса утилиту для взаимодействия с компонентами MSSQL, что ускоряет работу с базой данных и позволяет затрачивать меньшее количество ресурсов в процессе разработки.

Следует отметить, что для реализации системы также использована технология ORM (Object-Relational Mapping), в частности Entity Framework. Данная технология используется для сопоставления объектов базы данных с объектами программного кода [3]. Использование данного подхода позволяет уменьшить количество ресурсов, требуемых на разработку модуля ПО, отвечающего за работу с объектами в базе данных, а также улучшает масштабируемость программного кода в дальнейшем в связи с тем, что работа по взаимодействию с БД происходит с помощью LINQ (язык запросов в ЯП платформы .NET) и моделей данных, а не SQL с дальнейшим приведением полученных данных к типу моделей (классов, определенных в программном коде).

### **Web-сервер для системы**

Веб-приложению для работы требуется веб-сервер – ПО, которое принимает HTTP-запросы (например, от веб-браузеров) и возвращает HTTP-ответы (зачастую вместе со страницей, построенной с использованием HTML и некоторым набором статических файлов, таких как изображения, файлы, видео и др.).

Для веб-приложений, размещаемых на серверах с ОС Windows Server, обычно используется IIS (Internet Information Server) – веб-сервер, разработанный корпорацией Microsoft и поставляемый совместно с этой ОС [5]. Учитывая тот факт, что IIS отлично подходит для размещения веб-приложений, разработанных с применением ASP.NET Core (ввиду его интегрированности с продуктами корпорации Microsoft), у данного ПО имеется существенный минус, выражающийся в том, что IIS работает только на ОС Windows Server, что не соответствует требованиям наличия кроссплатформенности, указанным выше в данной статье.

Наиболее подходящим веб-сервером в таком случае является Kestrel – веб-сервер, также разработанный корпорацией Microsoft и интегрированный в ASP.NET Core. Факт интегрированности способствует уменьшению затрат времени на развертывание системы, так как в случае использования ASP.NET Core веб-сервер уже встроен в фреймворк. Kestrel в отличие от IIS является кроссплатформенным, то есть может размещаться не только на ОС Windows Server, но также и на ОС на базе ядра Linux, MacOS и др.

Несмотря на преимущества в виде кроссплатформенности, Kestrel является простым веб-сервером и, например, не поддерживает обращение к одним и тем же IP-адресам и портам от нескольких процессов, в связи с чем рекомендуется использовать Kestrel совместно с обратным прокси-сервером, который лишен этих ограничений [6, 7]. Для реализации системы в качестве обратного прокси-сервера был использован наиболее популярный веб-сервер Nginx [8].

### Заключение

В результате проведенного анализа был определен инструментарий, необходимый для реализации системы, отвечающей требованиям кроссплатформенности, что позволяет развернуть такую систему на современных ОС, при этом такая система имеет централизованное хранилище на основе СУБД, что позволяет развернуть базу данных на сервере с возможностью множественного подключения с различных устройств. Клиент-серверная архитектура, примененная при разработке, позволяет распространить ПО на большее количество пользователей ввиду простоты распространения такого ПО и поддержке работы на различных устройствах (компьютеры и смартфоны).

Благодаря использованию современных решений и технологий разработка системы требует меньшее количество ресурсов, что в перспективе удешевляет разработку, а также способствует дальнейшей поддержке системы.

### Список литературы

1. В. М. Белов, М. В. Пургина, В. В. Востриков, И. А. Чудинов, "Построение прогностической модели для диагностики и лечения бесплодия," 2022 IEEE International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON), Екатеринбург, Российская Федерация, 2022, С.1460-1464, doi: 10.1109/SIBIRCON56155.2022.10017045.
2. И.В. Коровин, И.А. Пулкин, А.S. Veranyan, Исследование скоростей выполнения базовых математических задач популярных языков программирования // Экономика и качество систем связи. – 2019. - №3. – С. 63-68.
3. Д.С. Кобылкин, О.В. Юсупова, Перспектива применения средств Entity Framework при разработке систем распределенной обработки данных на языке С# // Международный научный журнал "Символ науки". – 2021. - № 2. – С. 14-17.
4. Сравнение производительности С++ и С#. / Текст: электронный. – URL: <https://habr.com/ru/post/266163> (Дата обращения: 14.04.2023).
5. Д.С. Бухаров, О некоторых особенностях веб-сервера IIS // Международный научный журнал "Инновационная наука". – 2015. - № 6. – С. 35-39.
6. When to use Kestrel with a reverse proxy / Текст: электронный. – URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/fundamentals/servers/kestrel/when-to-use-a-reverse-proxy?view=aspnetcore-7.0>
7. Host ASP.NET Core on Linux with Ngin / Текст: электронный. – URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/host-and-deploy/linux-nginx?view=aspnetcore-7.0&tabs=linux-ubuntu>
8. Nginx, Apache, Cloudflare - statistics and overview of popular web servers / Текст: электронный. – URL: <https://timeweb.com/ru/community/articles/nginx-apache-cloudflare-statistika-i-obzor-populyarnyh-veb-serverov>
9. List of software registered in Russia as a medical product / Текст: электронный. – URL: <https://webiomed.ru/blog/spisok-programmnogo-obespecheniia-zaregistrirovannogo-kak-meditsinskoe-izdelie>
10. Thomas L. Saaty, On the measurement of the intangible. An Approach to Relative Measurements Based on the Principal Eigenvector of the Pairwise Comparison Matrix // Electronic journal Cloud of science. – 2015. - №1 – 35 p.

## References

1. V. M. Belov, M. V. Purgina, V. V. Vostrikov and I. A. Chudinov, "Building a Predictive Model for the Diagnosis and Infertility Treatment," 2022 IEEE International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON), Yekaterinburg, Russian Federation, 2022, pp. 1460-1464, doi: 10.1109/SIBIRCON56155.2022.10017045.
  2. I.V. Korovin, I.A. Pulkin, A.S. Veranyan, Research of speeds of performance of basic mathematical problems of popular programmatic languages // Economics and quality of communication systems. – 2019. - №3. – pp. 63-68.
  3. D.S. Kobylkin, O.V. Yusupova, The prospect of using Entity Framework tools in the development of distributed data processing systems in C# // International scientific journal "Symbol of Science". – 2021. - № 2. – pp. 14-17.
  4. Performance comparison of C++ and C# [Online]. Available: <https://habr.com/ru/post/266163>
  5. D.S. Bukharov, About some features of the iis web server // International scientific journal "Innovative science". – 2015. - № 6. – pp. 35-39.
  6. When to use Kestrel with a reverse proxy [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/fundamentals/servers/kestrel/when-to-use-a-reverse-proxy?view=aspnetcore-7.0>
  7. Host ASP.NET Core on Linux with Nginx [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/host-and-deploy/linux-nginx?view=aspnetcore-7.0&tabs=linux-ubuntu>
  8. Nginx, Apache, Cloudflare - statistics and overview of popular web servers [Online]. Available: <https://timeweb.com/ru/community/articles/nginx-apache-cloudflare-statistika-i-obzor-populyarnyh-veb-serverov>
  9. List of software registered in Russia as a medical product [Online]. Available: <https://webiomed.ru/blog/spisok-programmnogo-obespecheniia-zaregistrirovannogo-kak-meditsinskoe-izdelie>
  10. Thomas L. Saaty, On the measurement of the intangible. An Approach to Relative Measurements Based on the Principal Eigenvector of the Pairwise Comparison Matrix // Electronic journal Cloud of science. – 2015. - №1 – 35 p.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 004

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ VR В ОБРАЗОВАНИИ

**Половченко М.А.**

*ФГБОУ ВО "Кубанский государственный университет", Краснодар, Россия (350040, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская., д.149) e-mail: maov03012007@rambler.ru*

Современное образование стремится к использованию передовых технологий, и одной из наиболее перспективных областей в этом контексте является виртуальная реальность (VR). В данной статье рассматривается актуальность использования VR в образовательных процессах. Анализируются преимущества применения VR в образовании, такие как создание иммерсивных образовательных сред, персонализация обучения, развитие практических навыков и снижение образовательных барьеров. Описываются различные области применения VR в образовании, такие как наука, искусство, история, медицина и другие. Также анализируются вызовы и ограничения использования VR в образовании, такие как высокая стоимость оборудования, ограниченная доступность и ограничения в контенте. В заключение, подводятся итоги и делаются выводы о потенциале использования VR в образовательных процессах, его перспективах и возможных направлениях развития.

Ключевые слова: Виртуальная реальность, образование, иммерсивное обучение, потенциал VR.

## USING VR IN EDUCATION

**Polovchenko M.A.**

*Kuban State University, Krasnodar, Russia (350040, Krasnodar Krai, Krasnodar, Stavropolskaya str, d.149) e-mail: maov03012007@rambler.ru*

Modern education is committed to the use of advanced technologies, and one of the most promising areas in this context is virtual reality (VR). This article discusses the relevance of using VR in educational processes. The advantages of using VR in education are analyzed, such as the creation of immersive educational environments, personalization of learning, the development of practical skills and the reduction of educational barriers. Various fields of application of VR in education are described, such as science, art, history, medicine and others. It also analyzes the challenges and limitations of using VR in education, such as the high cost of equipment, limited availability, and content restrictions. In conclusion, the results are summarized and conclusions are drawn about the potential of using VR in educational processes, its prospects and possible directions of development.

Keywords: Virtual reality, education, immersive learning, VR potential.

Виртуальная реальность (VR) – это технология, позволяющая пользователю взаимодействовать с компьютерной симуляцией, которая имитирует реальный мир или создает виртуальное окружение. VR стала одним из самых впечатляющих и востребованных направлений в сфере информационных технологий, и она находит все большее применение в различных областях, включая образование.

Образование является одной из сфер, где технологии VR могут иметь значительный потенциал. Виртуальная реальность может преобразовать традиционный процесс обучения,

предлагая новые возможности для более эффективного и интерактивного обучения. С помощью VR студенты могут погрузиться в виртуальное пространство, где они могут взаимодействовать с 3D-моделями, создавать, модифицировать и исследовать объекты и явления, исследовать непознанные места и опытно учиться в безопасной и контролируемой среде.

**Целью** данного исследования является анализ применения VR в образовании. В данной статье рассмотрен потенциал VR для улучшения процесса обучения и образовательного опыта обучающихся, а также его преимущества и ограничения. Будет проанализировано использование VR в различных образовательных уровнях, от дошкольного до высшего образования, а также статистика и развитие VR в образовании за 2019-2023гг.

**Актуальность:** Изучение темы "VR в образовании" актуально в современном образовательном контексте, так как оно открывает новые перспективы для совершенствования образовательного процесса, подготовки студентов к будущим вызовам и содействия более доступному и эффективному образованию.

### **Потенциал VR для улучшения процесса обучения**

Виртуальная реальность (VR) имеет огромный потенциал для улучшения процесса обучения и образовательного опыта студентов. Вот несколько ключевых аспектов, в которых VR может принести значительные выгоды:

**Иммерсивное обучение:** VR предлагает возможность создания полностью иммерсивных образовательных сред, в которых студенты могут погружаться и взаимодействовать с виртуальным окружением. Это позволяет создавать реалистичные симуляции и визуализации, которые могут сильно улучшить процесс обучения. Обучающиеся могут, например, исследовать внутреннюю структуру органов, изучать сложные процессы и взаимодействовать с абстрактными концепциями в более наглядный и увлекательный способ.

**Персонализация обучения:** VR позволяет создавать образовательные сценарии, адаптированные к индивидуальным потребностям и стилям обучения студентов. Это может включать различные уровни сложности заданий, индивидуальные траектории обучения и моментальную обратную связь, что способствует более эффективному и персонализированному обучению.

**Развитие практических навыков:** VR предоставляет возможность тренировки практических навыков в безопасной и контролируемой среде. Студенты могут, например, проводить медицинские операции, тренироваться в авиасимуляторах, осваивать навыки строительства и многие другие. Это позволяет улучшить процесс обучения на практике и снизить риски ошибок.

**Снижение образовательных барьеров:** VR может помочь снизить географические, социальные и финансовые барьеры в образовании. Студенты могут, например, посещать виртуальные уроки и лекции из любой точки мира, даже если они находятся в удаленных или труднодоступных местах. Это также может быть особенно полезно для людей с ограниченными физическими возможностями. Рассмотрим Таблицу 1.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки VR в образовании

<b>Преимущества</b>	<b>Недостатки</b>
---------------------	-------------------

<p>1. Погружающий опыт обучения: VR позволяет учащимся погружаться в реалистичные виртуальные среды, создавая более глубокий и эмоционально насыщенный опыт обучения.</p> <p>2. Визуализация сложных понятий: С помощью VR можно визуализировать сложные понятия, такие как абстрактные процессы или атомная структура, что помогает учащимся лучше понимать и запоминать информацию.</p> <p>3. Интерактивное обучение: VR предлагает интерактивные возможности, такие как взаимодействие с виртуальными объектами, проведение экспериментов и решение задач, что делает обучение более активным и увлекательным.</p> <p>4. Безопасное и уникальное обучение: VR позволяет учиться в безопасной виртуальной среде, особенно в областях, где реальные опасности или риски могут быть неприемлемыми или недоступными, таких как медицина или авиационная промышленность, посещение и изучение исторических мест, музеев и других культурных достопримечательностей, которые могут быть недоступны в реальной жизни.</p> <p>5. Доступность и гибкость: Образовательная VR может быть доступна в любом месте и в любое время, что позволяет учиться в режиме онлайн и гибко настраивать образовательные программы под нужды каждого ученика.</p> <p>6. Повышение мотивации студентов: использование VR может помочь повысить мотивацию студентов к обучению, поскольку оно делает процесс более интересным, захватывающим и вовлекающим.</p> <p>7. Общение: VR может быть использована для улучшения общения между студентами и преподавателями. Виртуальные классы и конференции могут</p>	<p>1. Высокая стоимость: Технология виртуальной реальности (VR) может быть дорогой, особенно если требуется использование высококачественного оборудования и контента. Это может быть ограничивающим фактором для многих образовательных учреждений с ограниченными бюджетами.</p> <p>2. Необходимость специализированного оборудования: для полноценного использования VR в образовательном процессе требуется специализированное оборудование, такое как шлемы виртуальной реальности, контроллеры и компьютеры с высокими техническими характеристиками. Это может потребовать дополнительных инвестиций и подготовки персонала для работы с таким оборудованием.</p> <p>3. Ограниченные возможности взаимодействия: В VR взаимодействие ограничено действиями, которые можно выполнить с помощью контроллеров или других устройств. Это может быть недостаточно для полноценного взаимодействия с окружающей средой или другими участниками обучения, особенно в случае сложных или детализированных задач.</p> <p>4. Возможные физиологические эффекты: Длительное использование VR может вызвать физиологические эффекты, такие как тошнота, головокружение, усталость глаз и другие симптомы, известные как "синдром виртуальной реальности". Это может ограничить возможность долгосрочного использования VR в образовательных целях, особенно для детей или людей с определенными заболеваниями.</p> <p>5. Ограниченный контент: несмотря на то, что рынок VR-контента активно развивается, он все еще ограничен по сравнению с традиционными методами</p>
---	---

предоставить студентам и преподавателям новые способы для общения и взаимодействия, включая возможность общаться в режиме реального времени и работать вместе над проектами в виртуальном пространстве. Кроме того, VR может также помочь в более дистанционном формате, что стало особенно важным во время пандемии COVID-19.	обучения. Не всегда можно найти контент, соответствующий определенным образовательным программам или потребностям учащихся, что может быть ограничивающим фактором для успешного внедрения VR в учебный процесс.
--	--

Несмотря на то, что преимуществ больше, возникает вопрос, как обойти или предотвратить недостатки использования VR.

### **Как предотвратить недостатки при использовании VR в образовании?**

Хотя использование виртуальной реальности (VR) в образовании имеет множество преимуществ, таких как повышение уровня вовлеченности студентов и улучшение процесса обучения, оно также может иметь некоторые недостатки. Вот несколько способов, как можно предотвратить недостатки при использовании VR в образовательных целях:

**Выбор правильного оборудования:** Одним из ключевых аспектов успешного использования VR в образовании является выбор подходящего оборудования. Различные устройства VR имеют свои особенности и ограничения, такие как стоимость, уровень сложности использования, требования к техническим характеристикам компьютеров и т. д. Правильный выбор оборудования, соответствующего учебным целям, может помочь избежать недостатков, связанных с неудовлетворительным качеством VR-опыта.

**Подготовка и обучение преподавателей:** Преподаватели, которые внедряют VR в свои учебные программы, должны быть должным образом подготовлены и обучены по использованию VR-технологий. Это включает знакомство с оборудованием, программным обеспечением, а также освоение педагогических стратегий, эффективных методов обучения и организации учебных процессов с использованием VR.

**Разработка качественного контента:** Контент, созданный для VR-обучения, должен быть высококачественным и соответствовать учебным целям. Неподходящий контент может привести к снижению эффективности обучения и отрицательному опыту студентов. Поэтому важно разрабатывать контент, который точно соответствует учебным целям и позволяет студентам взаимодействовать с образовательным материалом на достаточно глубоком уровне.

**Определение длительности сеансов:** Длительность сеансов VR-обучения также важна для предотвращения недостатков. Продолжительное использование VR может вызвать усталость и дезориентацию, известные как "VR-укачивание". Поэтому важно определить оптимальную длительность сеансов VR, исходя из возраста, типа образовательной программы, характеристик оборудования VR и контента, а также общей физической и эмоциональной подготовки обучающихся (постепенно можно увеличивать длительность сеансов по мере того, как обучающиеся адаптируются к VR-опыту).

### **Анализ использования VR в различных образовательных уровнях, от дошкольного до высшего образования.**

Использование виртуальной реальности (VR) в образовании может быть весьма разнообразным и применяться на различных уровнях образовательной системы, начиная с дошкольного и заканчивая высшим образованием. Вот анализ использования VR в различных образовательных уровнях:

*Дошкольное образование:* Виртуальная реальность может быть использована в дошкольных учреждениях для создания иммерсивных и визуально привлекательных сред, которые могут помочь детям осваивать различные навыки, такие как развитие мелкой моторики, учение цветов, форм и других основных понятий. VR также может использоваться в дошкольном образовании для обучения социальным навыкам, таким как сотрудничество, коммуникация и решение проблем.

*Начальное и среднее образование:* Виртуальная реальность может быть использована в начальной и средней школе для обучения различным учебным предметам, таким как математика, наука, история, иностранные языки и другие. С помощью VR студенты могут взаимодействовать с виртуальными объектами и средами, экспериментировать, исследовать и развивать практические навыки. VR также может быть использована для создания виртуальных экскурсий и путешествий, что позволяет студентам расширять свои знания о различных странах и культурах.

*Профессиональное образование:* Виртуальная реальность нашла широкое применение в профессиональном образовании, таком как медицинское, инженерное, строительное и другие направления. С помощью VR студенты могут проводить виртуальные тренировки, осваивать сложные навыки и применять их на практике в безопасной и контролируемой среде. VR также может быть использована для симуляции профессиональных ситуаций и решения профессиональных задач, что позволяет студентам развивать практическую экспертизу и уверенность в своих навыках.

*Высшее образование:* иммерсивное обучение, расширение доступа к образованию (студенты могут учиться удаленно, не выходя из дома или ограничиваясь географическими ограничениями), практическое обучение и тренировки.

### **Развитие VR в образовании за 2019-2023гг**

Использование виртуальной реальности (VR) в образовании продолжает эволюционировать и развиваться со временем. За 2019 по 2023 год, можно выделить несколько изменений и тенденций в использовании VR в образовательном процессе:

*Увеличение интерактивности:* вместо простого просмотра виртуальных сред, обещающиеся могут более активно взаимодействовать с виртуальными объектами, проводить эксперименты, решать задачи, и создавать свои собственные виртуальные миры. Это позволяет более глубоко погружаться в учебные материалы и активно взаимодействовать с образовательным контентом.

*Большее разнообразие образовательных предметов и уровней:* вместо того, чтобы ограничиваться только определенными областями, такими как медицина и инженерия, VR становится все более доступным и используется в различных дисциплинах, таких как искусство, гуманитарные науки, бизнес и другие. Это позволяет студентам разнообразить свой образовательный опыт и использовать VR в различных контекстах.

Рост онлайн-образования: В свете мировых событий, таких как пандемия COVID-19, онлайн-образование стало еще более популярным. VR стал инструментом, который может значительно улучшить онлайн-образовательный процесс.

Прорывы в технологиях VR: произошли значительные прорывы в технологиях VR, таких как улучшение разрешения и качества графики, более компактные и доступные VR-устройства, а также развитие облачных технологий VR.

Рост популярности VR в образовательных учреждениях: согласно исследованию "Virtual Report 2021: Education Edition" от VR World Society, 94% учебных заведений в США внедрили или планируют внедрение VR-технологий в свои учебные программы.

Применение VR в различных образовательных предметах: VR широко применяется в различных образовательных предметах, таких как история, география, наука, искусство и дизайн, медицина и другие. Например, в исследовании от Lifelike, проведенном в 2020 году, 82% учителей отметили, что VR позволяет им разнообразить учебный процесс и сделать его более интересным и привлекательным для учащихся.

Повышение качества обучения: Исследования также показывают, что использование VR в образовании может привести к повышению качества обучения. Например, исследование от PwC, проведенное в 2019 году, показало, что студенты, обучавшиеся с использованием VR, показали более высокие уровни концентрации, запоминания и понимания материала в сравнении с традиционными методами обучения.

### **Заключение**

Виртуальная реальность (VR) представляет собой передовую технологию, которая имеет значительный потенциал в образовательных процессах. В данной статье была проанализирована актуальность использования VR в образовании, рассмотрены преимущества применения VR в обучении, такие как создание иммерсивных образовательных сред, персонализация обучения, развитие практических навыков и снижение образовательных барьеров. Однако, также были рассмотрены вызовы и ограничения использования VR в образовании, такие как высокая стоимость оборудования, ограниченная доступность и ограничения в контенте.

В заключение, были подведены итоги и сделаны выводы о потенциале использования VR в образовательных процессах. Несмотря на вызовы, VR представляет перспективную технологию, которая может значительно улучшить образовательный опыт обучающихся, обогатить образовательные методы и повысить качество обучения. Дальнейшие исследования и разработки в области VR в образовании могут привести к новым инновациям и оптимизации образовательных процессов, что сделает обучение более эффективным и доступным в цифровую эпоху.

### **Список литературы**

1. Huang, H. M. (2018). A comprehensive overview of augmented reality learning research: 1999-2016. *Computers & Education*, 125.
2. Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2016). *NMC/CoSN Horizon Report: 2016 K-12 Edition*. The New Media Consortium.
3. Sánchez, J., & Saldaña, D. (2018). Virtual Reality in Education: A Tool for Learning in the Experience Age. *Education Sciences*, 8(2), 43.

### **References**

1. Huang, H. M. (2018). A comprehensive overview of augmented reality learning research: 1999-2016. *Computers & Education*, 125.
  2. Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2016). *NMC/CoSN Horizon Report: 2016 K-12 Edition*. The New Media Consortium.
  3. Sánchez, J., & Saldaña, D. (2018). Virtual Reality in Education: A Tool for Learning in the Experience Age. *Education Sciences*, 8(2), 43.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 65.011.56

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БЕСЧЕРТЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА БАЗЕ СОВРЕМЕННОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

**Барбасов Н.В.**

ФГБОУ ВО "Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)", Москва, Россия (125993, г. Москва, Волоколамское ш., д. 4) e-mail: [barbasov@gmail.com](mailto:barbasov@gmail.com)

В статье рассмотрена возможность применения технологии бесчертежного производства в рамках современного промышленного комплекса. Представлен обзор взаимодействия единиц производственного комплекса в рамках применения технологии бесчертежного производства. Рассмотрены варианты внедрения технологии бесчертежного производства в условиях современного производственного цикла и тенденции автоматизированного производства. Приведены результаты внедрения данного подхода.

Ключевые слова: Технология бесчертежного производства, цикл сквозного проектирования, автоматизация производственного цикла, проектирование РЭС.

## ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF INTRODUCING THE TECHNOLOGY OF DRAFTLESS PRODUCTION ON THE BASIS OF A MODERN INDUSTRIAL COMPLEX

**Barbasov N.V.**

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia (125993, Moscow, Volokolamskoe shosse, 4), e-mail: [barbasov@gmail.com](mailto:barbasov@gmail.com)

The article considers the possibility of using the technology of drawingless production within the framework of a modern industrial complex. An overview of the interaction of units of the production complex in the framework of the application of the technology of draftless production is presented. The options for introducing the technology of non-drawing production in the conditions of the modern production cycle and the trend of automated production are considered. The results of the implementation of this approach are presented.

Keywords: Draftless production technology, end-to-end design cycle, production cycle automation, REM design.

Современные тенденции развития процесса проектирования и производства высокотехнологичных устройств и комплексов гражданской и военной техники непосредственно требуют эффективного улучшения цикла сквозного проектирования наравне с внедрением высокотехнологичных элементов и инструментов производства, позволяющих существенно повысить эффективность всего промышленного комплекса.

Многие отечественные современные предприятия только проходят этап дооснащения и внедрения импортозамещения в производственный процесс. Ввиду этого при отказе от всей бумажной документации и переходе на использование электронных моделей возникает

проблема - отсутствие технических средств для чтения электронных моделей на производстве. Данную проблему надо рассматривать как комплексную, состоящую из следующих частей:

1. Потеря средств связанные с переоборудованием рабочих мест и не выполнением работ в цеху во время переоборудования.
2. Низкая квалификация персонала в цехах серийного производства при работе с техникой включающей сложные комплексы программ.
3. Медленные темпы внедрения ввиду отсутствия опыта работы на предприятиях с циклом бесчертежного производства.

Для решения вышеперечисленных проблем эффективнее внедрять технологии бесчертежного производства этапами. Это позволит постепенно и в полной мере освоить предприятием новую технологию без потерь для производства провести переоборудование.

Первым этапом внедрения бесчертежной технологии должно стать освоение и применение модуля САПР для переноса всех конструктивных и технологических требования в состав в электронной модели, по который будет запущено изделие. Если рассматривать современные САПРы сквозного проектирования, то для САПР Solidworks этим модулем будет являться MBD (вся дальнейшая работа будет описана для применения САПР Solidworks и модуля MBD, т.к. он является наиболее оптимизированным среди подобных модулей); для NX - Check Mate и Product Template Studio, для Inventor. На этом шаге статус бумажной документации не измениться, конструктивная и технологическая информация в электронной модели будет использоваться лишь для предоставления дополнительной информации при совместной разработке устройства.

Выше указанные добавления позволят:

- Увеличить использование моделей в производстве, что ускорить переход к бесчертежным технологиям.
- Сократить число конструкторских ошибок.
- Упростит создание технологического процесса и технологических эскизов

Вторым этапом будет являться внедрение бесчертежного конструкторского документа (БКД) - документа в котором есть вся необходимая информация для изделия, основанного на модели и внесенную в нее информацию в САПР. Отличие от электронной модели будет заключаться в том, что распечатав БКД на производстве смогут изготовить изделие, а по напечатанной электронной модели нет. Отличие от привычной КД - возможность изменения видов и разрезов при использовании на ПК. На данном этапе будет параллельное использование БКД и привычной КД. Перед переходом на этот этап должен быть выпущен стандарт регламентирующий правила оформления БКД. В нем должно быть указаны виды документации оформляемые через БКД, и способы оформления каждого вида документации.

Выше указанные, добавления позволят:

1. Приблизить производство к бесчертежным технологиям, и предварительно выявить и ликвидировать все недостатки в бизнес-процессах есчертежного производства.
2. Упростит создание технологического процесса и технологических эскизов.

Третьим этапом все предприятие должно перейти на использование только БКД и электронных моделей при производстве. Этот шаг должен достигаться постепенным

увеличением процента использования БКД и электронных моделей на втором этапе. После накопления необходимого опыта создания БКД и электронных моделей, конструкторские подразделения предприятия должны прекратить выпуск общепринятой КД, при чем на добровольной основе. Следует поощрять премиями подразделения перешедшие на электронные модели и БКД. Запрещать выпуск общепринятой документации будет не целесообразно - в подразделениях могут быть бумажные наработки и при резком отказе от них процесс проектирования некоторых изделий может замедлиться на долгое время.

Выше указанные, добавления позволят:

1. Подготовит все подразделения предприятия к переходу на бесчертежные технологии.
2. Сформировать электронную копию архива с актуальной информацией, что упростит и ускорит корректировку или модернизацию старых изделий.
3. Ускорение подготовки нового персонала, за счет выполнения задач по переводу КД в электронный вид.

Четвертым этапом должен произойти полный отказ от бумажной КД. К данному этапу на производстве должен остаться лишь один вид бумажной КД - БКД. На данном этапе должно перепрофилироваться производство по следующим направлениям:

1. Увеличение цифровой техники для получения возможности чтения моделей и ЭСИ.
2. Обеспечение безопасности цифровой аппаратуры, от физического воздействия производства
3. Подготовка персонала к работе с моделями и ЭСИ.

Главным изменением на четвертом этапе будет являться отказ от бумажной КД, что позволит сэкономить средства предприятия, помимо этого у конструкторов вся КД будет собрана на его ПК, за счет подключения к PDM- системе.

Пятым и последним этапом, предприятие должно отказаться от использования БКД и полностью перейти на бесчертежные технологии. После отказа от бумажной КД в БКД пропадет необходимость - вся информация должна быть в файле модели и ЭСИ, при чем за счёт перепрофилирования производства, по файлу модели смогут изготовить изделие.

В окончании пятого этапа должен выйти приказ, об отказе от БКД и архива и переходе предприятия на бесчертежное производство.

### **Заключение**

В статье рассмотрена технология бесчертежного производства применительно к современному промышленному комплексу. Проанализирована возможность внедрения технологии бесчертежного производства в современный производственный цикл, Представлен обзор взаимодействия структурных единиц производственного комплекса в рамках применения технологии бесчертежного производства. На основе проведенного анализа предложены этапы постепенного внедрения технологии бесчертежного производства, с учетом опыта уже задействованных предприятий.

### **Список литературы**

1. <https://integral-russia.ru/2020/04/02/tehnologiya-bezchertezhnogo-proektirovaniya-pri-razrabotke-apparatura-dlya-energetiki-s-pomoshhyu-kompas-3d/> - дата обращения 03.04.2023

Барбасов Н.В. Анализ возможности внедрения технологии бесчертежного производства на базе современного промышленного комплекса// Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2023. – Т. 8 № 5(31)ч.1 с. 43–46

---

2. <https://procnc.ru/solidworks-mbd/> - дата обращения 18.03.2023

### **References**

1. <https://integral-russia.ru/2020/04/02/tehnologiya-bezchertezhnogo-proektirovaniya-pri-razrabotke-apparatura-dlya-energetiki-s-pomoshhyu-kompas-3d/> - дата обращения 03.04.2023
  2. <https://procnc.ru/solidworks-mbd/> - дата обращения 18.03.2023
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 004

## РАЗРАБОТКА СЕРВИСА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОСТАНОВКИ ТЕГОВ НА ЭЛЕМЕНТЫ БЭКЛОГА ИТ-ПРОЕКТА

**Гадельшин И.Р.**

*ФГБОУ ВО "Уфимский государственный нефтяной технический университет", Уфа, Россия (450064, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1) e-mail: insar2000@yandex.ru*

При разработке сервиса автоматизации постановки тегов на задачи в бэклогах команд разработки, который рассчитан на большое количество ИТ-проектов, возникает ряд технических сложностей. Во-первых, необходимо обеспечить гибкость условий тегирования рабочих элементов для разных бэклогов. Во-вторых, нужно обеспечить автономную работу сервиса на протяжении длительного времени. В статье описаны технические решения, которые позволили реализовать сервис универсальным и тиражировать его на различные команды разработки. Приведена диаграмма последовательности, описывающая последовательность действий сервиса при постановке тегов.

Ключевые слова: Гибкие методологии, ИТ-проект, разработка ПО, управление разработкой.

## DEVELOPMENT OF A SERVICE FOR AUTOMATIC TAGGING OF IT PROJECT BACKLOG ELEMENTS

**Gadelshin I.R.**

*Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia (450064, Republic of Bashkortostan, Ufa, Cosmonauts St,1) e-mail: insar2000@yandex.ru*

When developing a service for automating tagging of work items in development teams' backlogs, which is designed for a large number of IT projects, a number of technical difficulties arise. Firstly, it is necessary to provide flexibility in the conditions for tagging work items for different backlogs. Secondly, we have to ensure the autonomous operation of the service for a long time. The article describes technical solutions that made it possible to implement a universal service and replicate it to various development teams. A sequence diagram is provided that describes the sequence of actions of the service during the tagging process.

Keywords: Agile, IT project, software development, development control.

Качество постановки задач является одним из ключевых факторов успешности процесса разработки программного обеспечения, так как от него зависит количество возникающих ошибок и доработок при реализации функционала. Сервис автоматической постановки тегов на рабочие элементы в бэклоге программного продукта помечает пользовательские истории и ошибки, не соответствующие критериям готовности к взятию в работу, тегами. Данные теги повышают прозрачность бэклога проекта и наглядно показывают недостающие атрибуты рабочих элементов. Благодаря этому сервис способствует повышению качества проработки задач, а также снижению трудозатрат на контроль качества бэклога.

В процессе разработки данного сервиса возникла проблема его масштабирования на бэклоги всех проектов компании ввиду различия методологий разработки (Scrum и Kanban), названий рабочих элементов (ТТ – техническое требование и User Story), а также требований команд к правилам простановки тегов. Необходим сервис, который будет гибким и настраиваемым под каждый проект. В статье описана реализация сервиса для бэклогов, которые ведутся в Azure DevOps Server (ADS), но с небольшими доработками он может быть использован с другими трекерами задач.

Правила простановки тегов описывают, какие проверки рабочих элементов мы проводим с помощью системы автоматизации. Они представляют собой условия, которым должен соответствовать рабочий элемент для простановки на него определенного тега.

Для достижения гибкости сервиса необходимо разделить структуру правила на механизм (общая часть правила для всех проектов) и параметры (настраиваются под каждый проект). В качестве примера рассмотрим правило, по которому сервис проставляет тег "нет ТК" на User Story без тестового сценария.

Проставлять тег [название тега] на User Story, у которых:

- не стоят теги tech и meth;
- нет ссылки типа «Tested by»;
- статус совпадает с [статусы правила].

В данном случае проверка наличия тегов tech и meth, а также ссылки на тест-кейс являются механизмом правила. В качестве параметров выступают название тега, а также статусы рабочих элементов, которые проверяются с помощью данного правила.

Командам, работающим по Scrum, при проверке тегов целесообразно ориентироваться на принадлежность рабочего элемента определенной итерации [1]. В проверке участвуют задачи текущего и предстоящего спринта. Для команд, использующих Kanban, проверка рабочих элементов осуществляется с учётом их статусов. В зависимости от текущего статуса рабочего элемента у него могут проверяться различные атрибуты.

Подключение разрабатываемого сервиса к бэклогу каждого из проектов потребует наличия в настройках персонального токена доступа к проекту в ADS и URL-адреса проекта для формирования API-запросов, а также запроса в формате WIQL для получения id рабочих элементов [3].

Для реализации возможности запуска сервиса для проектов с параметрами, описанными выше, необходимо создать конфигурационный файл с параметрами каждого проекта. Данный файл было решено реализовать в формате XML (Extensible Markup Language). Это язык разметки, который используется для хранения и передачи данных [4]. В структуры данного файла «Параметры проектов» — корневой элемент. Он содержит в себе элементы типа «Проект» и их атрибуты (имя проекта, токен, WIQL-запрос и URL бэклога). Проекты содержат в себе элементы типа «Правило», а также их атрибуты. Атрибуты включают в себя тип правила для сопоставления параметров правила с его структурой, название проставляемого тега и статусы рабочих элементов, на которые распространяется данное правило.

В рамках разработки сервиса было выдвинуто требование: проверка бэклогов проектов должна осуществляться в автоматическом режиме. Для реализации данного требования было решено реализовать сервис простановки тегов на основе службы рабочих ролей .NET [5]. Их основное преимущество — возможность длительного выполнения фоновых процессов без

участия пользователя. Данные службы также поддерживают механизм логирования, что обеспечивает возможность отслеживания выполнения задач и быстрое выявление ошибок в процессе работы.

На Рисунке 1 приведена диаграмма последовательности простановки тегов с помощью описанного сервиса в формате UML.

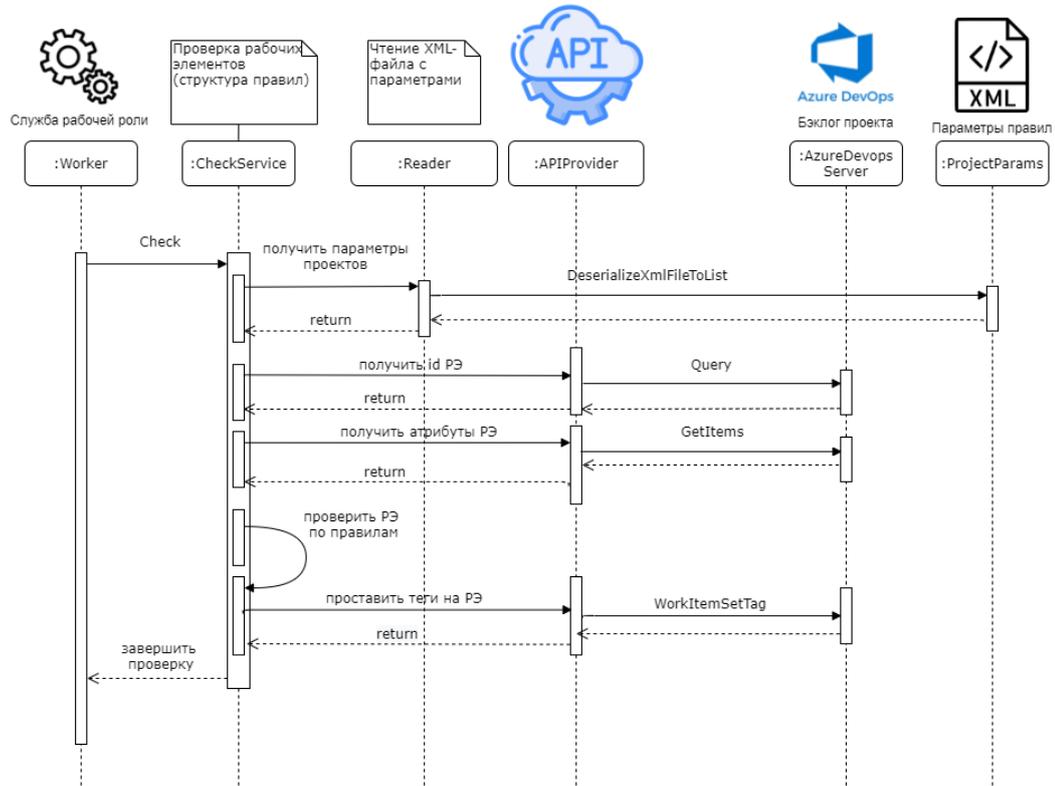


Рисунок 1 – Диаграмма последовательности простановки тегов

Источник: работа автора

Класс Worker содержит метод, который запускает метод Check проверки рабочих элементов. Метод Check, в свою очередь, обращается к методу DeserializeXmlFileToList для получения параметров проекта, а также параметров каждого его правила из XML-файла. Затем метод Check запускает метод Query класса APIProvider, с помощью которого отправляется запрос в AzureDevOps Server для получения id рабочих элементов бэклога. В теле данного запроса передается запрос в формате WIQL, который получен из параметров проекта. Затем метод Check запускает метод GetItems, с помощью которого сервис получает атрибуты рабочих элементов по их id. Теперь сервис располагает всеми данными, необходимые для проверки рабочих элементов по правилам. Если рабочий элемент соответствует условию правила, то на него проставляется соответствующий тег с помощью метода WorkItemSetTag. После проверки всех рабочих элементов выбранного проекта процесс простановки тегов завершается, и сервис переходит к следующему проекту.

На основе технических решений, описанных в данной статье, был разработан сервис автоматической простановки тегов, позволяющий отслеживать качество проработки задач, благодаря чему команда разработки может проводить мероприятия по дополнению задач

необходимыми атрибутами до их передачи разработчику. Благодаря этому повышается качество задач, а также снижается риск возникновения ошибок в готовом продукте.

### Список литературы

1. Сазерленд, Д. Scrum. Революционный метод управления проектами, 2-е изд. / пер. с англ. М. Гескина - М.: «Манн, Иванов и Фербер», 2017.- 288 с.
2. Дэвид Андерсон Канбан. Альтернативный путь в Agile / Андерсон Дэвид - М.: Манн, 2010. - 216 с.
3. Справочник по синтаксису языка запросов рабочих элементов (WIQL) // статья от 07.03.2023г.// [Электронный ресурс] URL: <https://learn.microsoft.com/Ru-Ru/azure/devops/boards/queries/wiql-syntax?view=azure-devops-2022> (дата обращения: 10.03.2023).
4. Старыгин А.А. XML: разработка web-приложений. -СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
5. Службы рабочих ролей в .NET // статья от 09.03.2023г.// [Электронный ресурс] URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/core/extensions/workers> (дата обращения: 12.03.2023).

### References

1. Sutherland, D. Scrum. The revolutionary method of project management, 2nd ed. / translated from the English by M. Geskin - M.: "Mann, Ivanov and Ferber", 2017.- p. 288
  2. David Anderson Kanban. An alternative path to Agile / Anderson David - M.: Mann, 2010. - p.216
  3. Handbook on the syntax of the working element Query language (WIQL) // article dated 07.03.2023// [Electronic resource] URL:<https://learn.microsoft.com/Ru-Ru/azure/devops/boards/queries/wiql-syntax?view=azure-devops-2022> (accessed 10.03.2023).
  4. Starygin A.A. XML: web application development. -St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2003.
  5. Work role services in .NET // article from 09.03.2023// [Electronic resource] URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/core/extensions/workers> (accessed 12.03.2023).
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 004

## МОДЕЛИ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ IP-СЕТИ

<sup>1</sup> Малиев Д.А., Миськов Д.В., Шмелева А.Н.

ФГБУО ВО «МИРЭА - Российский технологический университет», Москва, Россия (119454, г. Москва, пр. Вернадского, 78), e-mail: <sup>1</sup> dmitrii\_maliev@mail.ru

В настоящее время, когда IP-сети являются неотъемлемой частью современной инфраструктуры, важно иметь эффективные модели управления и контроля качества обслуживания сети. В данной научной статье представлен обзор существующих моделей управления качеством IP-сети, а также сильные и слабые стороны этих моделей, основываясь на опыте применения разных методов. Результаты показали, что рассмотренные модели позволяют эффективно управлять качеством IP-сети и обеспечивают стабильную работу сети, несмотря на имеющиеся недостатки.

Ключевые слова: IP-сети, управление качеством обслуживания, моделирование, методы машинного обучения, оптимизация, стабильность.

## MODELS OF EFFECTIVE IP NETWORK QUALITY MANAGEMENT

<sup>1</sup> Maliev D.A., Miskov D.V., Shmeleva A.N.

MIREA - Russian Technological University, Moscow, Russia (119454, Moscow, Vernadskogo Ave., 78), e-mail: dmitrii\_maliev@mail.ru

Nowadays, when IP networks are an integral part of modern infrastructure, it is important to have effective models for managing and controlling the quality of network service. This scientific article provides an overview of existing IP network quality management models, as well as the strengths and weaknesses of these models, based on the experience of using different methods. The results showed that the considered models allow to effectively manage the quality of the IP network and ensure stable operation of the network, despite the existing shortcomings.

Keywords: IP networks, service quality management, modeling, machine learning methods, optimization, stability.

### Введение

Современные информационно-коммуникационные технологии играют важную роль в жизни современного общества. Одной из ключевых составляющих инфраструктуры, обеспечивающей функционирование этих технологий, является IP-сеть. Качество работы IP-сетей напрямую влияет на удовлетворенность пользователей, а следовательно, на успех бизнеса. Однако поддержание высокого уровня качества IP-сети является сложной задачей, требующей эффективного управления.

В данной научной статье рассматриваются модели эффективного управления качеством IP-сети. Основное внимание уделяется анализу существующих подходов к управлению качеством IP-сетей и разработке новых моделей на их основе. В статье также рассматриваются

проблемы, возникающие при управлении качеством IP-сети, и предлагаются практические решения этих проблем.

Цель данной статьи - предоставить читателю полное представление о моделях эффективного управления качеством IP-сети, их преимуществах и недостатках, а также дать рекомендации по выбору и применению наиболее подходящей модели управления качеством в конкретных условиях.

IP-сети стали неотъемлемой частью современной инфраструктуры, предоставляющей услуги связи и передачи данных. Как и в любой другой сети, качество обслуживания (Quality of Service, QoS) является ключевым показателем эффективности IP-сети. Эффективное управление качеством IP-сети имеет критическое значение для обеспечения высокой доступности и устойчивости сетевых услуг. В данной статье рассмотрим модели управления качеством IP-сети, которые обеспечивают эффективное управление сетью.

### **Основные принципы управления качеством IP-сети.**

Управление качеством IP-сети включает в себя ряд технологий и методов, которые обеспечивают контроль над различными аспектами сети, такими как скорость передачи данных, задержки, потери пакетов и пропускную способность [1]. Основные принципы управления качеством IP-сети включают в себя:

#### **1. Классификация трафика**

Классификация трафика является первым шагом при управлении качеством IP-сети. Она позволяет отделить различные виды трафика на основе приоритета и задать приоритеты для каждого типа трафика. Например, трафик голосовых и видео-конференций должен иметь более высокий приоритет, чем трафик почты или файлов. [2]

#### **2. Маркировка трафика**

Маркировка трафика - это процесс присвоения метки приоритета каждому пакету в сети [3]. Это позволяет маршрутизаторам и коммутаторам определять приоритеты и обрабатывать трафик соответствующим образом.

#### **3. Контроль пропускной способности**

Контроль пропускной способности - это процесс управления скоростью передачи данных в сети. Он позволяет ограничивать пропускную способность для определенных типов трафика и обеспечивать необходимый уровень производительности сети.

#### **4. Управление задержками и потерями пакетов**

Управление задержками и потерями пакетов является ключевым фактором при управлении качеством IP-сети. Оно включает в себя ряд методов, таких как очередь, отбрасывание пакетов и повторная передача пакетов. Эти методы позволяют обеспечить минимальные задержки и потери пакетов в сети.

#### **5. Мониторинг и анализ производительности**

Мониторинг и анализ производительности являются важной частью управления качеством IP-сети. Они позволяют идентифицировать проблемы с производительностью и быстро реагировать на них. Этот процесс включает в себя сбор и анализ данных о производительности сети, чтобы выявить проблемные участки и принять меры для их устранения.

### **Модели управления качеством IP-сети.**

Существует несколько моделей управления качеством IP-сети [4], [5], которые обеспечивают эффективное управление сетью. Рассмотрим некоторые из них:

#### **1. Модель Integrated Services (IntServ)**

Модель IntServ - это модель управления качеством IP-сети, которая обеспечивает гарантированный уровень обслуживания (Guaranteed Service, GS) для конечных пользователей. Она основывается на классификации трафика, маркировке и контроле пропускной способности. Эта модель обеспечивает максимальную гибкость и точность при управлении качеством IP-сети.

#### **2. Модель Differentiated Services (DiffServ)**

Модель DiffServ - это модель управления качеством IP-сети, которая предоставляет различные уровни обслуживания (Differentiated Services, DS) для различных типов трафика. Она основывается на классификации трафика, маркировке и контроле пропускной способности. Эта модель обеспечивает более простой и масштабируемый способ управления качеством IP-сети, чем модель IntServ.

#### **3. Модель Multiprotocol Label Switching (MPLS)**

Модель MPLS - это модель управления качеством IP-сети, которая использует технологию маршрутизации на основе меток для управления трафиком в сети. Она обеспечивает контроль пропускной способности, управление задержками и потерями пакетов, а также гарантированный уровень обслуживания. Эта модель предоставляет более высокую производительность, чем модели IntServ и DiffServ.

### **Примеры реализации моделей управления качеством IP-сети.**

Рассмотрим несколько примеров реализации моделей управления качеством IP-сети [6]:

#### **1. Реализация модели IntServ в Cisco IOS**

В Cisco IOS для реализации модели IntServ используется протокол Resource Reservation Protocol (RSVP) и маркировка пакетов с помощью протокола Differentiated Services Code Point (DSCP). RSVP позволяет управлять пропускной способностью и задержками в сети, а DSCP позволяет классифицировать трафик и задавать приоритеты.

#### **2. Реализация модели DiffServ в Juniper Junos**

В Juniper Junos для реализации модели DiffServ используется маркировка пакетов с помощью DSCP и политики Quality of Service (QoS). QoS позволяет определять различные уровни обслуживания для различных типов трафика и управлять пропускной способностью.

#### **3. Реализация модели MPLS в Huawei NE**

В Huawei NE для реализации модели MPLS используется технология Multiprotocol Label Switching Traffic Engineering (MPLS TE). MPLS TE позволяет определять пути и управлять пропускной способностью, задержками и потерями пакетов в сети.

Управление качеством IP-сети является важным аспектом любой организации, которая использует IP-сети для своих бизнес-процессов. Эффективное управление качеством IP-сети может значительно улучшить производительность сети и удовлетворение конечных пользователей. Модели управления качеством IP-сети, такие как IntServ, DiffServ и MPLS, обеспечивают различные уровни контроля и гибкости при управлении качеством IP-сети.

---

Реализация этих моделей в различных сетевых устройствах может помочь организациям обеспечить эффективное управление качеством IP-сети. [7]

### **Некоторые вызовы и перспективы в управлении качеством IP-сети.**

Несмотря на то, что модели управления качеством IP-сети имеют много преимуществ, существуют некоторые вызовы и проблемы, связанные с их использованием. Некоторые из этих вызовов и проблем, а также перспективы для управления качеством IP-сети описаны ниже.

#### **1. Недостаток стандартизации**

Несмотря на то, что существуют стандарты, связанные с управлением качеством IP-сети, такие как IntServ и DiffServ, многие производители оборудования и поставщики услуг используют свои собственные технологии и решения [8]. Это может создавать проблемы при взаимодействии между различными устройствами и сетями, что требует большей

#### **2. Управление множеством приложений и сервисов**

Современные сети поддерживают множество различных приложений и сервисов, каждый из которых может иметь свои требования к качеству обслуживания. Управление этим множеством приложений и сервисов может быть сложным заданием, особенно в случае, если требуется обеспечить высокое качество обслуживания для каждого из них.

#### **3. Управление многими устройствами и сетями**

Организации могут использовать множество устройств и сетей, что усложняет управление качеством IP-сети. Различные устройства и сети могут иметь различные конфигурации и требования к качеству обслуживания, что может создавать проблемы при управлении качеством IP-сети.

Перспективы для управления качеством IP-сети включают использование новых технологий, таких как искусственный интеллект и машинное обучение, для автоматизации управления качеством IP-сети и упрощения процесса управления. Также существует возможность использования сетей SD-WAN для оптимизации производительности и управления качеством IP-сети в распределенных сетях. [9]

### **Заключение.**

Управление качеством IP-сети является важным аспектом для любой организации, которая использует IP-сети для своих бизнес-процессов.

Существует множество моделей управления качеством IP-сети, каждая из которых может быть применена в зависимости от конкретных требований организации. Некоторые из моделей, такие как IntServ и DiffServ, имеют свои преимущества и недостатки, и выбор модели управления качеством IP-сети должен основываться на конкретных требованиях организации.

Несмотря на некоторые вызовы и проблемы, связанные с управлением качеством IP-сети, существуют перспективы для улучшения процесса управления. Новые технологии, такие как искусственный интеллект и сети SD-WAN, могут быть использованы для автоматизации управления и оптимизации производительности сети.

Одним из ключевых аспектов эффективного управления качеством IP-сети является постоянный мониторинг производительности сети и анализ данных, полученных из этого

мониторинга. Для этого могут использоваться различные инструменты, такие как средства мониторинга производительности сети и системы управления событиями.

Важно также учитывать требования конечных пользователей к качеству обслуживания (Quality of Service, QoS), такие как задержки и потери пакетов. Это можно достичь с помощью установления приоритетов для различных видов трафика в сети, чтобы гарантировать достаточное количество пропускной способности для более важных приложений.

Еще одним аспектом, который необходимо учитывать при выборе модели управления качеством IP-сети, является ее масштабируемость. Организации должны выбирать модели управления, которые могут быть масштабированы для управления большими сетями и включать множество устройств.

Эффективное управление качеством IP-сети также должно учитывать потенциальные угрозы безопасности и способы защиты сети от них. Это включает в себя использование механизмов аутентификации, авторизации и шифрования, а также мониторинг и обнаружение угроз безопасности.

Наконец эффективное управление качеством IP-сети является необходимым условием для обеспечения высокой производительности бизнес-процессов. Организации должны выбирать модели управления, которые наилучшим образом соответствуют их требованиям, и использовать новые технологии для оптимизации процесса управления. Однако следует помнить, что управление качеством IP-сети является динамическим процессом, который требует постоянного мониторинга и анализа данных, чтобы обеспечить высокую производительность и защиту от угроз безопасности. [10]

## Список литературы

1. Агеева Н.С. Концептуальные предложения по реализации процедур оперативного управления качеством услуг связи в высокоскоростных корпоративных сетях связи / Н.С. Агеева // Инновационная деятельность в Вооруженных Силах Российской Федерации. - 2020. - С. 33-37.
2. Шелухин О. И., Классификация IP - трафика методами машинного обучения / О.И. Шелухин, С.Д. Ерохин, А.В. Ванюшина. - М.: Горячая линия -Телеком, 2020.
3. Агеев С.А. Адаптивный метод и алгоритм оперативного оценивания параметров трафика в высокоскоростных корпоративных мультисервисных сетях связи / С.А. Агеев, Н.С. Агеева, В.В. Фрегатова, А.А. Привалов // Автоматизация процессов управления. - 2020. - № 2 (60).
4. Борисов В. В. Нечеткие модели и сети. - 2 - е издание, стереотипное/ В. В. Борисов, В. В. Круглов, А. С. Федулов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2012
5. Назаров А.Н. Модели и методы расчёта показателей качества функционирования узлового оборудования и структурно-сетевых параметров сетей связи следующего поколения / А. Н. Назаров, К.И. Сычев. - Красноярск: Изд-во ООО «Поликом», 2010. - 389 с.
6. CMIP / CMIS - Object Oriented Network Management [сайт]. URL: <http://www.cellsoft.de/telecom/cmip.html> (дата обращения 15.06.2019).
7. Каретников В. В. Принципы поддержки принятия решений для управления качеством услуг в корпоративной мультисервисной сети бассейновых администраций внутренних

- 
- водных путей / В.В. Каретников, Н.С. Агеева, А.А. Привалов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. - 2020. - Т. 12. - № 5.
8. International Telecommunication Union // Recommendation Y.2011 [сайт]. URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2011-200410-I/en> (дата обращения 16.02.2019).
9. Росляков А. В. Сети следующего поколения NGN / А. В. Росляков, С. В. Ваняшин, М. Ю. Самсонов, И. В. Шibaева, И. А. Чечнева; под ред. А. В. Рослякова. - М.: Эко-Трендз, 2008. - 424 с.
10. Малиев Д.А., Миськов Д.В., Назаренко М.А. Управление рисками информационной безопасности на предприятии электронной промышленности / Нелинейный мир. 2022. Т. 20. № 4. С. 51-59.

## References

1. Ageeva N.S. Conceptual proposals for the implementation of operational quality management procedures for communication services in high-speed corporate communication networks / N.S. Ageeva // Innovative activity in the Armed Forces of the Russian Federation. - 2020. - pp. 33-37.
  2. Shelukhin O. I., Classification of IP traffic by machine learning methods / O.I. Shelukhin, S.D. Erokhin, A.V. Vanyushina. - М.: Hotline -Telecom, 2020.
  3. Ageev C.A. Adaptive method and algorithm of operational estimation of traffic parameters in high-speed corporate multiservice communication networks / C.A. Ageev, N.S. Ageeva, V.V. fregatov, A.A. Privalov // Automation of management processes. - 2020. - № 2 (60).
  4. Borisov V. V. Fuzzy models and networks. - 2nd edition, stereotypical/ V. V. Borisov, V. V. Kruglov, A. S. Fedulov. - М.: Hotline - Telecom, 2012
  5. Nazarov A.N. Models and methods for calculating the quality indicators of the functioning of node equipment and structural and network parameters of next-generation communication networks / A. N. Nazarov, K.I. Sychev. - Krasnoyarsk: Publishing house of LLC "Polikom", 2010. - p.389
  6. CMIP / CMIS - Object Oriented Network Management [website]. URL: <http://www.cellsoft.de/telecom/cmip.html> (accessed 15.06.2019).
  7. Karetnikov V. V. Principles of decision support for quality management of services in the corporate multiservice network of basin administrations of inland waterways / V.V. Karetnikov, N.S. Ageeva, A.A.. Privalov // Bulletin of the Admiral S.O. Makarov State University of Marine and River Fleet. - 2020. - Vol. 12. - No. 5.
  8. International Telecommunication Union // Recommendation Y.2011 [website]. URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2011-200410-I/en> (accessed 16.02.2019).
  9. Roslyakov A.V. Networks of the next generation NGN / A.V. Roslyakov, S. V. Vanyashin, M. Yu. Samsonov, I. V. Shibaeva, I. A. Chechneva; edited by A.V. Roslyakov. - М.: Eco-Trends, 2008. - p. 424
  10. Maliev D.A., Miskov D.V., Nazarenko M.A. Information security risk management at an electronic industry enterprise / Nonlinear World. 2022. Vol. 20. No. 4. pp. 51-59.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 004.451.83

## РАЗВЁРТЫВАНИЕ СИСТЕМЫ SAMBA ACTIVE DIRECTORY НА БАЗЕ ALT LINUX. ВОПРОСЫ ИНТЕГРАЦИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

**Якупов И.Б.**

*ФГБОУ ВО "Национальный Исследовательский Университет "Высшая Школа Экономики", Москва, Россия (109028, Москва, Покровский бульвар, д.11), e-mail: ibyakupov@edu.hse.ru*

Хранение персональных данных - задача, стоящая перед каждым пользователем компьютера в компании. Однако, такая практика несет высокий риск потери и повреждения данных из-за кражи или повреждения устройств хранения информации. К сожалению, недостаточная осведомленность пользователей по вопросам информационных технологий и управления данными может привести к еще большему риску. Особо остро стоит задача интеграции отечественного программного обеспечения в образовательный процесс учебных заведений и производственные среды предприятий [1]. Решением этой проблемы может стать централизованное хранение данных на сервере с помощью Active Directory Samba 4 и ALT Рабочая станция 10.1. При этом, жизненный цикл разработки сети используется для создания сервера и определения политик доступа к данным пользователей. В результате, все пользовательские данные будут храниться безопасно и доступны только соответствующим лицам.

Ключевые слова: Active Directory, Domain Controller, File Server, ALT Рабочая станция, Samba.

## DEPLOYMENT OF THE SAMBA ACTIVE DIRECTORY SYSTEM BASED ON ALT LINUX. ISSUES OF INTEGRATION OF IMPORT SUBSTITUTION INFRASTRUCTURE

**Yakupov I.B.**

*National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia (109028, Moscow, Pokrovsky Boulevard, 11), e-mail: ibyakupov@edu.hse.ru*

Storage of personal data is a critical task that every computer user in a company must undertake. However, this practice poses a high risk of data loss and damage due to theft or damage to storage devices. Unfortunately, the inadequate knowledge of users about information technology and data management can lead to even greater risks. Particularly acute is the task of integrating domestic software into the educational process of educational institutions and production environments [1]. The solution to this problem can be centralized data storage on a server using Active Directory Samba 4 and ALT Workstation 10.1. In this case, the network development life cycle is used to create a server and determine user data access policies. As a result, all user data will be stored securely and accessible only to authorized individuals.

Keywords: Active Directory, Domain Controller, File Server, ALT Workstation, Samba.

### Введение

Современные компании и организации работают с огромным объемом данных, которые хранятся на компьютерах. Однако, недостаточная осведомленность пользователей и управление данными каждым пользователем лично может привести к повреждению или

потере данных, вызванным повреждением устройств хранения данных или кражей данных. Чтобы уменьшить этот риск, компаниям и организациям необходимо централизовать данные и хранить их на сервере с процессом аутентификации при доступе к данным.

Для реализации централизованной системы аутентификации и авторизации данных в сетевой операционной системе может быть использована технология Active Directory Samba 4, которая хранит данные пользователей в одной централизованной базе данных. Однако, использование этой технологии может быть затруднено из-за состояния интернет-сети и компьютеров.

Для упрощения задачи лаборанта по изменению внутренней конфигурации, связанной с ограничениями, установленными для определенных пользователей, можно использовать встроенные приложения или дополнительные приложения, соответствующие потребностям. Организация прав доступа к файлам на одном файловом сервере также может уменьшить проблемы с доступом пользователей.

В целом, централизация данных и использование соответствующих технологий и приложений могут помочь компаниям и организациям уменьшить риск потери или повреждения данных.

#### **Улучшение инфраструктуры хранения данных с помощью Active Directory Samba 4.**

Представим, что компания столкнулась с проблемами управления и сохранения данных, которые хранятся и управляются каждым пользователем. Это привело к повреждению данных и уязвимостям, таким как вирусы и кража данных. Для решения этих проблем необходимо централизовать пользовательские данные на сервере и использовать существующую сеть для подключения к новому серверу. Также нужно регулировать использование компьютеров в соответствии с политикой компании и ограничить доступ к USB-накопителям в соответствии с полномочиями.

Для решения этих проблем предлагается использовать Active Directory Samba 4. Для этого необходимо провести анализ используемой инфраструктуры и существующей топологии сети, провести интервью с целью получения данных и проблем, которые существуют в компании, и предоставить предложения по их решению.

Далее начинается проектирование конфигурации Active Directory Samba 4 и конфигурация на компьютере пользователя в соответствии с предложенным решением задачи. Затем происходит внедрение результатов конфигурации на серверные устройства, предоставленные компанией в соответствии с требованиями. После этого проверяются результаты конфигурации Active Directory Samba 4 на соответствие предложенному решению проблемы.

В завершение производится управление системой и принимается решение о том, соответствует ли созданная система потребностям или нуждается в улучшении системы. В результате применения Active Directory Samba 4 компания сможет эффективно управлять данными и обеспечить их сохранность и безопасность.

### Моделирование и прототипирование

В работе используется операционная система ALT Рабочая станция 10.1. Это операционная система, предназначенная для использования на персональных компьютерах и ноутбуках. Она является системным программным обеспечением, которое предоставляет набор инструментов для повседневной работы с компьютером.

Операционная система ALT Рабочая станция 10.1 основана на ядре Linux, а также включает в себя различные утилиты и приложения для настройки и управления системой [2]. Она поддерживает множество архитектур процессоров и имеет высокую степень стабильности и надежности. В Таблице 1 описаны минимальные характеристики для работы системы.

Для подключения к серверу используется виртуальная машина с операционной системой Windows 7. Системное программное обеспечение Windows 7 включает в себя различные компоненты и приложения, которые обеспечивают работу компьютера. В Таблице 2 описываются минимальные характеристики для работы.

Таблица 1 – Минимальные характеристики ALT Рабочая станция 10.1

Процессор	1.4 GHz (x86-64)
Оперативная память	1,00 ГБ
Жесткий диск	32 ГБ
Ядра Linux	std-def-5.10.164 (i586, x86_64, aarch64), un-def-5.15.89 (x86_64), rpi-un-6.1.0 (aarch64)
Офисный пакет	LibreOffice-still 7.3.7.2

Таблица 2 – Минимальные характеристики Windows 7

Процессор	1 GHz (x86-64)
Оперативная память	1 гигабайт (ГБ) оперативной памяти (32-бит) или 2 ГБ оперативной памяти (64-бит)
Жесткий диск	16 ГБ свободного места на жестком диске (32-бит) или 20 ГБ (64-бит)
Видеокарта	DirectX 9 или более поздняя версия с драйвером WDDM 1.0

### Описание состава функционала SAMBA

Чтобы установить ALT Рабочая станция 10.1 на компьютер [3], необходимо выполнить следующие шаги:

- Скачать образ диска ALT Рабочая станция 10.1 с официального сайта компании Базальт СПО: <https://www.baseALT.ru/ALT-workstation/download>
- Записать образ диска на DVD или USB-накопитель.
- Вставить DVD или USB-накопитель в компьютер, на который вы хотите установить ALT Рабочая станция 10.1.

Для работы в командной строке в операционной системе ALT Linux потребуются основные утилиты и программы, вот некоторые из них:

- Bash (оболочка командной строки)

- Coreutils (набор утилит для работы с файлами и директориями)
- Binutils (набор утилит для работы с бинарными файлами)
- GNU Compiler Collection (набор компиляторов для различных языков программирования)
- Findutils (набор утилит для поиска файлов)
- Grep (утилита для поиска текста в файлах)
- Sed (утилита для работы с текстом)
- Awk (утилита для обработки текстовых данных)
- SSH (программа для безопасного удаленного доступа)
- Vim или Nano (текстовые редакторы)

### **Настройка сети на сервере**

После установки операционной системы следующим шагом является подключение серверного компьютера к сети, чтобы он был доступен для пользователей, а также настройка и конфигурация сети. Для этого необходимо открыть “Система”>”Администрирования”> Центр управления системой. Появится окно с требованием ввода пароля суперпользователя. Затем переходим на вкладку Ethernet-интерфейсы. Тип конфигурации нужно заменить на “Вручную”. Шлюз по умолчанию 192.168.1.1, DNS-серверы 127.0.0.1, netmask 255.255.255.0.

### **Установка пакета Samba 4**

После успешного подключения сервера к сети и доступа в интернет, необходимо выполнить обновление пакетов программного обеспечения и установить основные пакеты для создания Samba Active Directory [4]. Для этого потребуются следующие шаги:

Обновите сервер, чтобы получить последние пакеты:

```
# sudo apt-get update
```

```
# sudo apt-get upgrade
```

Установите пакет task-samba-dc, который установит все необходимое:

```
# sudo apt-get install task-samba-dc
```

Из-за того, что Samba в режиме контроллера домена (Domain Controller, DC) использует как свой LDAP, так и свой сервер Kerberos, несовместимый с MIT Kerberos, перед установкой необходимо остановить конфликтующие службы krb5kdc и slapd, а также bind:

```
# for service in smb nmb krb5kdc slapd bind; do systemctl disable $service; systemctl stop $service; done
```

Необходимо обнулить конфигурации Samba:

```
# rm -f /etc/samba/smb.conf
```

```
# rm -rf /var/lib/samba
```

```
# rm -rf /var/cache/samba
```

```
# mkdir -p /var/lib/samba/sysvol
```

### **Конфигурирование сервера для создания Samba 4 Active Directory.**

Имя домена, для разворачиваемого DC, должно состоять минимум из двух компонентов, разделённых точкой [5]. При этом должно быть установлено правильное имя узла и домена для сервера:

```
# sudo hostnamectl set-hostname dc.ilshat.ALT
```

```
# domainname ilshat.ALT
```

Создание контроллера домена ilshat.ALT:

```
# samba-tool domain provision --realm=ilshat.ALT --domain=test --adminpass='Пароль' --  
dns-backend=SAMBA_INTERNAL --option="dns forwarder=8.8.8.8" --server-role=dc
```

Запустите интерактивную инициализацию домена с помощью следующей команды.

```
# sudo samba-tool domain provision --use-rfc2307 -- interactive
```

При запросе ввода нажимайте Enter за исключением запроса пароля администратора («Administrator password:» и «Retype password:»).

В файл /etc/resolvconf.conf добавить строку:

```
name_servers=127.0.0.1
```

Обновить DNS адреса:

```
# resolvconf -u
```

Установить службу по умолчанию и запустите её:

```
# systemctl enable --now samba
```

Необходимо изменить файл /etc/krb5.conf, как на Рисунке 1. Здесь раскомментировать строку default\_realm и разделы realms и domain\_realm и указать название домена, а также установить значение false в строке dns\_lookup\_realm.

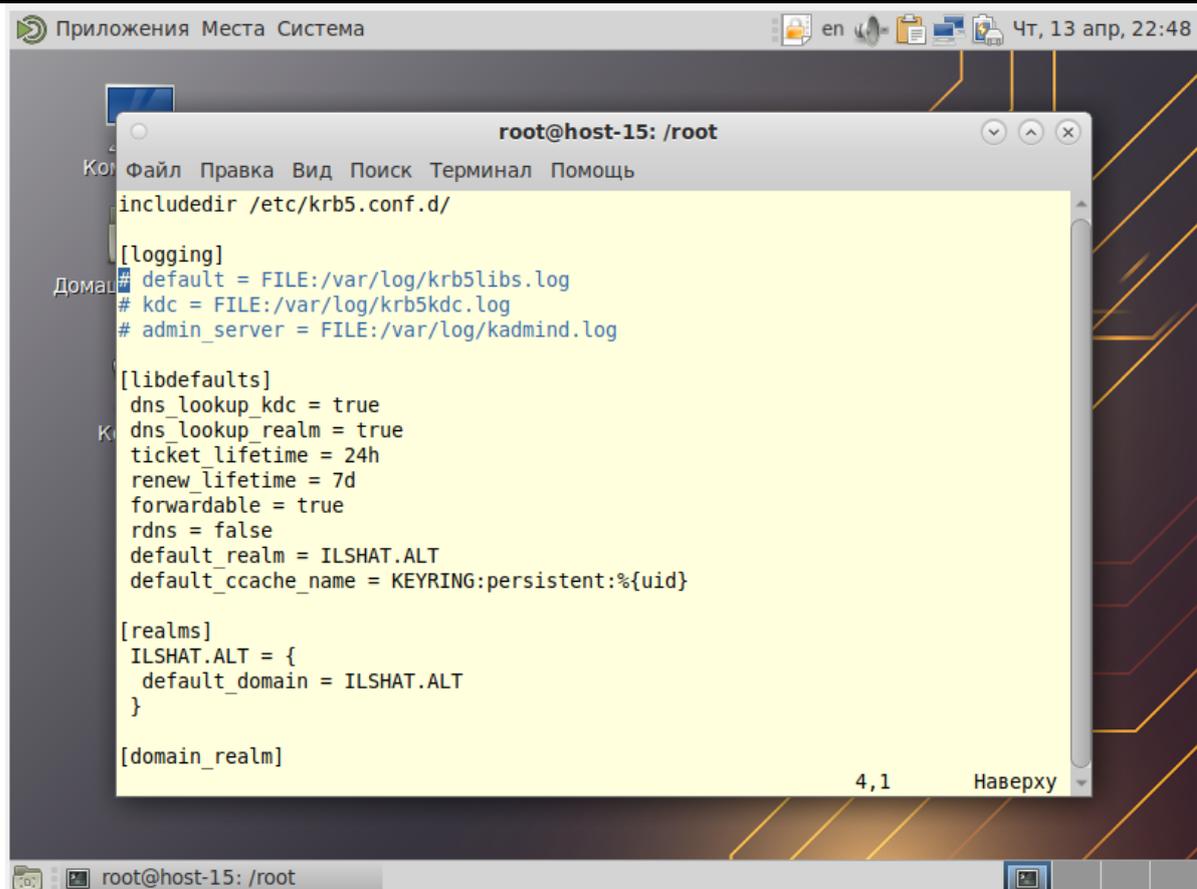


Рисунок 1 – Изменение файла /etc/krb5.conf

Для создать пользователя, как на Рисунке 2: # samba-tool user create “имя пользователя”

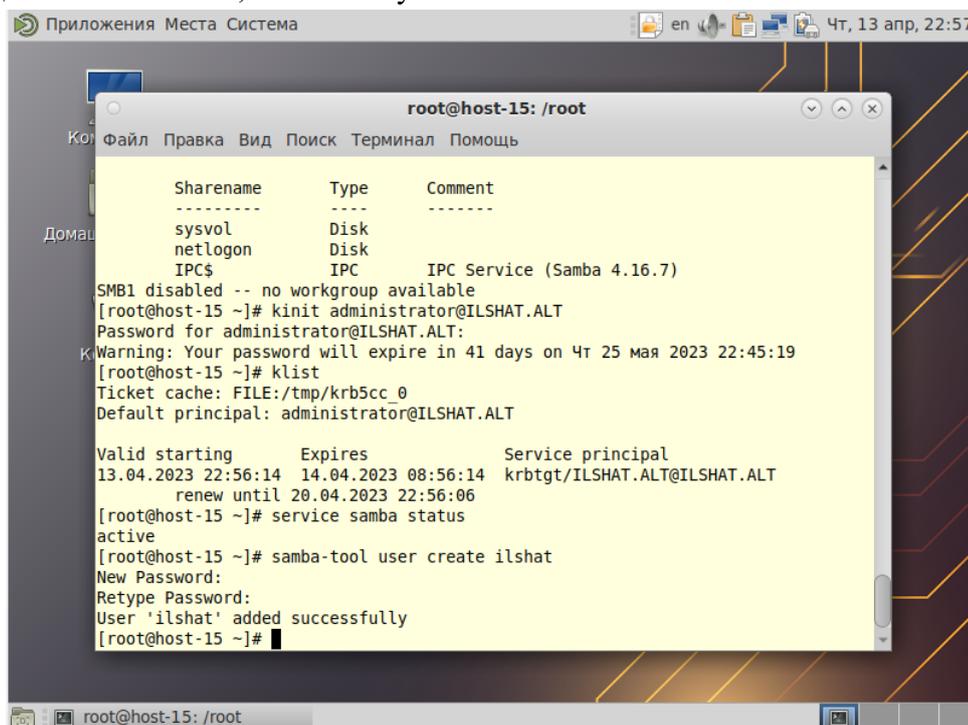


Рисунок 2 – Создание нового пользователя

### Подключение в домен

Для подключения пользователей к сети, чтобы они могли получить доступ к серверу была выбрана виртуальная машина с операционной системой Windows 7 [6][7]. Для начала нужно указать в качестве предпочитаемого DNS-сервера IP-адрес контроллера домена, как на Рисунке 3. Для этого необходимо открыть “ Центр управления сетями и общим доступом”, затем “ Изменение параметров адаптера”, в появившемся окне необходимо выбрать “Подключение по локальное сети”, и перейти в “Свойства”. В открывшемся окне нужно ввести данные, такие как IP-адрес, маска подсети, шлюз и DNS-сервер. После этого этапа нужно перейти в свойства компьютера и открыть пункт “Дополнительные параметры системы” и в появившемся окне изменить “Имя компьютера”. Также необходимо указать, что компьютер будет являться частью домена и прописать его имя, данный процесс изображен на Рисунке 4. Откроется окно с вводом имени пользователя и пароля, как на Рисунке 5. В результате откроется окно, демонстрирующее успешное подключение к домену, Рисунок 6.

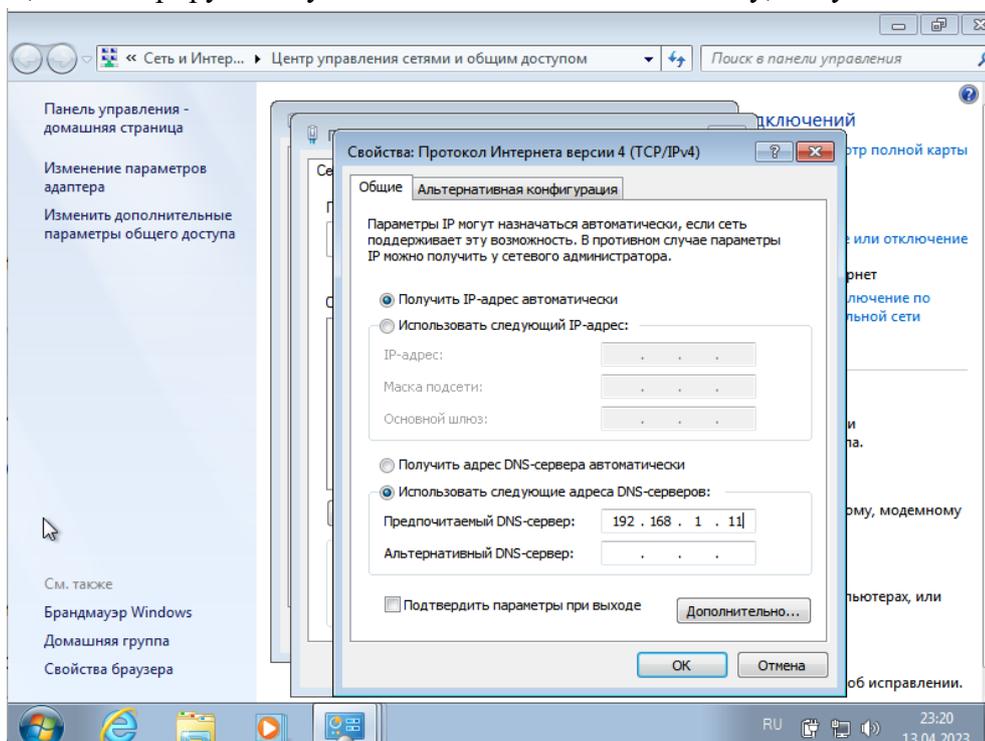


Рисунок 3 – Изменение DNS-сервера

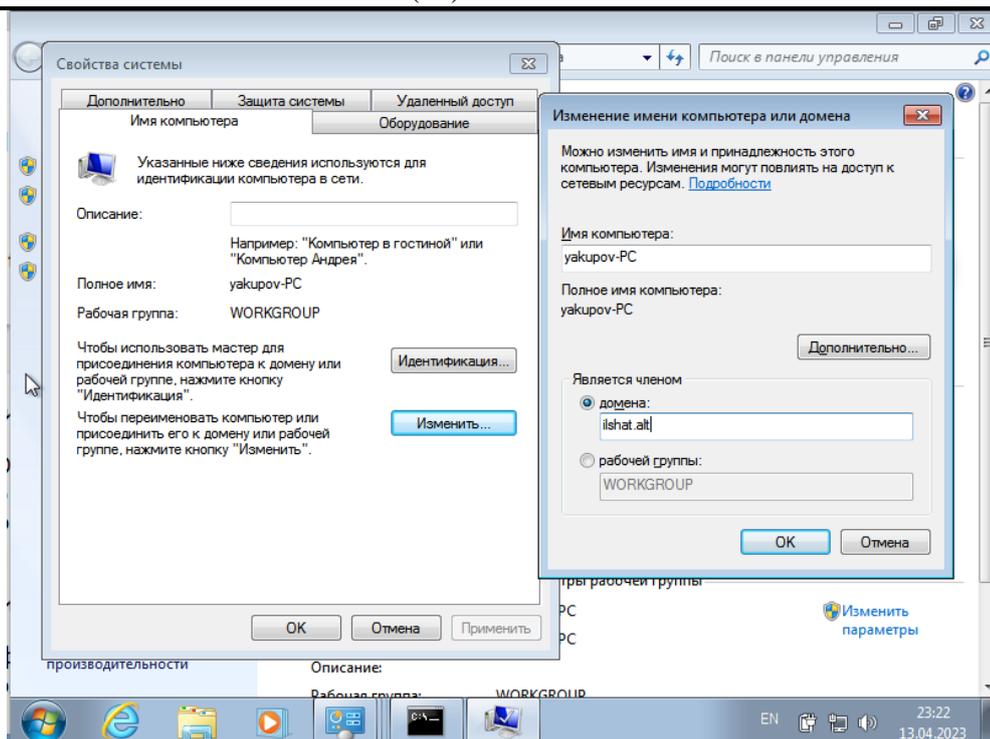


Рисунок 4 – Изменение имени компьютера или домена

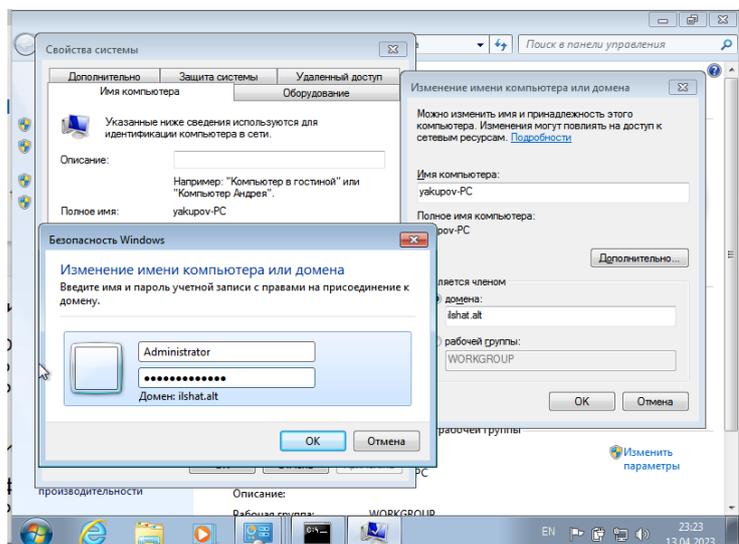


Рисунок 5 – Ввод имени пользователя и пароля для присоединения к домену

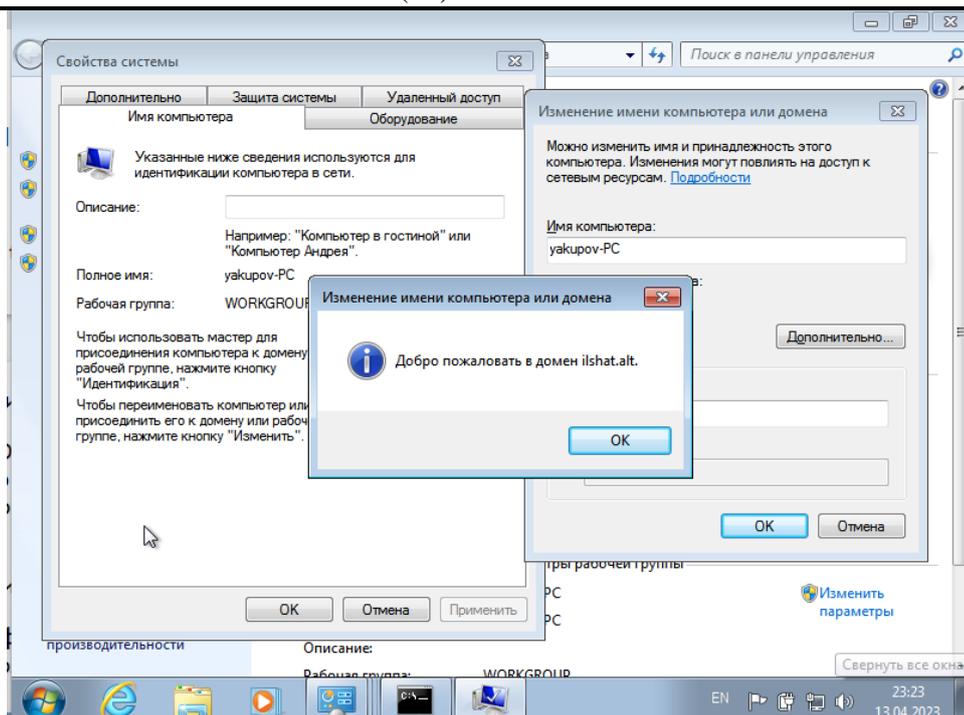


Рисунок 6 – Окно, демонстрирующее успешное подключение к домену

### Заключение

Реализация Active Directory на базе Samba 4 может эффективно соответствовать needs пользователей. Сервер Active Directory Samba 4 способен хранить все данные пользователей, обеспечивая аутентификацию доступа на основе их принадлежности и защищая их от утечек данных и распространения вирусов, которые могут повредить данные.

### Список литературы

1. Уймин А. Г. Применение отечественного программного обеспечения для перестройки образовательного процесса вуза в рамках подготовки кадров цифровизации производства/А.Г.Уймин//Цифровая трансформация промышленности: новые горизонты: Сборник научных трудов по материалам 3-й Всероссийской научно-практ. конференции, Москва, 10 ноября 2022 года. Том 1. – М: ООО "Русайнс", 2022. – С. 398-405
2. Докшин А.Д., Ковцур М.М., Прудников С.В., Таргонская А.И. Исследование подходов для аутентификации пользователей беспроводной сети с применением различных LDAP решений // Научное издание в космических исследованиях Земли. 2021. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-podhodov-dlya-autentifikatsii-polzovateley-besprovodnoy-seti-s-primeneniem-razlichnyh-ldap-resheniy> (дата обращения: 22.04.2023).
3. Операционная система для ПК базальт СПО. "Базальт СПО" представил первую промышленную линейку операционных систем для всех российских процессоров. Рыночная стоимость [Электронный ресурс]. URL: <https://gadgets-room.ru/en/operacionnaya-sistema-dlya-pk-bazalt-spo-bazalt-spo-predstavila-pervuyu/> (дата обращения: 15.03.2023).

4. Как открыть общий доступ к файлам с помощью Samba | Enable Sysadmin [Электронный ресурс]. URL: <https://www.redhat.com/sysadmin/samba-file-sharing> (accessed: 15.03.2023).
5. Руководство по аварийному восстановлению Active Directory: Что нужно знать [Электронный ресурс]. URL: <https://blog.quest.com/active-directory-disaster-recovery-creating-an-airtight-strategy/> (accessed: 15.03.2023).
6. Концепции репликации Active Directory | Microsoft Learn [Электронный ресурс]. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows-server/identity/ad-ds/get-started/replication/active-directory-replication-concepts> (accessed: 15.03.2023).
7. Использование Samba Web Administration Tool (SWAT) - IBM Documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibm.com/docs/en/rational-clearcase/9.0.0?topic=samba-using-web-administration-tool-swat> (дата обращения: 15.03.2023).

## References

1. Uymin A. G. Application of domestic software for restructuring the educational process of higher education institutions in training digitalization of production / A. G. Uymin // Digital transformation of industry: new horizons: a collection of scientific papers on the materials of the 3rd All-Russian Scientific-Practical Conference, Moscow, November 10, 2022. Vol. 1. - M: LLC Rusains, 2022. - pp. 398-405
  2. Dokshin A.D., Kovtsur M.M., Prudnikov S.V., Targonskaya A.I. Study of approaches for authentication of users of a connectless network using different LDAP solutions // Science-intensive technologies in space research of the Earth. 2021. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-podhodov-dlya-autentifikatsii-polzovateley-besprovodnoy-seti-s-primeneniem-razlichnyh-ldap-resheniy> (accessed 22.04.2023).
  3. Operational system for pc basalt spo. “Basalt SPO” presented the first industrial line of operating systems for all Russian processors. Market value [Electronic resource]. URL: <https://gadgets-room.ru/en/operacionnaya-sistema-dlya-pk-bazalt-spo-bazalt-spo-predstavila-pervuyu/> (accessed: 15.03.2023).
  4. How to share files with Samba | Enable Sysadmin [Electronic resource]. URL: <https://www.redhat.com/sysadmin/samba-file-sharing> (accessed: 15.03.2023).
  5. Active Directory disaster recovery guide: What to know [Electronic resource]. URL: <https://blog.quest.com/active-directory-disaster-recovery-creating-an-airtight-strategy/> (accessed: 15.03.2023).
  6. Active Directory Replication Concepts | Microsoft Learn [Electronic resource]. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows-server/identity/ad-ds/get-started/replication/active-directory-replication-concepts> (accessed: 15.03.2023).
  7. Using the Samba Web Administration Tool (SWAT) - IBM Documentation [Electronic resource]. URL: <https://www.ibm.com/docs/en/rational-clearcase/9.0.0?topic=samba-using-web-administration-tool-swat> (accessed: 15.03.2023).
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 004.056

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ АТАКИ СКАНИРОВАНИЯ СЕТЕВЫХ ПОРТОВ

**Шаханова М.В., Солоненко Д.Ю., Шаханова Э.С.**

*ФГБОУ ВО «Морской государственный университет имени Г.И. Невельского», Владивосток, Россия (690003, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а), e-mail: marinavl2007@yandex.ru*

Программно-определяемая сеть (SDN от англ. Software-defined Networking, также программно-определяемая сеть) является одной из важных технологий для сетей 5G и будущих сетей 6G. Она разделяет плоскость управления сетью и плоскость данных, предоставляет пользователям гибкий программный интерфейс для управления поведением сети и значительно повышает гибкость сети. Тем не менее, как SDN, так и традиционные сети уязвимы для повреждения аномального трафика, такого как распределенные атаки типа «отказ в обслуживании» (DDoS, распределенный отказ в обслуживании) [1-2], аномальный трафик снижает безопасность и доступность сети. Для реализации обнаружения аномалий в традиционных компьютерных сетях необходимо развертывание специального оборудования. Из-за распределенного характера традиционных сетей развертывание этого специального оборудования требует больших затрат и снижает гибкость сети. По сравнению с традиционными сетями SDN позволяет создавать более надежные, масштабируемые и управляемые сети для упрощения развертывания новых сетевых функций [3]. Таким образом, обнаружение сетевых аномалий и защита от них могут быть реализованы централизованно на контроллере SDN. Однако сама сеть на основе SDN не имеет функций обнаружения аномалий и защиты, и существуют риски безопасности. Тем не менее, парадигма SDN может обеспечить новый подход к обнаружению сетевых аномалий и проектированию систем защиты по следующим причинам: SDN обеспечивает глобальное представление о сети; SDN очень удобна для сбора статистики трафика; SDN использует централизованную плоскость управления, что удобно пользователям для развертывания новых приложений [4]. **ка. В то же время система обладает высокой масштабируемостью и может гибко обнаруживать различные типы аномального поведения сети.**

Ключевые слова: Обнаружение вторжений Windows, программно-определяемая сеть, обнаружение аномалий, энтропия Реньи, сетевая безопасность.

## DEVELOPMENT OF A PROTECTION SYSTEM AGAINST NETWORK PORT SCANNING ATTACKS

**Shakhanova M. V., Solonenko D.Yu., Shakhanova E.S.**

*Maritime State University named after G.I. Nevelskoy, Vladivostok, Russia (690003, Vladivostok, Verkhneportovaya str., 50a), e-mail: marinavl2007@yandex.ru*

Software-defined networking (SDN) is one of the important technologies for 5G and future 6G networks. It separates the network control plane and data plane, providing users with a flexible software interface to manage network behavior and significantly improving network flexibility. However, both SDN and traditional networks are vulnerable to anomalous traffic, such as distributed denial-of-service (DDoS) attacks [1-2]. Anomalous traffic decreases network security and availability. Traditional computer networks require specialized equipment to detect anomalies, which is costly and reduces network flexibility due to their distributed nature. Compared to traditional networks, SDN allows for the creation of more reliable, scalable, and manageable networks to simplify the deployment of new network functions [3]. Therefore, detecting network anomalies and protecting against them

---

can be implemented centrally on the SDN controller. However, the SDN-based network itself lacks anomaly detection and protection functions, and there are security risks. Nevertheless, the SDN paradigm can provide a new approach to network anomaly detection and protection design for the following reasons: SDN provides a global view of the network; SDN is very convenient for collecting traffic statistics; and SDN uses a centralized control plane, which is convenient for users to deploy new applications [4]. At the same time, the system has high scalability and can flexibly detect various types of anomalous network behavior.

---

Keywords: Windows intrusion detection, software-defined networking, anomaly detection, Renyi entropy, network security.

Исследование безопасности SDN в основном включает два аспекта. С одной стороны, исследователи сосредотачиваются на вопросах безопасности самой парадигмы SDN. Из-за характеристик централизованного управления SDN они сталкиваются с рядом проблем безопасности с точки зрения плоскости управления, плоскости приложений, плоскости данных и стандартного интерфейса, таких как вредоносные приложения, мониторинг сети, спуфинг IP-адресов, DoS/DDoS-атаки и вирусы. Атаки троянских коней и т. д. Это огромное препятствие, ограничивающее коммерциализацию SDN. С другой стороны, использование SDN для решения проблем безопасности, с которыми сталкиваются традиционные сети. Поскольку SDN имеет возможность централизованного управления сетью и детального управления трафиком, исследователи, как правило, используют технологию SDN для определения возможностей работы сетевой безопасности и механизмов реагирования на чрезвычайные ситуации.

Например, опираясь на возможности точного управления трафиком SDN, можно легко реализовать обнаружение аномалий на основе трафика и контроль доступа, которые можно использовать для обнаружения и защиты от DDoS-атак и атак с расширенными постоянными угрозами в корпоративных интрасетях. Что касается планирования трафика, SDN имеет возможность гибко организовывать маршруты и может управлять сетевым трафиком, проходящим через определенные устройства безопасности, тем самым реализуя цепочки услуг безопасности по запросу. С точки зрения методов обнаружения сети, в традиционных сетях машинное обучение широко используется для классификации трафика и обнаружения аномалий [5]. Хотя методы машинного обучения обладают высокой точностью обнаружения, они часто имеют следующие ограничения: приходится полагаться на массивные размеченные обучающие данные для обучения [6].

Вычислительные ресурсы используются для своевременной обработки и обнаружения аномалий [7]; полагаются на разнообразные ресурсы сетевых устройств, такие как системы управления и различные сетевые промежуточные блоки, для сбора информации о состоянии сети.

Кроме того, методы на основе энтропии также используются для обнаружения аномального трафика в традиционных сетях [8]. Эти технологии используют теорию энтропии для моделирования состояния сети. Рассчитывая и анализируя изменение значения энтропии в течение определенного периода времени, можно обнаружить аномальное отклонение значения энтропии, чтобы определить, когда в сети возникают помехи. Исследования показали, что метод обнаружения аномалий на основе энтропии представляет собой простую в развертывании, недорогую, точную технологию мониторинга сетевой безопасности в режиме реального времени [9]. Обнаружение вторжений на основе энтропии широко изучалось, однако эти методы обычно применяются в крупномасштабных магистральных IP-

сетях и не очень применимы к маломасштабным сетям или другим типам сетей [8-11]. В то же время традиционные схемы обнаружения вторжений включают только обнаружение и классификацию аномального поведения, и большинство исследований не фокусируются на том, как диагностировать и защищаться от аномального поведения сети после обнаружения.

Преимущество SDN заключается в обнаружении и контроле глобального сетевого трафика, что облегчает детальный анализ и управление сетью в режиме реального времени. Эта сетевая парадигма оказала влияние на традиционную модель сетевой безопасности, в основном в следующие два аспекта:

1. Различия в методах развертывания устройств безопасности: в традиционных сетях устройства безопасности, такие как системы обнаружения вторжений, развертываются в ключевых точках сети, требуя, чтобы конфиденциальные данные проходили через устройства безопасности, прежде чем устройства безопасности смогут выполнять мониторинг в реальном времени и обнаружение; и в SDN все пути передачи данных контролируются контроллером SDN, и ограничения местоположения устройств безопасности снимаются.

2. Различные способы оценки состояния безопасности: в традиционных сетях сетевой администратор должен отправлять информацию запроса состояния на несколько устройств безопасности и после получения информации проводить всестороннюю оценку для получения информации о состоянии безопасности сети; в то время как в SDN, контроль Сервер регулярно собирает информацию с плоскости данных, чтобы понять общую ситуацию в сети.

В качестве модели атаки используются 3 этапа DDoS-атаки, и эти 3 этапа включают следующие аномальные действия сети:

1. Сканирование портов (сканирование портов). Злоумышленники обычно используют сканирование портов, чтобы узнать, открыт ли набор портов на удаленном узле. Некоторые открытые порты могут быть использованы злоумышленниками для атаки на целевую систему или распространения червей [12]. Обычно злоумышленник использует сценарий атаки, чтобы инициировать сканирование портов на атакуемом сервере, и сценарий отправляет несколько пакетов TCP-подключения на порты от 0 до 65536. При обнаружении открытого порта сценарий вернет злоумышленнику уведомление, и злоумышленник сможет определить, какой тип атаки может выполнять порт. Как правило, при сканировании портов создаются пакеты с фиксированными IP-адресами, но с разными номерами портов назначения TCP в сети.

2. Распространение червей. Червь — это самовоспроизводящаяся программа, которая пытается заразить другие машины, используя определенную уязвимость. Ботнеты распространяются в основном через активные атаки, через уязвимости, программное обеспечение для обмена мгновенными сообщениями, почтовые вирусы, вредоносные скрипты веб-сайтов, троянские кони и т. д. [13]. Злоумышленники также будут комбинировать технологии червей для улучшения метода распространения ботов [14], чтобы боты могли распространяться автоматически, как, например, знаменитый образец бота AGoBot [15]. Бот-программы программы, распространяемые червями, могут быстро создавать крупномасштабные бот-сети.

Распределенная атака типа «отказ в обслуживании». После формирования в SDN ботнета определенного масштаба могут быть запущены DDoS-атаки. Существует множество способов DDoS-атак: можно переполнить таблицу потоков конкретного коммутатора, создав большое количество поддельного трафика, или перегрузить контроллер SDN, генерируя несколько

пакетов `packet_in`. Обычно эти атаки проявляются в виде большого количества различных исходных IP-адресов, обращающихся к определенному IP-адресу назначения.

Основные принципы предлагаемой системы

*Энтропия Шеннона и энтропия Реньи*: энтропия измеряет неопределенность событий, связанных с распределением вероятностей  $X$ . Для данной системы,  $X$  является дискретной переменной, чей возможный результат выглядит как  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , т.о. формальное определение энтропии Шеннона есть:

$$H(X) = \sum_{i=1}^n p_i \lg \frac{1}{p_i} = - \sum_{i=1}^n p_i \lg p_i \quad (1)$$

где  $p_i \in \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  - вероятность случайной величины  $X$ . Чем выше значение энтропии, тем сильнее случайность переменной  $X$ , чем меньше значение энтропии, тем выше определенность переменной  $X$ .

Энтропия Шеннона имеет большое количество приложений в различных областях, но для измерения малых потоков энтропия Реньи может увеличить разницу между случайными величинами разных распределений больше, чем энтропия Шеннона. Определение энтропии Реньи приведено в формуле (2):

$$H_\alpha(X) = \frac{1}{1-\alpha} \lg \left( \sum_{i=1}^n p_i^\alpha \right) \quad (2)$$

при  $\alpha \geq 0, \alpha \neq 1$ . Можно доказать, что когда  $\alpha = 0$ ,  $H_\alpha(X)$  принимает максимальное значение, т.е.

$$\max (H_\alpha(X)) = \lg n \quad (3)$$

В случае, когда  $\alpha \rightarrow 1$ , энтропия Реньи сходится к энтропии Шеннона, а именно:

$$\lim_{\alpha \rightarrow 1} H_\alpha(X) = - \sum_{i=1}^n p_i \lg p_i \quad (4)$$

*Сетевой поток* представляет собой коммуникация передачей сетевых пакетов между двумя точками. Вектор маркировки вредоносного поведения отмечает разновидность сетевого злонамеренного поведения в двоичном коде, и сравнение вредоносного поведения показано в Таблице 1.

Например, когда в сети нет аномалий, вектор метки вредоносного поведения равен  $(0,0,0,0,0,0)$ . Однако, когда происходит сканирование портов, количество типов номеров портов назначения в сети значительно увеличивается, а соответствующее значение энтропии резко возрастает. Как только модуль обнаружения аномалий обнаружит изменение значения энтропии, он установит положение номер порта назначения на «1».

Таблица 1 – Сравнение аномального поведения

Вредоносное поведение	Маркер векторной сети	Характер аномального поведения
(0,1,0,0,0,0)	Номер порта назначения и источник	Значение энтропии номера порта назначения сканирования портов значительно увеличивается
(0,1,1,0,0,0)	Распространение червя	Значительное снижение IP-энтропии
(0,1,0,1,0,0)	DDoS-атака	IP-адрес назначения и номер порта назначения значительно снизились

Обнаружение, диагностика и защита от аномального поведения в SDN могут быть реализованы с использованием информации из базы потоков коммутатора OpenFlow и протокола OpenFlow. После обнаружения аномального значения энтропии соответствующий элемент трафика извлекается и отправляется в модуль диагностики вредоносного поведения. Этап диагностики сети в основном отвечает за диагностику и защиту от злонамеренного поведения. Модуль диагностики вредоносного поведения получает записи потока, диагностирует вредоносный трафик и исходный IP-адрес вредоносного трафика и отправляет его в модуль сетевой защиты для блокировки вредоносного трафика. Система может оценивать три вида злонамеренного поведения и отправлять записи базы данных для других неопознанных аномальных действий для дальнейшего анализа в последующей работе.

Компоненты системы. В таблице 2: модуль сбора информации: он в основном отвечает за периодический сбор информации о трафике на уровне данных, и информация о трафике представлена в виде снимков информации таблицы потоков. Модуль сбора информации отправляет запрос на извлечение информации из таблицы потоков на сетевой контроллер через интерфейс приложения передачи репрезентативного состояния (Rest API), чтобы запросить состояние всего трафика в плоскости данных. После получения информации таблицы потоков от сетевого контроллера модуль сбора информации анализирует и организует соответствующие данные для формирования моментального снимка информации таблиц.

Таблица 2 – Поля соответствия OpenFlow

порт назначения	исходный IP-адрес	IP-адрес источника	MAC-адрес назначения
tcp_src	ipv4_src	ipv4_dst	eth_dst

Каждый поток соответствует тройному набору признаков, набор функций определяется спецификацией OpenFlow [3], как показано в Таблице 3:

Таблица 3 – Информация о наборе функций

Количество совпадающих пакетов	Байтов передано	Активное время
packet_count	byte_count	duration_sec

Таким образом, может быть сформирован информационный снимок таблицы потоков  $S = \{F: (c, d, d)\}$ .

Модуль обнаружения аномалий: в основном отвечает за обнаружение аномального трафика в сети на основе информации о моментальных снимках трафика. В этом модуле в основном используется метод обнаружения, основанный на энтропии Реньи, в то же время для сравнения используются традиционная энтропия Шеннона и энтропия Реньи.

Модуль сетевой диагностики: обнаруженное вредоносное поведение маркируется модулем обнаружения аномалий, и информационный снимок таблицы потоков с развитием энтропии. Сначала по вектору меток вредоносного поведения идентифицируется бит, вызывающий энтропийную мутацию, и оценивается тип вредоносного поведения (сканирование портов, распространение вируса-червя, DDoS- атака).

Первое суждение основано на следующем: запись потока, активное время которого меньше, должна быть зарегистрирована, а поток, который вызывает внезапное изменение значения энтропии, должен быть среди вновь выпущенных записей. Затем подсчитывается частота исходного IP-адреса в вредоносных записях потока. IP-адрес или набор IP-адресов с наибольшей частотой — это исходный IP-адрес или набор IP-адресов, которые генерируют вредоносный трафик (если диагностируемое вредоносное поведение представляет собой DDoS- атаку, он соответствует исходному набору IP-адресов). Соответствующие записи потока представляют вредоносный трафик.

Модуль защиты сети: получает отчет о диагностике, отправленный модулем диагностики сети, и извлекает запись потока, соответствующую IP- адресу источника вредоносного ПО и вредоносному трафику, из отчета о диагностике.

### **Заключение**

В данной работе предлагается автономная система защиты SDN на основе энтропии Реньи, которая использует преимущества централизованного управления SDN. Во-первых, система собирает информацию таблицы потоков коммутатора OpenFlow, вычисляет значение энтропии для различных полей в соответствующем поле элемента таблицы потоков и сравнивает его с пороговым значением, чтобы определить, есть ли какое-либо ненормальное поведение сети. Затем система диагностирует исходный IP- адрес, который реализует ненормальное поведение сети, дополнительно анализируя время существования таблицы потоков OpenFlow и подсчитывая частоту появления IP-адреса. Наконец, система реализует защитные меры, такие как блокировка связи от вредоносного трафика. Предлагаемая система может обнаруживать три самых распространенных аномальных поведения сети.

### **Список литературы**

1. BRAGA R, MOTA E, PASSITO A Обнаружение атак с использованием NOX/OpenFlow//The 35th Annual IEEE, Конференция по локальным компьютерным сетям, 2010.
2. BEHAL S, SINGH J. Обнаружение и смягчение последствий DDoS-атак в SDN: всесторонний обзор, исследовательские задачи. Computer Science Review, 2020, 37: С.1-25.

3. МАККОУН Н., АНДЕРСОН Т., БАЛАКРИШНАН Х. и др. OpenFlow: внедрение инноваций в кампусные сети, *ACM Computer Communication Review*, 2008, 38(2):69-74.
4. ZHAO P, ZHAO W, LIU Q. Многоцелевое разделение каналов. я Международная конференция (MSN), 2019: С.253-258.
5. САЛМАН О., ЭЛЬХАДЖ И.Х., КАЙСИ А. и др. Обзор подходов к классификации интернет-трафика, 2020: С.1-38.
6. УИЛЬЯМС Н., ЗАНДЕР С., АРМИТИДЖ Г. Предварительное сравнение пяти алгоритмов машинного обучения для классификации потоков IP-трафика. *ACM SIGCOMM*, 2006, 36(5): С.5-16.
7. ЛАХИНА А., КРОВЕЛЛА М., ДИОТ С. Аномалии с использованием распределения характеристик трафика//*ACM Sigcomm Conference*, 2005: 217с.
8. FIADINO PD, DALCONZO A, SCHIAVONE M, et al. Обнаружение и диагностика аномалий на основе энтропии в сотовой сети, *ACM Sigcomm Computer Communication Review*, 2015, 45(4): С.87-88.
9. ТИМЧЕНКО В.В., ИБРАГИМ Д., ГАДЖИН С. Поддержка гибридного машинного обучения для обнаружения аномалий сетевого трафика на основе энтропии. //ICIST 2019. 2019: С.144-149
10. ИБРАГИМ Ю., ТИМЧЕНКО В.В., ГАЙИН С. Комплексная архитектура обнаружения аномалий на основе потока с использованием расчета энтропии и классификации машинного обучения //ICIST 2019. 2019: С.138-143.
11. ШУКЛА А.С., МАВРЯ Р. Обнаружение аномалий на основе энтропии. *Беспроводная персональная связь*, 2018, 99: 1487-1501 гг.
12. SCHAEFFER-FILHO A, MAUTHE A, HUTCHISON D, et al. Набор инструментов для оценки стратегии устойчивости сети. //Международный симпозиум IFIP/IEEE по интегрированной сети. Менеджмент труда, 2013.
13. STONE-GROSS B, COVA M, GILBERT B и др. Захват ботнета, *IEEE Security & Privacy*, 2011, 9(1): С.64-72.
14. WANG Q, CHEN Z, CHEN C и др. О надежности топологии сети. //Global Telecom, Конференция катионов, 2010.
15. ЧЖОУ ЦЗЯЦЗЮНЬ, ВАН ТИНТИН, Анализ случая использования Agobot на основе контрмер компьютерной сети, *Технология и применение сетевой безопасности*, 2013, (7): С.86-88.
16. Шаханова М.В., Солоненко Д.Ю., Шаханова Э.С. – «Актуальные проблемы информационной безопасности банков» // *BULLETIN ALMANACH SCIENCE ASSOCIATION FRANCE-KAZAKHSTAN*, 2022/5. С. 266-276.

## References

1. BRAGA R, MOTA E, PASSITO A Detection of attacks using NOX/OpenFlow//The 35th Annual IEEE, Conference on Local Computer Networks, 2010.
2. BEHAL S, SINGH J. Detection and mitigation of DDoS attacks in SDN: a comprehensive overview, research tasks. *Computer Science Review*, 2020, 37:pp.1-25.

3. MCCONE N., ANDERSON T., BALAKRISHNAN H. and others . OpenFlow: Introducing Innovation to Campus Networks, ACM Computer Communication Review, 2008, 38(2):pp.69-74.
  4. ZHAO P, ZHAO W, LIU Q. Multi-purpose channel separation. I International Conference (MSN), 2019: pp.253-258.
  5. SALMAN O., ELHAJ I.H., KAYSI A. et al. Review of approaches to the classification of Internet traffic, 2020:pp. 1-38.
  6. WILLIAMS N., ZANDER S., ARMITAGE G. A preliminary comparison of five machine learning algorithms for classifying IP traffic flows. ACM SIGCOMM, 2006, 36(5): pp.5-16.
  7. LAKHINA A., KROVELLA M., DIOT S. Anomalies using the distribution of traffic characteristics//ACM Sigcomm Conference, 2005: 217.
  8. FIADINO PD, DALCONZO A, SCHIAVONE M, et al. Entropy-based Anomaly Detection and Diagnosis in Cellular Networks, ACM Sigcomm Computer Communication Review, 2015, 45(4): pp.87-88.
  9. TIMCHENKO V.V., IBRAHIM D., GADZHIN S. Support for hybrid machine learning to detect network traffic anomalies based on entropy. //ICIST 2019. 2019: pp.144-149
  10. IBRAHIM Yu., TIMCHENKO V.V., GAYIN S. Complex architecture of anomaly detection based on flow using entropy calculation and machine learning classification //ICIST 2019. 2019: pp.138-143.
  11. SHUKLA A.S., MAVRYA R. Detection of anomalies based on entropy. Wireless Personal Communication, 2018, 99:pp.1487-1501.
  12. SCHAEFFER-FILHO A, MAUTHE A, HUTCHISON D, et al. A set of tools for evaluating network resilience strategies. //IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Networking. Labor Management, 2013.
  13. STONE-GROSS B, COVA M, GILBERT B, etc. Botnet Hijacking, IEEE Security & Privacy, 2011, 9(1): pp.64-72.
  14. WANG Q, CHEN Z, CHEN C, etc. About the reliability of the network topology. //Global Telecom, Cation Conference, 2010.
  15. ZHOU JIAJUN, WANG TINGTING, Agobot use case analysis based on computer network countermeasures, Network Security Technology and Application, 2013, (7): pp.86-88.
  16. Shakhanova M.V., Solonenko D.Yu., Shakhanova D.S. – "Actual problems of information security of banks" // BULLETIN ALMANACH SCIENCE ASSOCIATION FRANCE-KAZAKHSTAN, 2022/5. pp. 266-276.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 004.414.22

## РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ ДЛЯ СЕРВИСА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОСТАНОВКИ ТЕГОВ

**Фазылов И.И.**

*ФГБОУ ВО "Уфимский государственный нефтяной технический университет", Уфа, Россия (450064, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1) e-mail: fazylovil@list.ru*

**В статье представлены результаты разработки требований к сервису автоматической протановки тегов на задачи бэклога проекта. Разработка требований проведена на основе анализа и выявленных проблем в процессах разработки программных продуктов.**

Ключевые слова: Программный продукт, проект, процесс, разработка, стейкхолдеры, требования.

## DEVELOPMENT OF REQUIREMENTS FOR THE AUTOMATIC TAGGING SERVICE

**Fazylov I.I.**

*Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia (450064, Republic of Bashkortostan, Ufa, Cosmonauts St,1) e-mail: fazylovil@list.ru*

**The article presents the results of the development of requirements for the automatic tagging service for the tasks of the project backlog. The requirements were developed based on the analysis and identified problems in the software development processes.**

Keywords: Development, process, project, requirements, software product, stakeholders.

По мере расширения бизнеса и развития технологий потребность в инновационных программных продуктах становится более острой. Однако просто иметь идею программного продукта (ПП) недостаточно. Очень важно разработать набор требований, которые будут направлять разработку продукта и обеспечивать его соответствие потребностям предполагаемых пользователей.

Сегодня преобладают проекты гибкой разработки, в которых процессы разработки программных продуктов разбиваются на итерации. В течении одного цикла (1-2 недели) выполняется объем работ, определенных при планировании. Требования, закладываемые на работы в течении этого промежутка времени, влияют на качество продукта и успешность внедрения. При последующих выпусках реализуются оставшиеся требования [2].

Требования можно разделить на три уровня:

1. бизнес-требования;
2. функциональные;
3. нефункциональные.

Рассмотрим каждый уровень подробнее.

Бизнес-требования описывают какие цели может достичь организация после внедрения решения.

Функциональные требования охватывают свойства и поведения системы при выполнении определённых условий [4].

Нефункциональные требования часто называют атрибутами или параметрами качества. В них описаны характеристики продукта, которые важны конечным пользователям, тестировщикам, разработчикам и лицам, обслуживающим систему [2].

Перед формированием требований проведен анализ, выявлены проблемы и причины их возникновения на этапах процесса разработки ПП. Были выделены следующие этапы разработки:

- постановка задачи (анализ и дизайн) включает разработку требований согласно потребностям заказчика. Дизайн продукта формируется после согласования всех требований заказчиком;
- разработка кода выполняется согласно требованиям и дизайну запрашиваемого функционала или продукта. Обычно начинается при наличии у задачи постановки, критериев приемки, сценариев проверки;
- тестирование проводится с целью проверки работы продукта с точки зрения требований и разумных ожиданий пользователей. При обнаружении ошибок в части требований и макета продукта возможен возврат на предыдущие этапы разработки [5];
- передача заказчику. После выполнения всех предыдущих этапов разработки ИТ-решение передается заказчику для подтверждения работы запрашиваемой функции. На этом этапе представители заказчика или он сам проверяют реализованный функционал. Ошибки, обнаруженные на этом этапе, исправляются разработчиками в первую очередь [4].

Причиной возникновения дефектов часто являются отсутствие постановок задач или ошибки в них. Ниже приведены примеры проблем и причины их возникновения на этапах разработки:

1. пользователю не требуется функционал. Возникает, когда задача не несет ценности для бизнеса;
2. отсутствие регрессионного тестирования. Причиной является отсутствия оценки влияния на другие модули продукта [5];
3. нет понимания границ завершения работ по задаче. Возникает при отсутствии критериев приемки;
4. отсутствие сценариев для проверки поведения системы. Причиной является отсутствие тест-кейсов;
5. простановка и поддержание в актуальном состоянии тегов у ответственного за бэклог отнимает в среднем 30 минут в день. Обычно эту роль выполняет скрам-мастер, аналитик или менеджер продукта.

В совокупности указанные проблемы связаны с ошибками в постановках задач. Все эти факторы могут стать причиной репутационных и временных потерь, которые могут повлечь невыполнение плана работ в указанные сроки и нарушения обязательств перед заказчиком [5].

Для решения выявленных проблем разработан сервис автоматической протановки тегов в Azure Devops Server (ADS). ADS это инструмент для совместного управления проектом и ежедневного планирования задач. Инструмент позволяет упростить рабочий процесс, сделать его более прозрачным, помочь планировать и следить за выполнением проекта на всех этапах жизненного цикла [1].

В рамках исследования предлагаются требования к продукту, под которыми понимается спецификация того, что должно быть реализовано. В них описаны свойства и поведение системы при определенных условиях.

Разработка требований составляется, в первую очередь, с учетом пожеланий всех участников, заинтересованных в данном продукте [2]. Список заинтересованных лиц (стейкхолдеров) сервиса автоматической протановки тегов включает руководителя проекта, системного аналитика, тестировщика, разработчика и конечных пользователей. Рассмотрим их обязанности подробнее.

Руководитель несет ответственность за достижение целей проекта. Составляет план работ, следит за ходом работ, соблюдением сроков, распределяет обязанности в команде.

Системный аналитик выясняет у пользователей для чего им нужна новая функция. На основе потребностей формируются функциональные и нефункциональные требования, согласно которым команда реализует и проверяет качество продукта.

Тестировщик проверяет работу продукта в соответствии с требованиями и разумными ожиданиями пользователей [5].

Разработчик отвечает за создание программных продуктов, выполняющих определенные функции. Это включает написание кода, тестирование и отладку.

Конечными пользователями являются ответственные за бэклог и члены команды разработки.

На основе выявленных проблем и ключевых лиц проекта в Таблица 1 – представлены описания требований на каждом уровне.

Таблица 1 – Уровни требований к сервису

Уровень требований	Описание требования
Бизнес-требования	1. Обеспечить возможность работы с любым проектом вне зависимости от настроек в ADS. 2. Сервис должен работать на любом проекте вне зависимости от методологии разработки.
Функциональные	1. Должна быть составлена методика простановки тегов к рабочим элементам бэклога. 2. Сервис должен обновлять теги рабочих элементов на основе сформированных правил. 3. Сервис должен иметь расписание выполнения правил, которое составляется с учетом всех подключенных бэклогов и нагрузок на сервис.
Нефункциональные	1. При падении сервиса должен происходить автоматический перезапуск. 2. Сервис должен иметь возможность изменять теги только рабочих элементов. 3. Обновление тегов для одного проекта должно занимать не более 10 минут.

После согласования требований всеми заинтересованными лицами и завершения работ по разработке ожидается внедрение сервиса в пилотный проект [3]. Сервис будет проставлять теги на задачи согласно заранее определенным правилам. Наличие тегов на задачах позволяет участникам команды оперативно дополнить постановку задачи до ее взятия в работу. Использование сервиса на ранних этапах позволит выявлять проблемы в процессе разработки и сократить трудозатраты, затрачиваемые на анализ и простановку тегов вручную. Благодаря этому повысится качество постановок задач за счет мониторинга процесса разработки, изменения приоритетов в зависимости от их важности.

### Список литературы

1. Brianna Hansen. Скрам-доска против канбан-доски: что лучше использовать для планирования проекта? // статья от 01.08.2019г. - 6с.// [Электронный ресурс] URL: <https://www.wrike.com/ru/blog/skram-doska-protiv-kanban-doski-что-лучше-использовать-для-планирования-проекта> (дата обращения: 25.04.2023).
2. Вигерс К., Битти Д. Разработка требований к программному обеспечению. 3-е изд., дополненное / Пер. с англ. — М.: Издательство «Русская редакция» ; СПб.: БХВ-Петербург, 2019. — 736 с.
3. Коберн А. Современные методы описания функциональных требований к системам / А. Коберн; [Пер. Е. Борисова]. - Москва: Лори, 2002. - XX, 263 с
4. Паттон Д. Пользовательские истории. Искусство гибкой разработки ПО [Текст] /Д. Паттон; [перевод с английского О. Потапова]. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2019. - 286 с.
5. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс / С. С. Куликов. — 3-е изд. — Минск: Четыре четверти, 2020. — 312 с.

## References

1. Brianna Hansen. Scrum Board vs Kanban Board: Which Is Better to Use for Project Planning? Article dated 01.08.2019. - 6s.// [Electronic resource] URL: <https://www.wrike.com/ru/blog/skram-doska-protiv-kanban-doski-chto-luchshe-ispolzovat-dlya-planirovaniya-proekta> (date accessed: 25.04.2023).
  2. Vigers K., Beatty D. Development of software requirements. 3rd ed., supplemented / Trans. - М.: Publishing house "Russian edition"; SPb.: BHV-Peterburg, 2019. — p.736
  3. Koburn A. Modern methods of describing functional requirements for systems / A. Koburn; [Transl. by E. Borisov]. - Moscow: Lori, 2002. - XX, p .263
  4. Patton D. User stories. The Art of Agile Software Development [Text] /D. Patton; [translated from English by O. Potapov]. - St. Petersburg [et al.]: Peter, 2019. - p.286
  5. Software testing. Basic course / S. S. Kulikov. — 3rd ed. — Minsk: Four quarters, 2020. — p.312
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

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



УДК 536.24

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ВНУТРИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ТЕПЛООБМЕННОЙ ТРУБЫ

**Канарейкин А.И.**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ)», Москва, Россия (117485, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23), e-mail: kanareykins@mail.ru*

Статья посвящена вопросам теплопередачи внутри горизонтальной теплообменной трубы. Предметом исследования является безразмерный коэффициент сопротивления при естественной циркуляции жидкости внутри горизонтальных труб теплообменника. Теплообмен происходит при граничных условиях второго рода. При этом была учтена несимметричность температурного поля вдоль горизонтальной оси. В настоящей работе было получено что, коэффициент сопротивления в случае естественной циркуляции равен коэффициенту сопротивления при течении в круглой трубе при ламинарном течении. Полученный результат может быть полезным для дальнейших теоретических исследований в данной области.

Ключевые слова: Теплообмен, теплопроводность, граничное условие второго рода, естественная циркуляция, естественная конвекция, ламинарное течение, температурное поле, число Нуссельта.

## DETERMINATION OF RESISTANCE DURING NATURAL CIRCULATION INSIDE A HORIZONTAL HEAT EXCHANGE TUBE

**Kanareykin A. I.,**

*Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia (117485, Moscow, Miklukho-Maklaya st., 23), e-mail: kanareykins@mail.ru*

The article is devoted to the issues of heat transfer inside a horizontal heat exchange pipe. The subject of the study is the dimensionless coefficient of resistance in the natural circulation of liquid inside the horizontal pipes of the heat exchanger. Heat exchange occurs under boundary conditions of the second kind. The asymmetry of the temperature field along the horizontal axis was taken into account. In this paper, it was found that the coefficient of resistance in the case of natural circulation is equal to the coefficient of resistance in the flow in a round tube with laminar flow. The obtained result may be useful for further theoretical research in this field.

Keywords: Heat transfer, thermal conductivity, boundary condition of the second kind, natural circulation, natural convection, laminar flow, temperature field, Nusselt number.

В природе и современной технике важную роль играют процессы переноса тепла и массы. Среди них заметное место занимает естественная конвекция и естественная циркуляция, возникающие в неоднородном поле массовых сил. Особенно большое значение проблема естественной конвекции приобретает для новой техники, в частности, для атомной энергетики и электроники. Появились многочисленные приложения теории в энергетике,

химической технологии, строительстве, сельском хозяйстве, геофизики, астрофизики, причем в разных отраслях уровень научных исследований, инженерно-технических разработок различен. В связи с поиском новых возобновляемых источников энергии и экономии ресурсов появляются промышленные процессы, основанные непосредственно на механизме естественной циркуляции (системы пассивного расхолаживания и пр.). Отсутствие ряда дорогостоящего оборудования (насосов, вентиляторов, пусковой аппаратуры...) дает экономию энергоресурсов и повышает надежность свободно-конвективных систем теплообмена по сравнению с другими. В атомной энергетике, в связи с необходимостью безопасной работы АЭС, свободно-конвективный теплообмен является основным механизмом охлаждения активной зоны реактора при аварийных режимах.

Естественная циркуляция играет важную роль в работе некоторых тепловых аппаратов и устройств. Она возникает и развивается при наличии небольших градиентов статического давления, возникающей из-за разной плотности воды в окружающей среде и элементах теплообменника и циркуляционной системы.

Главным же условием свободно конвективного движения является неравномерность распределения плотностей, которая определяется неравномерностью температурного поля.

Если движение не является в чистом виде естественно-конвективным. В таких случаях говорят о так называемой естественной циркуляции.

К настоящему времени процессы теплообмена при естественной циркуляции внутри обогреваемых труб изучены недостаточно хорошо. Несмотря на то, что её применение имеет ряд важных преимуществ: малый расход энергии на собственные нужды, отсутствие побудителя движения охлаждающей воды [1-5].

Основной целью работы является исследование процесса переноса тепла при естественной циркуляции в круглой трубе. При этом теплообмен происходит при граничных условиях второго рода. Задачей является определение одного из гидродинамических параметров.

Значения коэффициента сопротивления, в общем случае можно найти по формуле [6]:

$$\xi \text{Re} = \frac{8}{s} \int_s \left( \frac{\partial W_x}{\partial N} \right)_{N=0} ds \quad (1)$$

Экспериментальные данные позволяют сделать вывод о несимметричности температурного поля вдоль горизонтальной оси. На следующем графике представлено распределение температуры воды и температуры стенки теплообменника по сечению (Рисунок 1) [7-9]:

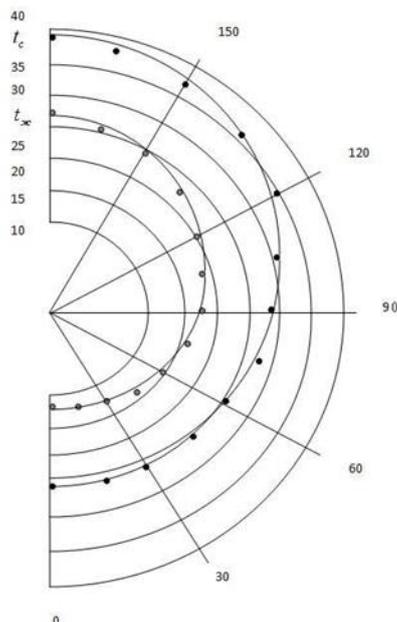


Рисунок 1 – Распределение температур воды и стенки теплообменника по сечению.

В этом случае профиль скорости задан в виде безразмерного уравнения [10, 11]:

$$W_x = 2(1 - R^2) + 4(R^2 - R)\cos(\varphi) \quad (2)$$

где:  $R$  – безразмерный радиус,  $\varphi$  - угол поворота.

Найдём частную производную от скорости:

$$\frac{\partial W_x}{\partial N} = 8R - 8(2R - 1)\cos(\varphi) \quad (3)$$

или:

$$\left(\frac{\partial W_x}{\partial N}\right)_{N=0} = 8 - 16\cos(\varphi) \quad (4)$$

Проинтегрируем выражение (4):

$$\xi \text{Re} = \frac{8}{2\pi} \int_0^{2\pi} (8 - 16\cos\varphi) d\varphi = \frac{4}{\pi} (8\varphi - 16\sin\varphi) \Big|_0^{2\pi} = 64 \quad (5)$$

откуда:

$$\xi \text{Re} = 64 \quad (6)$$

Как видим, безразмерный коэффициент сопротивления такой же, как и при ламинарном течении [12].

В настоящей работе исследован вопрос расчёта сопротивления при естественной циркуляции внутри горизонтальной теплообменной трубы. В ходе математического моделирования получено что, коэффициент сопротивления в случае естественной циркуляции равен коэффициенту сопротивления при течении в круглой трубе при ламинарном течении. Поэтому расчёт в обоих случаях может производиться одинаково.

### Список литературы

1. Мартыненко О.Г., Соковишин Ю.А., «Свободно – конвективный теплообмен»: справочник. Минск: Наука и техника, 1982.
2. Соковишин Ю.А., Мартыненко О.Г., «Введение в теорию свободно – конвективного теплообмена». Л.: изд-во ЛГУ, 1982.
3. Петражицкий Г.Б., Ключников Ф.В., Бекнева Е.В. «Численные исследования свободно-конвективных циркуляционных течений и процессов переноса тепла в замкнутых полостях различной конфигурации». М.: Наука, 1975.
4. Берковский Б.М., Полевиков В.К. «Исследования теплообмена в условиях высокоинтенсивной свободной конвекции». В кн.: Теплообмен-1974. М.: Наука, 1975.
5. Петухов Б. С. и Поляков А. Ф. О влиянии свободной конвекции на теплоотдачу при вынужденном течении в горизонтальной трубе, «Теплофизика высоких температур», 1967, т. 5, № 2.
6. Li, Ji Difference Scheme for Hyperbolic Heat Conduction Equation with Pulsed Heating Boundary. Journal of Thermal Science, 20009. (2) P.152 – 157.
7. Канарейкин А. И. Теплообмен при естественной циркуляции внутри труб теплообменника с вытяжной шахтой при ламинарном течении: дис. канд. техн. наук. Калуга, 2011. 113 с.
8. Канарейкин А. И. Теплообмен при естественной циркуляции внутри труб теплообменника с вытяжной шахтой при ламинарном течении: автореф. дис. канд. техн. наук. Екатеринбург, 2011. 20 с.
9. Мильман О.О., Канарейкин А. И. Исследование теплообмена в области ламинарного течения при естественной циркуляции внутри труб теплообменника с вытяжной шахтой // Вестник Калужского университета. 2008. № 3. С. 9-11.
10. Канарейкин А. И. Решение задачи теплообмена при естественной циркуляции внутри теплообменника с вытяжной шахтой в ламинарной области течения // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. Челябинск, 2009. №11. С.328-333.
11. Канарейкин А. И. Определение коэффициента сопротивления внутри горизонтального теплообменника при естественной циркуляции // В сборнике: Научные труды Калужского государственного университета имени К.Э. Циолковского. Региональная университетская научно-практическая конференция. Сер. "Естественные науки" Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского. 2015. С. 200-202.
12. Петухов Б. С. Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении жидкости в трубах, «Энергия», 1967. 412с.

### References

1. Martynenko O.G., Sokovishin Yu.A., "Free –convective heat transfer": handbook. Minsk: Science and Technology, 1982.
2. Sokovishin Yu.A., Martynenko O.G., "Introduction to the theory of free–convective heat transfer". L.: LSU Publishing House, 1982.

3. Petrazhitsky G.B., Klyushnikov F.V., Bekneva E.V. "Numerical studies of free-convective circulation flows and heat transfer processes in closed spaces of various configurations". Moscow: Nauka, 1975.
  4. Berkovsky B.M., Polevnikov V.K. "Studies of heat transfer in conditions of high-intensity free convection". In: Heat exchange-1974. Moscow: Nauka, 1975.
  5. Petukhov B. S. and Polyakov A. F. On the effect of free convection on heat transfer during forced flow in a horizontal pipe, "High temperature Thermophysics", 1967, vol. 5, No. 2.
  6. Li, Ji Difference Scheme for Hyperbolic Heat Conduction Equation with Pulsed Heating Boundary. Journal of Thermal Science, 20009. (2) pp.152 – 157.
  7. Kanarekin A. I. Heat exchange during natural circulation inside the pipes of a heat exchanger with an exhaust shaft during laminar flow: dis. candidate of Technical Sciences. Kaluga, 2011. p.113
  8. Kanarekin A. I. Heat exchange during natural circulation inside the heat exchanger pipes with an exhaust shaft during laminar flow: abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences. Esa-Edinburgh, 2011. p.20
  9. Milman O.O., Kanareykin A. I. Investigation of heat transfer in the field of laminar flow with natural circulation inside the pipes of a heat exchanger with an exhaust shaft // Bulletin of Kaluga University. 2008. No. 3. pp. 9-11.
  10. Kanareykin A. I. Solving the problem of heat exchange with natural circulation inside a heat exchanger with an exhaust shaft in the laminar flow region // Bulletin of the Chelyabinsk State Pedagogical University. Chelyabinsk, 2009. No. 11. pp. 328-333.
  11. Kanarekin A. I. Determination of the coefficient of resistance inside a horizontal heat exchanger with natural circulation // In the collection: Scientific works of K.E. Tsiolkovsky Kaluga State University. Regional University scientific and practical conference. Ser. "Natural Sciences" Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky.
  12. Petukhov B. S. Heat exchange and resistance during laminar flow of liquid in pipes, Energia, 1967. p. 412
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

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



УДК 536.24

## СРАВНЕНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИИ И ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В ЛАМИНАРНОЙ ОБЛАСТИ ТЕЧЕНИЯ В КРУГЛОЙ ТРУБЕ ПРИ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ВТОРОГО РОДА

**Канарейкин А.И.**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ)», Москва, Россия (117485, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23), e-mail: kanareykins@mail.ru*

Статья посвящена вопросам теплопередачи в круглой трубе. Предметом исследования является процесс теплообмена при естественной конвекции и при естественной циркуляции в круглой трубе. Основной задачей работы является сравнение процессов переноса тепла. Показано их принципиальное физическое отличие. При этом теплообмен происходит при граничных условиях второго рода. Приведены функциональные зависимости безразмерной температуры и числа Нуссельта. Приведённый анализ может быть полезным, как для дальнейших теоретических исследований в данной области, так и для решения практических задач по теплообмену.

Ключевые слова: Теплопередача, естественная конвекция, естественная циркуляция, коэффициент сопротивления, ламинарное течение, температурное поле, тепловой поток, граничное условие второго рода.

## COMPARISON OF THE HEAT EXCHANGE PROCESS UNDER NATURAL CONVECTION AND UNDER NATURAL CIRCULATION IN THE LAMINAR FLOW REGION IN A ROUND TUBE UNDER BOUNDARY CONDITIONS OF THE SECOND KIND

**Kanareykin A. I.**

*Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia (117485, Moscow, Miklukho-Maklaya st., 23), e-mail: kanareykins@mail.ru*

The article is devoted to the issues of heat transfer in a round pipe. The subject of the study is the process of heat exchange during natural convection and natural circulation in a round tube. The main task of the work is to compare the processes of heat transfer. Their fundamental physical difference is shown. In this case, heat exchange occurs under boundary conditions of the second kind. Functional dependences of dimensionless temperature and Nusselt number are given. The above analysis can be useful both for further theoretical research in this field and for solving practical problems of heat exchange.

Keywords: Heat transfer, natural convection, natural circulation, resistance coefficient, laminar flow, temperature field, heat flow, boundary condition of the second kind.

Процессы теплообмена играют исключительную роль в природе и технике. Особую роль играют естественная конвекция и естественная циркуляция. Как известно, под конвекцией теплоты понимается перенос теплоты при перемещении микрочастиц жидкости или газа в пространстве из области с одной температурой в область с другой температурой [1-6]. Конвекция возможна только в текучей среде, в которой перенос теплоты неразрывно связан с переносом самой среды. Если движение жидкости или газа, полностью обусловлено внутренними силами системы, то такое движение называют свободной или естественной конвекцией. Необходимо отметить, что существует и вынужденная или принудительная конвекция, при которой скорость жидкости определяется внешними силами.

Главным же условием свободно конвективного движения является неравномерность распределения плотностей, которая определяется неравномерностью температурного поля.

Если движение не является в чистом виде естественно-конвективным. В таких случаях говорят о так называемой естественной циркуляции.

Принятый термин «естественная циркуляция», а не «естественная конвекция», отражает отличие этих процессов: естественная конвекция развивается в пространстве, где любым градиентом статического давления (кроме гидростатического) можно пренебречь. Естественная циркуляция воды возникает и развивается при наличии небольших градиентов статического давления, определяемых разностью гидростатических давлений, образовавшихся из-за разной плотности воды в окружающей среде и элементах теплообменника и циркуляционной системы. Использование естественной циркуляции дает ряд важных преимуществ: малый расход энергии на собственные нужды, отсутствие побудителя движения охлаждающей воды и, как следствие, отсутствие средств автоматизации, контроля и управления, упрощение схем конденсационных установок и повышение их надежности.

Проведём анализ температурных полей для двух случаев. В случае естественной конвекции температурное поле вдали от входа в трубу описывается уравнением [7]:

$$\theta = \frac{4}{Pe} \frac{x}{d} + \frac{1}{2} R^2 - \frac{1}{8} R^4 - \frac{7}{48} \quad (1)$$

Как видим полученный результат, соответствующий области удаленной от входа в трубу, характеризуется одинаковым законом распределение температуры по радиусу в различных сечениях трубы линейным изменением температуры по длине.

В случае естественной циркуляции [8-10] уравнение безразмерной температуры имеет вид:

$$\theta = \frac{4}{Pe} \frac{x}{d} + \frac{1}{2} R^2 - \frac{1}{8} R^4 - \frac{3}{40} + \left( \frac{1}{8} R^3 - \frac{33}{100} R^2 + \frac{3}{10} \right) \cos \varphi \quad (2)$$

В этом случае температура также характеризуется линейным изменением по длине, но неодинаковым законом распределения температуры по радиусу.

Теперь сравним значения безразмерных чисел, характеризующих эти процессы. Предельное число Нуссельта в случае естественной конвекции равно [11, 12]

$$Nu = \frac{48}{11} \approx 4,36 \quad (3)$$

что говорит о постоянстве числа Нуссельта. В случае естественной циркуляции значение числа  $Nu$  на стенке теплообменника не постоянно и равно

$$Nu = \frac{1}{0,3 - 0,2 \cos \varphi} \quad (4)$$

а среднее значение числа Нуссельта равно

$$Nu = 4,47 \quad (5)$$

Как видим, данное значение близко предельному числу Нуссельта в первом случае (3).

Таким образом в статье было показано принципиальное физическое отличие естественной конвекции от естественной циркуляции. Приведены функциональные зависимости безразмерной температуры и числа Нуссельта. Выявлено, что температура в обоих случаях характеризуется линейным изменением по длине, но неодинаковым законом распределения температуры по радиусу. Приведённый анализ может быть полезным, как для дальнейших теоретических исследований в данной области, так и для решения практических задач по теплообмену.

### Список литературы

1. Мартыненко О.Г., Соковишин Ю.А., «Свободно – конвективный теплообмен»: справочник. Минск: Наука и техника, 1982.
2. Соковишин Ю.А., Мартыненко О.Г., «Введение в теорию свободно – конвективного теплообмена». Л.: изд-во ЛГУ, 1982.
3. Петражицкий Г.Б., Ключников Ф.В., Бекнева Е.В. «Численные исследования свободно-конвективных циркуляционных течений и процессов переноса тепла в замкнутых полостях различной конфигурации». М.: Наука, 1975.
4. Берковский Б.М., Полевиков В.К. «Исследования теплообмена в условиях высокоинтенсивной свободной конвекции». В кн.: Теплообмен-1974. М.: Наука, 1975.
5. Петухов Б. С. и Поляков А. Ф. О влиянии свободной конвекции на теплоотдачу при вынужденном течении в горизонтальной трубе, «Теплофизика высоких температур», 1967, т. 5, № 2.
6. Li, Ji Difference Scheme for Hyperbolic Heat Conduction Equation with Pulsed Heating Boundary. Journal of Thermal Science, 20009. (2) P.152 – 157.
7. Петухов Б. С. Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении жидкости в трубах, «Энергия», 1967. 412с.
8. Канарейкин А. И. Теплообмен при естественной циркуляции внутри труб теплообменника с вытяжной шахтой при ламинарном течении: дис. канд. техн. наук. Калуга, 2011. 113 с.
9. Канарейкин А. И. Теплообмен при естественной циркуляции внутри труб теплообменника с вытяжной шахтой при ламинарном течении: автореф. дис. канд. техн. наук. Екатеринбург, 2011. 20 с.

Канарейкин А.И. Сравнение процесса теплообмена при естественной конвекции и при естественной циркуляции в ламинарной области течения в круглой трубе при граничных условиях второго рода // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2023. – Т. 8 № 5(31) ч.1 с. 85–89

10. Мильман О.О., Канарейкин А. И. Исследование теплообмена в области ламинарного течения при естественной циркуляции внутри труб теплообменника с вытяжной шахтой // Вестник Калужского университета. 2008. № 3. С. 9-11.
11. Канарейкин А. И. Решение задачи теплообмена при естественной циркуляции внутри теплообменника с вытяжной шахтой в ламинарной области течения // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. Челябинск, 2009. №11. С.328-333.
12. Канарейкин А. И. Определение коэффициента сопротивления внутри горизонтального теплообменника при естественной циркуляции // В сборнике: Научные труды Калужского государственного университета имени К.Э. Циолковского. Региональная университетская научно-практическая конференция. Сер. "Естественные науки" Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского. 2015. С. 200-202.

## References

1. Martynenko O.G., Sokovishin Yu.A., "Free –convective heat transfer": handbook. Minsk: Science and Technology, 1982.
2. . Sokovishin Yu.A., Martynenko O.G., "Introduction to the theory of free–convective heat transfer". L.: LSU Publishing House, 1982.
3. Petrazhitsky G.B., Klyushnikov F.V., Bekneva E.V. "Numerical studies of free-convective circulation flows and heat transfer processes in closed spaces of various configurations". Moscow: Nauka, 1975.
4. Berkovsky B.M., Polevnikov V.K. "Studies of heat transfer in conditions of high-intensity free convection". In: Heat exchange-1974. Moscow: Nauka, 1975.
5. Petukhov B. S. and Polyakov A. F. On the effect of free convection on heat transfer during forced flow in a horizontal pipe, "High temperature Thermophysics", 1967, vol. 5, No. 2.
6. Li, Ji Difference Scheme for Hyperbolic Heat Conduction Equation with Pulsed Heating Boundary. Journal of Thermal Science, 20009. (2) pp.152 – 157.
7. Petukhov B. S. Heat exchange and resistance during laminar flow of liquid in pipes, Energia, 1967 p.412
8. Kanarekin A. I. Heat exchange during natural circulation inside the pipes of a heat exchanger with an exhaust shaft during laminar flow: dis. candidate of Technical Sciences. Kaluga, 2011 p.113
9. Kanarekin A. I. Heat exchange during natural circulation inside the heat exchanger pipes with an exhaust shaft during laminar flow: abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences. Esa-Edinburgh, 2011 p.20
10. Milman O.O., Kanareykin A. I. Investigation of heat transfer in the field of laminar flow with natural circulation inside the pipes of a heat exchanger with an exhaust shaft // Bulletin of Kaluga University. 2008. No. 3. pp. 9-11.
11. Kanareykin A. I. Solving the problem of heat exchange with natural circulation inside a heat exchanger with an exhaust shaft in the laminar flow region // Bulletin of the Chelyabinsk State Pedagogical University. Chelyabinsk, 2009. No. 11. pp. 328-333.

Канарейкин А.И. Сравнение процесса теплообмена при естественной конвекции и при естественной циркуляции в ламинарной области течения в круглой трубе при граничных условиях второго рода // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2023. – Т. 8 № 5(31) ч.1 с. 85–89

---

12. Kanarekin A. I. Determination of the coefficient of resistance inside a horizontal heat exchanger with natural circulation // In the collection: Scientific works of K.E. Tsiolkovsky Kaluga State University. Regional University scientific and practical conference. Ser. "Natural Sciences" Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky. 2015. pp. 200-202.
-



УДК 621.45.04

## ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНОГО СУДНА

**Криксин М.Ю., Клишин А.Н., Соколов О.А.**

*ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова", Санкт-Петербург, Россия (196210, город Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д.38) e-mail: k.travkin2017@yandex.ru*

---

**В данной статье рассмотрены элементы электрооборудования топливной системы воздушного судна, а также с какой целью они используются на борту воздушного судна.**

---

Ключевые слова: Электрооборудование, топливная система, топливный бак, топливные насосы, системы управления топливом, системы безопасности, системы фильтрации.

## ELECTRICAL EQUIPMENT OF THE AIRCRAFT FUEL SYSTEM

**Kriksin M.Y., Klishin A.N., Sokolov O.A.**

*St. Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A.A. Novikov, St. Petersburg, Russia (196210, St. Petersburg, Pilotov str., 38) e-mail: k.travkin2017@yandex.ru*

---

**This article discusses the elements of electrical equipment of the aircraft fuel system, as well as for what purpose they are used on board the aircraft.**

---

Keywords: Electrical equipment, fuel system, fuel tank, fuel pumps, fuel management systems, security systems, filtration systems.

### Введение

Воздушный транспорт является важным средством перемещения в современном мире. Система топливного обеспечения самолета играет ключевую роль в безопасной и эффективной эксплуатации воздушных судов. Одним из важных компонентов системы является электрооборудование, которое обеспечивает безопасную и надежную работу топливной системы самолета. В этой статье мы рассмотрим основные компоненты электрооборудования топливного обеспечения самолета и их роль в работе всей системы.

### Топливный бак

Топливный бак является одним из ключевых компонентов системы топливного обеспечения самолета. Он может быть выполнен из различных материалов, таких как алюминий, композиты, нержавеющая сталь и другие, в зависимости от требований к весу и прочности. Топливный бак может также иметь различные системы контроля уровня топлива, такие как датчики уровня топлива, которые позволяют эксплуатационному персоналу контролировать количество топлива в баке.

Датчик уровня топлива в баке является важным элементом электрооборудования топливной системы самолета. Он может быть механическим, электронным или оптическим. Эти датчики контролируют уровень топлива и передают информацию на приборную панель, где пилоты могут видеть информацию о количестве топлива и его расходе.

### **Топливные насосы**

Топливные насосы обеспечивают откачивание топлива из бака в двигатель. Существуют различные типы топливных насосов, включая механические и электрические. Электрические насосы работают от электрической сети самолета и могут иметь различные конструктивные решения, например, использование крыльчатки, которая откачивает топливо в направлении двигателя. Важным элементом электрооборудования топливной системы являются электрические двигатели, которые используются в работе топливных насосов. Эти двигатели могут быть различной мощности и конструкции, в зависимости от типа самолета и его потребностей.

### **Системы управления топливом**

Системы управления топливом обеспечивают оптимизацию расхода топлива в зависимости от условий полета. Существует несколько различных методов управления топливом, таких как механическое, гидравлическое и электронное управление.

Механическое управление топливом обеспечивается при помощи механизмов, которые регулируют подачу топлива в двигатель. Гидравлическое управление использует системы гидравлики для регулирования подачи топлива в двигатель. Электронное управление является наиболее распространенным и использует электронные системы управления для оптимизации расхода топлива в зависимости от текущей ситуации полета.

### **Системы фильтрации**

Системы фильтрации играют важную роль в обеспечении безопасной и эффективной работы топливной системы самолета. Они помогают удалять загрязнения из топлива и предотвращать возможные поломки двигателя.

Системы фильтрации могут быть различной степени проработки, в зависимости от требований к чистоте топлива и размера частиц, которые должны быть удалены из топлива. Существуют различные типы фильтров, такие как механические, химические и электронные.

### **Системы безопасности**

Системы безопасности являются важным элементом электрооборудования топливной системы самолета. Они предназначены для предотвращения утечки топлива и минимизации рисков для пассажиров и экипажа в случае аварийных ситуаций.

Системы безопасности могут включать различные устройства и механизмы, такие как системы предотвращения утечки топлива, системы аварийного отключения топлива и другие. В случае аварийной ситуации, система аварийного отключения топлива автоматически прекращает подачу топлива в двигатель, что помогает предотвратить распространение возгорания или взрыва.

### **Новые технологии**

Развитие новых технологий играет важную роль в совершенствовании системы топливного обеспечения самолета. Одним из главных направлений развития является повышение эффективности использования топлива и уменьшение вредных выбросов.

Существуют различные новые технологии, которые могут помочь достичь этих целей. Например, системы рекуперации тепла и энергии могут использоваться для сбора и использования отходящей тепловой и электрической энергии, что позволяет сократить.

### **Потребление топлива**

Также существуют новые материалы и технологии, которые могут улучшить работу системы топливного обеспечения. Например, новые материалы могут быть использованы для создания более легких и прочных топливных баков, что позволит уменьшить вес самолета и повысить его эффективность.

### **Заключение**

В данной статье мы рассмотрели основные компоненты электрооборудования топливного обеспечения самолета, такие как топливный бак, топливные насосы, системы управления топливом, системы фильтрации и системы безопасности. Каждый из этих компонентов играет важную роль в обеспечении безопасной и надежной работы топливной системы самолета.

Кроме того, мы рассмотрели различные новые технологии и материалы, которые могут помочь повысить эффективность и безопасность системы топливного обеспечения. Однако, важно помнить, что внедрение новых технологий и материалов должно быть сопровождено тщательными исследованиями и испытаниями, чтобы обеспечить безопасность и надежность работы топливной системы самолета.

Развитие новых технологий и улучшение существующих систем топливного обеспечения помогут повысить эффективность использования топлива и обеспечить более безопасную эксплуатацию воздушных судов.

### **Список литературы**

1. Брускин Д.Э. Самолеты с полностью электрифицированным оборудованием. Сер. Электрооборудование транспорта. - Т. 6 / Д.Э. Брускин, С.И. Зубакин. - М.: ВИНТИ, 1986. - 108 с. [ \bruskin-de-elektricheskie-mashiny-i-mikromashiny\_9c92bea891c.html ]
2. Злочевский В.С. Системы электроснабжения пассажирских самолетов . - М.: Машиностроение, 1971. - 376 с. [ \perspektivnye-sistemy-elektrosnabzheniya-samoleta-s-polnostyu-elektrifitsirovannym-oborudovaniem.htm ]
3. Мойр И. Военные системы авионики /. [ \Авионика.htm ]
4. Берестов В.М. Алгоритм управления многоуровневым инвертором напряжения/ В.М. Берестов, С.А. Харитонов//Электротехника. - 2006. - № 10. - С. 41-45. [ \SVPWM\_Berestov.pdf ]
5. Бородин Н.И. Анализ электромагнитных процессов в системе “Магнитоэлектрический генератор-циклоконвертор”/Н.И.Бородин, С.А. Харитонов // Научный вестник НГТУ.

- 2003. - № 1 (14). - С. 113-150. [elektromagnitnye-sistemy-i-sredstva-prednamerennogo-vozdeystviya-na-fizicheskie-i-biologicheskie-obekty.htm ]

6. Результаты разработки системы генерирования электрической энергии типа “Переменная скорость - постоянная частота” на базе синхронного генератора и инверторов напряжения/А.В.Левин, М.М.Юхнин, Э.Я.Лившиц и др.//Силовая интеллектуальная электроника. - 2007. - №1 (7). - С.17-21. [ \sistema-generirovaniya-elektricheskoi-energii-peremennogo-toka-peremennoi-chastoty-dlya-leta.htm ]

## References

1. Bruskin D.E. Aircraft with fully electrified equipment. Ser. Electrical equipment of transport. - Vol. 6 / D.E. Bruskin , S.I. Zubakin. - M.: VINITI, 1986. - p.108 [bruskin-de-elektricheskie-mashiny-i-mikromashiny\_9c92bea891c.html ]
  2. Zlochevsky V.S. Passenger aircraft power supply systems. - M.: Mashinostroenie, 1971. - p.376 [ \perspektivnye-sistemy-elektrosnabzheniya-samoleta-s-polnostyu-elektrofitsirovannym-oborudovaniem.htm ]
  3. Moir I. Military Avionics Systems/ I. Moir, A. Seabridge. - John Wiley & Sons Ltd.: 2006. - p. 520 [Авионика.htm ]
  4. Berestov V.M. Algorithm for controlling a multilevel voltage inverter/ V.M. Beretov, S.A. Kharitonov // Electrical Engineering. - 2006. - No. 10. - pp. 41-45. [ \SVPWM\_Berestov.pdf ]
  5. Borodin N.I. Analysis of electromagnetic processes in the system “Magnetolectric generator-cycloconverter” / N.I. Borodin, S.A. Kharitonov // Scientific Bulletin of NSTU. - 2003. - № 1 (14). - pp. 113-150. [elektromagnitnye-sistemy-i-sredstva-prednamerennogo-vozdeystviya-na-fizicheskie-i-biologicheskie-obekty.htm]
  6. Results of the development of a system for generating electric energy of the “Variable speed - constant frequency” type based on a synchronous generator and voltage inverters / A.V. Levin, M.M. Yukhnin, E.Ya. Livshits et al. // Power intelligent electronics. - 2007. - №1 (7). - pp 17-21. [ \sistema-generirovaniya-elektricheskoi-energii-peremennogo-toka-peremennoi-chastoty-dlya-leta.htm].
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 621

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ И ДЕЙСТВИЙ КОМПЛЕКСА РЗА ТЭЦ 12 МВт

**Биткулов К.Р., Зализная Е.А., Зализный С.А., Умурзаков Д.Д.**  
*ФГБОУ ВО "Национальный Исследовательский Университет" МЭИ", Москва, Россия (111250, Москва, Красноказарменная ул, д. 14, стр. 1), e-mail: madamliza2@yandex.ru*

В данной статье произведён анализ работы разработанного комплекса релейной защиты и автоматики (РЗА) при различных видах коротких замыканий, построены временные диаграммы, показывающие хронологию процессов, происходящих при возникновении повреждения. Были рассмотрены короткие замыкания в трёх разных точках защищаемого объекта, в том числе случаи отказа определённых выключателей. Для всех рассмотренных случаев работой комплекса РЗА повреждение успешно локализуется и ликвидируется.

Ключевые слова: Анализ, воздушная линия, релейная защита, короткое замыкание, энергетика.

## INVESTIGATION OF SHORT-CIRCUIT MODES AND ACTIONS OF THE RZA CHPP 12 MW COMPLEX

**Bitkulov K.R., Zalznaya E.A., Zalizny S.A., Umurzakov D.D.**  
*National Research University MPEI, Moscow, Russia (111250, Moscow, Krasnokazarmennaya street, 14, bldg. 1), e-mail: madamliza2@yandex.ru*

This article analyzes the operation of the developed relay protection and automation complex (RPA) for various types of short circuits, time diagrams are constructed showing the chronology of processes occurring when damage occurs. Short circuits at three different points of the protected object were considered, including cases of failure of certain switches. For all the considered cases, the damage is successfully localized and eliminated by the operation of the RPA complex.

Keywords: Analysis, overhead line, relay protection, short circuit, power engineering.

Комплекс релейной защиты и автоматики разрабатывается для объекта генерации — малой теплоэлектростанции (ТЭЦ) с двумя генераторами мощностью по 6 МВт. ТЭЦ имеет неблочную компоновку, оба турбогенератора подключены к генераторному распределительному устройству (ГРУ) 10,5 кВ. Мощность с ГРУ выдаётся в двух направлениях: через трансформаторы связи 110/10 кВ на шины высшего напряжения проектируемой станции, и через фидеры 10 кВ к распределительным пунктам местной кабельной сети. При этом значительная часть мощности (более 40 % во время пика графика нагрузки) выдаётся именно на местную нагрузку, что в целом характерно для тепловых электростанций

теплофикационного типа. От шин высшего напряжения отходят три достаточно протяжённые воздушные линии, две из которых являются параллельными и связывают электростанцию с ЭЭС 110 кВ, а третья питает сосредоточенную электрическую нагрузку, потребляющую 35 % мощности, выдаваемой в сеть 110 кВ. Связь между РУ высшего и низшего напряжений обеспечивается двумя двухобмоточными трансформаторами, работающими параллельно.

Разработка комплекса РЗА будет осуществляться в соответствии с [1] и [2].

Проектируемая электростанция должна быть оборудована устройствами релейной защиты и автоматики, предназначенными для:

- автоматического отключения поврежденного элемента от остальной, неповрежденной части электрической сети с помощью выключателей (если повреждение непосредственно не нарушает работу электрической системы, допускается действие РЗ только на сигнал);
- реагирования на ненормальные режимы работы элементов электрической системы (перегрузки, повышения напряжения); в зависимости от режима работы и условий эксплуатации электроустановки релейная защита должна быть выполнена с действием на сигнал или на отключение тех элементов, оставление которых в работе может привести к возникновению повреждения.

На основе методик расчета уставок и руководств по эксплуатации выбранных МПТ РЗА [3], а также руководящих указаний по релейной защите были рассчитаны: основная продольная дифференциальная защита генератора, основная дифференциально-фазная защита параллельных линий, а также резервные дистанционные защиты для всех воздушных линий (ВЛ) 110 кВ. Для защит определены уставки и характеристики срабатывания, а также оценена чувствительность к КЗ в расчетных точках [4]. Полученные уставки соответствуют диапазонам параметров срабатывания выбранных микропроцессорных терминалов и требованиям чувствительности по нормативно-технической документации.

На основании требуемых функций РЗА необходимо выбрать модели МПТ для защиты каждого объекта. В данной работе рассматриваются терминалы компаний НТЦ «Механотроника» и ООО НПП «ЭКРА». Выбор шкафов и терминалов представлен в Таблице 1.

Таблица 1 – Выбор терминалов для защиты объектов ПС

Защищаемый объект	Шкаф защиты	Функции
1	2	3
Генератор	БМРЗ-ГР-52	ДЗГ
		МТЗ с ПОН
		ЗОЗЗ
Трансформатор	ШЭ 2607 048	ДЗТ
		МТЗ с ПОН
		Газовая защита
		ТЗОП
		ТЗНП
Шины 110 кВ	ШЭ 2607 051	ДЗШ

Продолжение таблицы		
1	2	3
ВЛ 110 кВ	ШЭ-МТ-053 (с терминалом БМРЗ-ДФЗ-51) + ШЭ-МТ-055 (с терминалом БМРЗ-ЛТ-62)	ДФЗ + КСЗ
ШСВ 110 кВ	ШЭ 2607 015	КСЗ (МТЗ и ТЗНП)
Вводные выключатели	БЭ2502А0303	ЗДЗ
		ЗМН
		УРОВ
		АУВ
Секционные выключатели РУ 10 кВ	БЭ2502А0201	МТЗ
		ЗДЗ
		АВР
		УРОВ
		НДЗШ
		АУВ
КЛ 10 кВ	БЭ2502А0101	МТЗ
		ЗДЗ
		УРОВ
		ЗОЗЗ
		АУВ

На Рисунке 1 представлена анализируемая схема спроектированной сети с размещением точек КЗ и подписанными наименованиями элементов. Для данного исследования было принято, что системы шин на РУ ВН работают в раздельном режиме — одна из них является рабочей, а вторая резервной, на рисунке указано соответствующее положение разъединителей. Секции шин РУ НН опытной ТЭЦ также разделены, что обуславливается ограничением токов КЗ.





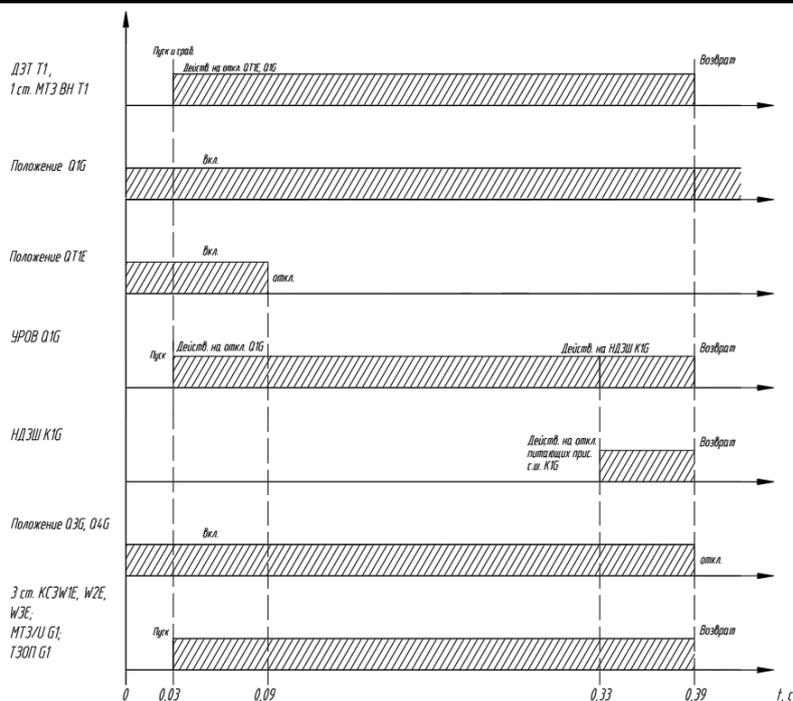


Рисунок 3 – Двухфазное КЗ в точке К2

Рассмотрено трехфазное КЗ в конце отходящей от КРУ НН кабельной линии CL1G при отказе выключателя присоединения Q2G. Временные диаграммы представлены на Рисунке 4. В момент времени  $t = 0,03$  с происходит пуск и срабатывание без выдержки времени первой ступени МТЗ кабельной линии, защита подает команду на отключение своего выключателя Q1G. Параллельно пускаются резервные защиты: МТЗ с ПОН генератора G1, МТЗ НН трансформатора Т1, МТЗ реактора LR1 в питающей линии собственных нужд. Пускается УРОВ, дублирует действие РЗ на отключение Q1G. УРОВ начинает набирать выдержку времени  $t_{уров} = 0,3$  с.

Через 0,06 с отключение Q1G не происходит, выключатель неисправен.

Выдержка времени УРОВ несработавшего выключателя истекает в момент времени  $t = 0,33$  с, и тогда УРОВ действует через выходные реле ЛЗШ К1G на отключение питающих присоединений секции К1G КРУ НН — на выключатели Q1G, Q3G и Q4G. Спустя 0,06 с выключатели отключаются, повреждение ликвидировано.

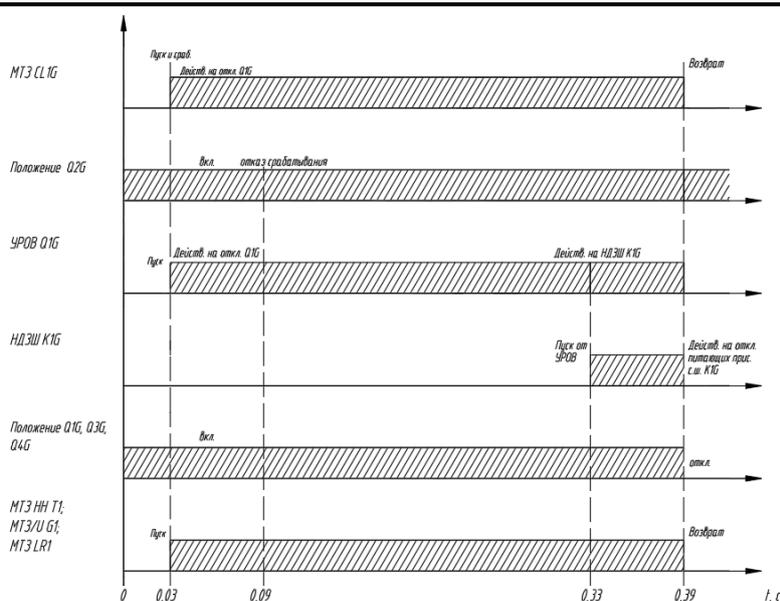


Рисунок 4 – Трехфазное КЗ в точке К3

## Список литературы

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). — 7-е изд. Глава 3.2, раздел 3. — М. : Ростехнадзор, 2010. — 411 с.
2. СТО «Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35–750 кВ (НТП ПС)» № 56947007-29.240.10.248-2017
3. СТО ДИВГ.648228. .080-14.03 РЭ1. Блок микропроцессорный релейной защиты БМРЗ-ДФЗ-51. Руководство по эксплуатации. СПб.: НТИЦ Механотроника, 2020.
4. А.М. Федосеев, М.А. Федосеев, Релейная защита электроэнергетических систем: Учебное пособие для вузов. — 2-е издание, переработанное и дополненное, М., Энергоатомиздат, 1992.

## References

1. Pravila ustrojstva elektroustanovok (PUE). — 7-e izd. Glava 3.2, razdel 3. — M.: Rostekhnadzor, 2010. — p.411
2. STO «Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya podstancij peremennogo toka s vysshim napryazheniem 35–750 kV (NTP PS)» № 56947007-29.240.10.248-2017.
3. STO DIVG.648228. .080-14.03 RE1. Blok mikroprocessornyj relejnoj zashchity BMRZ-DFZ-51. Rukovodstvo po ekspluatácii. SPb.: NTC Mekhanotronika, 2020.
4. A.M. Fedoseev, M.A. Fedoseev, Relejnaya zashchita elektroenergeticheskikh sistem: Uchebnoe posobie dlya vuzov. — 2-e izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe, M., Energoatomizdat, 1992.



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 621

## ПРИМЕНЕНИЕ СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ СПРОСОМ И ИНТЕГРАЦИИ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА ДЛЯ СРЕЗАНИЯ ПИКОВ НАГРУЗКИ

**Биткулов К.Р., Зализная Е.А., Зализный С.А., Умурзаков Д.Д.**

*ФГБОУ ВО "Национальный Исследовательский Университет" МЭИ", Москва, Россия (111250, Москва, Красноказарменная ул, д. 14, стр. 1), e-mail: madamliza2@yandex.ru*

В статье был представлен обзор литературы по стратегиям срезания пиков нагрузки. Детально рассматривались стратегии управления спросом и интеграция электротранспорта в электрическую сеть. Также в обзор были включены предположения о возможных вызовах и будущих исследований по направлению каждой из стратегий.

Ключевые слова: Срезание пиков, управление спросом, электромобили, энергетика.

## APPLICATION OF DEMAND MANAGEMENT STRATEGIES AND INTEGRATION OF ELECTRIC VEHICLES TO CUT OFF LOAD PEAKS

**Bitkulov K.R., Zalznaya E.A., Zalizny S.A., Umurzakov D.D.**

*National Research University MPEI, Moscow, Russia (111250, Moscow, Krasnokazarmennaya street, 14, bldg. 1), e-mail: madamliza2@yandex.ru*

The article presented a review of the literature on strategies for cutting off load peaks. Demand management strategies and integration of electric transport into the electric grid were considered in detail. The review also included assumptions about possible challenges and future research in the direction of each of the strategies.

Keywords: Peak cutting, demand management, electric vehicles, energy.

### Введение

Электрическая нагрузка меняется в течение дня. Ключевой задачей электроэнергетических удовлетворение изменяющегося спроса, особенно в периоды пиковых нагрузок [1]. С каждым днем спрос на электроэнергию возрастает, что связано с увеличением числа пользователей электрической сети. Постоянный рост пиковой нагрузки ведет к увеличению цены на электроэнергию и повышению вероятности перебоев электроснабжения. Таким образом, баланс производства и потребления электроэнергии становится одной из важнейших задач [2,3]. Для удовлетворения максимальной нагрузки обычно используются пиковые электростанции небольшой мощности. Для этих целей в изолированных системах также часто используются дизельные генераторы [4]. Однако такие типы электроустановок характеризуются высокими затратами на эксплуатацию и обслуживание [5]. Поскольку пиковые электроустановки работают только вы часы максимальных нагрузок, для

удовлетворения пикового спроса могут использоваться и старые установки с низкой эффективностью. Хотя капитальные затраты на такие установки не велики, затраты на их эксплуатацию значительны. Для окупаемости использования таких электроустановок цена на электроэнергию в часы пиковых нагрузок возрастает. Таким образом срезание пиковой нагрузки становится актуальной темой для исследований. Срезание пиков – это способ выравнивания графика нагрузки путем переноса части потребления из областей пиков в области минимальных нагрузок [6]. В последнее время наблюдается рост числа исследований, посвящённых срезанию пиков. В настоящей статье рассматриваются две распространённые стратегии переноса пиков нагрузки:

- интеграция электротранспорта в электрическую сеть;
- управление спросом.

В этом исследовании представлен обзор различной литературы, освещающих срезание пиков. По две передоложенным категориям распределены различные подходы, предложенные предыдущими исследователями. Новизна этой работы состоит в рассмотрении проблем и перспективных направлениях дальнейших исследований, связанных с распределением нагрузки. Статья структурирована следующим образом:

- преимущества срезания пиков для поставщиков и потребителей электроэнергии;
- обзор методик управления спросом и связанных с этим проблем;
- обзор методов интеграции электротранспорта в электрическую сеть для срезания пиков.

### **Срезание пиков с использованием электротранспорта**

В наши дни электротранспорт еще недостаточно широко распространен. Однако ожидается, что со временем его популярность увеличится, что связано с мировым трендом на сокращения потребления ископаемого топлива. Обычно накопленная в электромобилях энергия не используется полностью, что позволяет этой технологии обладать потенциалом для срезания пиков. В [7] предложена эффективная стратегия использования энергии транспортных средств для срезания пиков. Для максимизации использования батарей был предложен метод использования динамической скорости разряда.

Управление электротранспортом в составе сети является непростой задачей. В [8] Представлена методика такого управления для снижения пиковой нагрузки. Группа авторов [9] предложила схему распределительной подстанции, позволяющей электротранспорту выступать в качестве источников энергии в периоды пикового спроса. С помощью ПО «MATLAB» была составлена и испытана модель такой подстанции. Результаты моделирования показали, что срезание пиков обеспечивалось в течении коротких промежутков времени.

Вызовы, связанные с использованием электротранспорта для срезания пиков:

- Основной проблемой является низкая доступность электротранспорта для их применения в стратегии, так как электромобили еще не получили широкого распространения;

- Нежелание владельцев транспортных средств передавать управление ими третьей стороне на фоне необходимости в большом числе электромобилей для реализации стратегией может стать еще одной проблемой;
- Синхронизировать процесс зарядки и разрядки большого количества электромобилей довольно сложно;
- В связи с низкой распространённостью электромобилей в настоящее время наблюдается не достаточное количество парковочных мест для реализации стратегии, а высокая плотность застройки городов может препятствовать сооружению новых парковочных мест.

Можно выделить следующие направления будущих исследований, связанных с этой стратегией:

- Наибольшие преимущества от использования электротранспорта для срезания пиков может наблюдаться в небольших изолированных сетях. Необходимо провести исследования для выявления максимального преимущества для такого подхода;
- Дополнительные исследования могут потребоваться для разработки алгоритмов, которые позволят синхронизировать процессы заряда и разряда большого числа электромобилей.

### **Срезание пиков с использованием стратегии управления спросом**

С точки зрения электроэнергетики, управление является программой, способной мотивировать потребителей балансировать их потребление с возможностями системы электроснабжения. Можно выделить две основные части управления спросом.

Энергоэффективность можно определить как способность предоставить лучшие услуги за счет меньших затрат энергии [10].

Управление спросом подразумевает изменение нагрузки потребителями за денежное вознаграждение в периоды высоких рыночных цен на электроэнергию или когда надежность системы находится под угрозой.

Часто управление спросом используется для срезания нагрузки. Ожидается, что управление спросом станет стандартной практикой при эксплуатации сетей [11]. Обзор различных программ управления спросом может быть найден в [12]. Некоторые из этих программ предоставляют большие возможности для урегулирования аварийных ситуаций в периоды пикового спроса [13]. Преимущества программ рассматриваются в [14]. В [15] приведен пример реализации одной из программ для срезания пиков.

В различных работах предлагаются разные методы управления спросом, позволяющие добиться максимальной эффективности при срезании пиков. В [16] срезание пиков достигается с использованием анализа скачков мощности. Коллектив авторов статьи [17] провел исследование методов управления спросом и разделил бытовую технику на контролируемую и неконтролируемую. С помощью беспроводной связи контролируемые приборы можно дистанционно отключать от сети. При этом эти приборы могут автоматически управляться на основе прогнозирования нагрузки. В [18] продемонстрировано снижение пиковой нагрузки с использованием метода time-of-use (TOU).

К вероятным вызовам, связанным с управлением спросом можно отнести следующие:

- Потребители могут быть не готовы переносить активную деятельность с пикового периода на непиковый;
- Реализация программ управления спросом может повлиять на уровень комфорта потребителей;
- Управление спросом предполагает наличие передовых систем учета и связи, доступ к которым есть не везде;
- За счет внедрения методов управления спросом будет увеличиваться сложность работы энергосистемы.

### **Направления дальнейших исследований**

Среди направлений будущих исследований по теме управления спросом можно выделить следующие:

- Применение системы управления энергопотреблением «умного дома» для управления спросом. Это уменьшит зависимость управления спросом от готовности потребителей на участие в программе;
- Преимущество СНЭ над программами управления спросом с точки зрения потребителей состоит в том, что применение систем накопления энергии позволяют им снижать пиковую нагрузку и при этом не менять распорядок использования электроприборов. По этой причине в будущих исследованиях следует затронуть тему комбинированной работы СНЭ и программ управления спросом.

### **Заключение**

В работе был произведен обзор различных стратегий срезания пиков нагрузки, предложенных предыдущими исследователями. В ходе обзора были выявлены три основные стратегии – управление спросом, применение СНЭ и интеграция электротранспорта в сеть. В статье освещались исследования и существующие проекты срезания пиков. Для каждой стратегии существуют уникальные вызовы, которые необходимо преодолеть, из-за чего они требуют дополнительных исследований. Однако в статье не рассматривался еще одна перспективная стратегия срезания пиков, заключающаяся в использовании комбинированной энергии возобновляемых источников.

### **Список литературы**

1. Mehta RM VK. Principles of Power System. 4th ed. New Delhi: S. Chand; 2005.
2. Rahimi A, Zarghami M, Vaziri M, Vadhva S. A simple and effective approach for peak load shaving using Battery Storage Systems. In: Proceedings of the North American Power Symposium, IEEE; 2013. p. 1-5.
3. Chua KH, Lim YS, Morris S. Energy storage system for peak shaving. Int J Energy Sect Manag 2016;10:3–18.
4. Palamar A, Pettai E, Beldjajev V. Control system for a diesel generator and ups based microgrid. Sci J Riga Tech Univ Power Electr Eng 2010;26:48–53.
5. Chua KH, Lim YS, Morris S. Battery energy storage system for peak shaving and voltage unbalance mitigation. Int J Smart Grid Clean Energy 2013;514:357–63.

6. Nourai A, Kogan V, Schafer CM. Load leveling reduces T & D line losses. *IEEE Trans Power Deliv* 2008;23:2168–73.
7. Alam MJE, Muttaqi KM, Sutanto D. A controllable local peak-shaving strategy for effective utilization of PEV battery capacity for distribution network support. *IEEE Trans Ind Appl* 2015;51:2030–7.
8. Wang Z, Wang S. Grid power peak shaving and valley filling using vehicle-to-grid systems. *IEEE Trans Power Deliv* 2013;28:1822–9.
9. Mägi M. Utilization of electric vehicles connected to distribution substations for peak shaving of utility network loads. *Electr Control Commun Eng* 2013;2:47–54
10. AEIC Load Research Committee. Demand Response Measurement and Verification: Applications for Load Research. Association of Edison Illuminating Companies (AEIC); 2009.
11. Balijepalli VM, Pradhan V, Khaparde S, Shereef R. Review of demand response under smart grid paradigm In: Proceedings of the IEEE conference on innovative smart grid technologies-India, IEEE; 2011. p. 236-43.
12. Paterakis NG, Erdinç O, Catalão JP. An overview of demand response: key-elements and international experience. *Renew Sustain Energy Rev* 2017;69:871–91.
13. Farsadi M, Dizaji TS, Hosseinejad H. Loss reduction benefit and voltage profile improvement by considering demand response and capacitor. *IU-J Electr Electron Eng* 2016;16:3007–15.
14. Chakrabarti B, Bullen D, Edwards C, Callaghan C. Demand response in the New Zealand electricity market. In: Proceedings of the transmission and distribution conference and exposition, IEEE; 2012. p. 1-7.
15. Cichy M, Beigelböck B, Eder K, Judex F. Demand response of large residential buildings-a case study from Seestadt Aspern. In: Proceedings of the 42nd annual conference of the IEEE industrial electronics society, 2016.IEEE, p. 3936–41.
16. Rozali NEM, Alwi SRW, Manan ZA, Klemeš JJ. Peak-off-peak load shifting for hybrid power systems based on Power pinch analysis. *Energy* 2015;90:128–36.
17. Tascikaraoglu A, Boynuegri A, Uzunoglu M. A demand side management strategy based on forecasting of residential renewable sources: a smart home system in Turkey. *Energy Build* 2014;80:309–20.
18. Ashok S. Peak-load management in steel plants. *Appl Energy* 2006;83:413–24. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). — 7-е изд. Глава 3.2, раздел 3. — М. : Ростехнадзор, 2010. — 411 с.

## References

1. Mehta RM VK. Principles of Power System. 4th ed. New Delhi: S. Chand; 2005.
2. Rahimi A, Zarghami M, Vaziri M, Vadhva S. A simple and effective approach for peak load shaving using Battery Storage Systems. In: Proceedings of the North American Power Symposium, IEEE; 2013. pp. 1-5.
3. Chua KH, Lim YS, Morris S. Energy storage system for peak shaving. *Int J Energy Sect Manag* 2016;10:3–18.
4. Palamar A, Pettai E, Beldjajev V. Control system for a diesel generator and ups based microgrid. *Sci J Riga Tech Univ Power Electr Eng* 2010;26:48–53.

5. Chua KH, Lim YS, Morris S. Battery energy storage system for peak shaving and voltage unbalance mitigation. *Int J Smart Grid Clean Energy* 2013;514:357–63.
  6. Nourai A, Kogan V, Schafer CM. Load leveling reduces T & D line losses. *IEEE Trans Power Deliv* 2008;23:2168–73.
  7. Alam MJE, Muttaqi KM, Sutanto D. A controllable local peak-shaving strategy for effective utilization of PEV battery capacity for distribution network support. *IEEE Trans Ind Appl* 2015;51:2030–7.
  8. Wang Z, Wang S. Grid power peak shaving and valley filling using vehicle-to-grid systems. *IEEE Trans Power Deliv* 2013;28:1822–9.
  9. Mägi M. Utilization of electric vehicles connected to distribution substations for peak shaving of utility network loads. *Electr Control Commun Eng* 2013;2:47–54
  10. AEIC Load Research Committee. Demand Response Measurement and Verification: Applications for Load Research. Association of Edison Illuminating Companies (AEIC); 2009.
  11. Balijepalli VM, Pradhan V, Khaparde S, Shereef R. Review of demand response under smart grid paradigm In: Proceedings of the IEEE conference on innovative smart grid technologies-India, IEEE; 2011. pp. 236-43.
  12. Paterakis NG, Erdiñç O, Catalão JP. An overview of demand response: key-elements and international experience. *Renew Sustain Energy Rev* 2017;69:871–91.
  13. Farsadi M, Dizaji TS, Hosseinnejad H. Loss reduction benefit and voltage profile improvement by considering demand response and capacitor. *IU-J Electr Electron Eng* 2016;16:3007–15.
  14. Chakrabarti B, Bullen D, Edwards C, Callaghan C. Demand response in the New Zealand electricity market. In: Proceedings of the transmission and distribution conference and exposition, IEEE; 2012. pp. 1-7.
  15. Cichy M, Beigelböck B, Eder K, Judex F. Demand response of large residential buildings-a case study from Seestadt Aspern. In: Proceedings of the 42nd annual conference of the IEEE industrial electronics society, 2016.IEEE, pp. 3936–41.
  16. Rozali NEM, Alwi SRW, Manan ZA, Klemeš JJ. Peak-off-peak load shifting for hybrid power systems based on Power pinch analysis. *Energy* 2015;90:128–36.
  17. Tascikaraoglu A, Boynuegri A, Uzunoglu M. A demand side management strategy based on forecasting of residential renewable sources: a smart home system in Turkey. *Energy Build* 2014;80:309–20.
  18. Ashok S. Peak-load management in steel plants. *Appl Energy* 2006;83:413–24. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). — 7-е изд. Глава 3.2, раздел 3. — М.: Ростехнадзор, 2010. — p.411.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 621

## ЭФФЕКТ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ПРИЛОЖЕНИЯХ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

**Биткулов К.Р., Зализная Е.А., Зализный С.А., Умурзаков Д.Д.**

*ФГБОУ ВО "Национальный Исследовательский Университет"МЭИ", Москва, Россия (111250, Москва, Красноказарменная ул, д. 14, стр. 1), e-mail: madamliza2@yandex.ru*

В последнее десятилетие системы накопления энергии (СНЭ) на базе аккумуляторных батарей как одна из структурных единиц интеллектуальных сетей пережили быстрый рост как в техническом плане, так и в экономической эффективности. В данной работе проводится оценка эффекта от применения СНЭ в различных приложениях в распределительных сетях.

Ключевые слова: Система накопления энергии, арбитраж, срезание пиков, поддержание напряжения, экология.

## THE EFFECT OF USING AN ENERGY STORAGE SYSTEM IN APPLICATIONS FOR DISTRIBUTION NETWORKS

**Bitkulov K.R., Zalznaya E.A., Zalizny S.A., Umurzakov D.D.**

*National Research University MPEI, Moscow, Russia (111250, Moscow, Krasnokazarmennaya street, 14, bldg. 1), e-mail: madamliza2@yandex.ru*

In the last decade, battery-based energy storage systems (SNES), as one of the structural units of intelligent networks, have experienced rapid growth both in technical terms and in economic efficiency. In this paper, an assessment of the effect of the use of SNE in various applications in distribution networks is carried out.

Keywords: Energy storage system, arbitration, peak cutting, voltage maintenance, ecology.

Системы накопления энергии (СНЭ) имеют много потенциальных применений в распределительных сетях. Однако в распределительной сети наиболее важные приложения СНЭ в основном учитываются при планировании.

Первое и наиболее используемое приложение, которое рассматривается практически во всех работах - это арбитраж или выравнивание нагрузки [2,3,11]. Арбитраж - это процесс заряда СНЭ, когда электроэнергия дешева в периоды низкого спроса и процесс разряда, когда электричество дорого в периоды высокого спроса. Арбитраж приводит к выравниванию графика нагрузки, сглаживанию пика нагрузки и, следовательно, снижению стоимости снабжения потребителя в течение всего периода эксплуатации. Практика арбитража или выравнивания нагрузки также называется сглаживанием пиков наряду с заполнением впадин, как показано на рис. 1 [12].

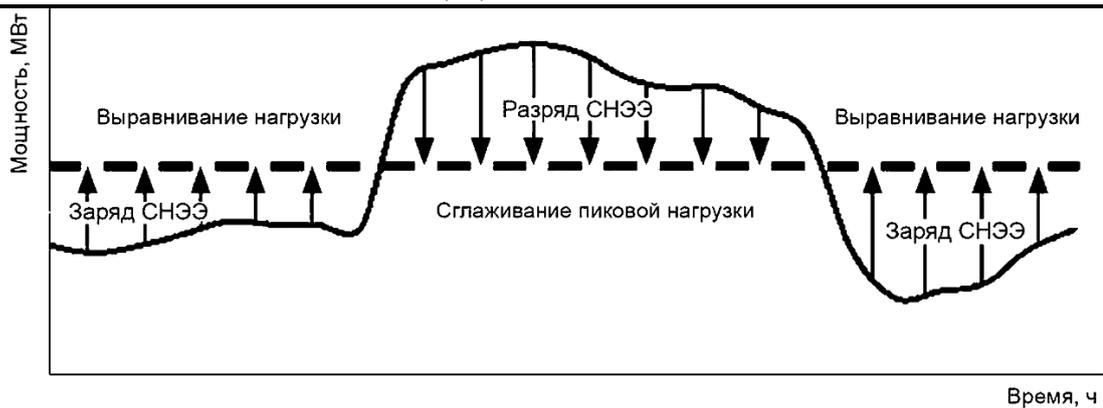


Рисунок 1 – Применение выравнивания нагрузки с помощью СНЭ

Следует отметить, что причиной снижения затрат от выравнивания нагрузки является квадратичная форма функции затрат производства электроэнергии. Учитывая высокую долю производства тепловой энергии в системе, производство электроэнергии является функцией сжигания ископаемого топлива в виде квадратичной функции, как указано в (1).

$$C_{\Gamma} = \alpha + \beta + \gamma * P_{\Gamma}^2 \quad (1)$$

В этом уравнении  $P_{\Gamma}$  представляет собой производство электроэнергии а  $C_{\Gamma}$  - связанные с ней затраты на производство;  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  обозначают коэффициенты функции стоимости первого, второго и третьего порядка соответственно. Чтобы ослабить нелинейность этой функции и улучшить процесс сходимости метода решения, обычной практикой является использование кусочно-линейной аппроксимации - квадратичная функция стоимости аппроксимируется последовательностью отрезков прямой линии. Детали такого приближения можно найти в [12].

Перегрузка сети - это состояние, при котором имеющиеся распределительные фидеры не могут обеспечить подключенную нагрузку, что обычно происходит в периоды высокого спроса или в аварийных условиях [13]. Перегрузка сети значительно влияет на надежность, поскольку, если фидеры перегружены и работают на своих тепловых ограничениях (или вблизи них), они будут подвержены срабатыванию защитных устройств [13]. Проблема с перегрузками может быть решена путем переноса пиковой нагрузки на непиковые периоды и/или модернизацией сети. Снижение пикового потребления, или срезание пиков, с помощью СНЭ уменьшит линейные потоки, вызванные перегрузкой и, в свою очередь, отложит необходимость модернизации сети. Уменьшение перегрузки - это второе приложение для СНЭ, которое широко исследуется в данных работах [6-9].

Тремя основными недостатками распределительных сетей радиальной конфигурации являются высокие уровни падения напряжения и потерь в дополнение к низкому уровню надежности. Применение СНЭ также позволяет решить эти проблемы надлежащим образом. В этом контексте СНЭ планируется с целью повышения уровня надежности распределительной сети [6, 7, 9].

В [11] индекс средней частоты кратковременных отключений (*Momental Average Interruption Frequency Index - MAIFI*) минимизируется за счет оптимального определения емкости и расположения аккумуляторных батарей, а также индекс средней длительности

отключений по системе (*System Average Interruption Frequency Index - SAIDI*) оптимизируется путем нахождения оптимального количества и местоположения коммутационных устройств.

Управление и поддержание требуемого уровня напряжения - еще одно приложение, которое рассматривается в задаче планирования СНЭ [6, 7, 8, 10]. В большинстве этих работ для регулирования напряжения учитывается реактивная мощность СНЭ, а в других нет, то есть СНЭ поддерживает напряжение только за счет активной мощности.

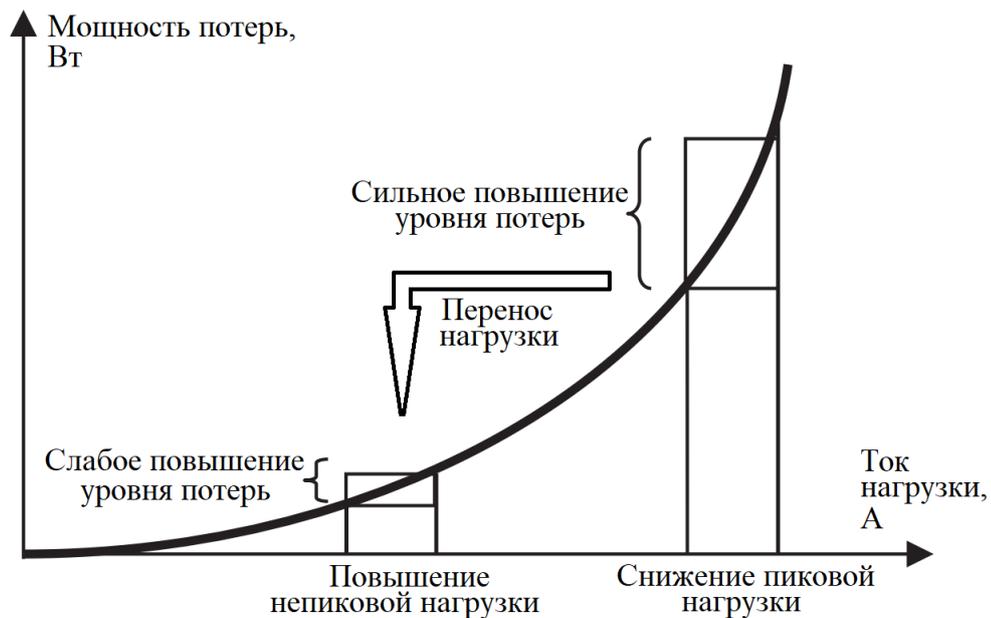


Рисунок 2 – Эффект от переноса нагрузки с пиковой зоны на непиковую

Поскольку потери в распределительных фидерах зависят от квадрата тока нагрузки, перенос любой части нагрузки с пикового на непиковый период приведет к чистому снижению потерь. Рисунок 2 иллюстрирует ситуацию, когда смещение нагрузки с пиковой на непиковую зону значительно снижает потери в периоды пикового потребления за счет частичного роста потерь в периоды низкого спроса. Снижение потерь, достигаемое путем выравнивания нагрузки за счет применения СНЭ, происходит в распределительных линиях, кабелях, трансформаторах, шинах, коммутаторах и других сетевых устройствах, пропускающих ток нагрузки [1]. Эта решение значительно снижает общие потери в сети. Применение СНЭ для снижения потерь принято в качестве одного из приложений в [5, 8].

Применение СНЭ может помочь улучшить использование энергии ветра, избегая сокращения выработки за счет поглощения избыточной энергии при зарядке - избыточная электрическая энергия, вырабатываемая ветрогенераторами сверх требуемой потребности, может использоваться для зарядки СНЭ с последующей разрядкой при недостатке выработки. Это проводится в качестве альтернативы отключению для использования по мере необходимости [2, 5].

СНЭ обладают потенциалом декарбонизации электроэнергетического сектора, представляя новое, безуглеродное и экологически чистое решение для операционной гибкости за счет улучшения использования генерирующих активов и облегчения интеграции возобновляемых источников энергии [14]. Производство электроэнергии с использованием

тепловых энергоблоков приводит к значительному экологическому вреду за счет выбросов  $CO_2$ ,  $NO_x$  и  $SO_2$ . Интеграция СНЭ может снизить выработку электроэнергии этими блоками. Следовательно, уровень загрязнений, выбрасываемых этими источниками, будет снижен. Выравнивание графика нагрузки с помощью СНЭ для уменьшения выбросов рассматривается в [5-9].

СНЭ также могут использоваться для отслеживания изменений в графике нагрузки (компенсация ошибок прогноза) [3], а также для обеспечения резервной мощности в сети [4].

В процессе планирования рассматриваются различные варианты применения СНЭ путем определения соответствующих целей. Кроме того, исследователи предлагают уделить внимание технологиям и решениям, таким как активные сети, многоэтапное планирование, многоцелевое планирование и совместное планирование.

Максимально возможное использование нескольких синергетических приложений СНЭ повысит их экономическую эффективность в сравнении с другими решениями в сети. Например, применение СНЭ в качестве резервного источника при работе сети в островном режиме рассматривается в меньшей степени.

### Список литературы

1. Saboori H, Abdi H. Application of a grid scale energy storage system to reduce distribution network losses. In: Proceedings of the 18th conference on Electrical Power Distribution Networks (EPDC). IEEE; 2013. pp. 1–5.
2. Atwa Yasser, Moustafa, El-Saadany EF. Optimal allocation of ESS in distribution systems with a high penetration of wind energy. IEEE Trans Power Syst 2010;25.4:1815–22.
3. Zheng Yu, et al. Optimal allocation of energy storage system for risk mitigation of DISCOs with high renewable penetrations. IEEE Trans Power Systems, vol. 29, no. 1, pp. 212-220, Jan. 2014, doi: 10.1109/TPWRS.2013.2278850.
4. Qin Mingwen, et al. Optimal planning and operation of energy storage systems in radial networks for wind power integration with reserve support. IET Gener, Transm Distrib 2016;10.8:2019–25.
5. Zhang Yongxi, et al. Optimal allocation of battery energy storage systems in distribution networks with high wind power penetration. IET Renew Power Gener 2016.
6. Santos Sérgio F, et al. New multistage and stochastic mathematical model for maximizing RES hosting capacity—Part I: problem formulation. IEEE Trans Sustain Energy 2017;8.1:304–19.
7. Santos Sérgio F, et al. New multi-stage and stochastic mathematical model for maximizing RES hosting capacity—Part II: numerical results. IEEE Trans Sustain Energy 2017;8.1:320–30.
8. Sardi Junainah, et al. Multiple community energy storage planning in distribution networks using a cost-benefit analysis. Appl Energy 2017;190:453–63.
9. Wenxia LIU, Shuya NIU, Huiting XU. Optimal planning of battery energy storage considering reliability benefit and operation strategy in active distribution system. J Modern Power Syst Clean Energy. pp 1-10.
10. Babacan Oytun, Torre William, Kleissl Jan. Siting and sizing of distributed energy storage to mitigate voltage impact by solar PV in distribution systems. Sol Energy 2017;146:199–208.

11. Pombo A, Vieira J, Murta-Pina, FernãoPires V. Multiobjective formulation of the integration of storage systems within distribution networks for improving reliability. *Electr Power Syst Res* 2017;148:87–96.
12. Hemmati Reza, Saboori Hedayat. Short-term bulk energy storage system scheduling for load leveling in unit commitment: modeling, optimization, and sensitivity analysis. *J Adv Res* 2016;7.3:360–72.
13. Kumar Ashwani, Srivastava SC, Singh SN. Congestion management in competitive power market: a bibliographical survey. *Electr Power Syst Res* 2005;76.1:153–64.
14. Sisternes de, Fernando J, Jenkins Jesse D, Botterud Audun. "The value of energy storage in decarbonizing the electricity sector. *Appl Energy* 2016;175:368–79.

## References

1. Saboori H, Abdi H. Application of a grid scale energy storage system to reduce distribution network losses. In: *Proceedings of the 18th conference on Electrical Power Distribution Networks (EPDC)*. IEEE; 2013. pp. 1–5.
2. Atwa Yasser, Moustafa, El-Saadany EF. Optimal allocation of ESS in distribution systems with a high penetration of wind energy. *IEEE Trans Power Syst* 2010;25.4:1815–22.
3. Zheng Yu, et al. Optimal allocation of energy storage system for risk mitigation of DISCOs with high renewable penetrations. *IEEE Trans Power Systems*, vol. 29, no. 1, pp. 212–220, Jan. 2014, doi: 10.1109/TPWRS.2013.2278850.
4. Qin Mingwen, et al. Optimal planning and operation of energy storage systems in radial networks for wind power integration with reserve support. *IET Gener, Transm Distrib* 2016;10.8:2019–25.
5. Zhang Yongxi, et al. Optimal allocation of battery energy storage systems in distribution networks with high wind power penetration. *IET Renew Power Gener* 2016.
6. Santos Sérgio F, et al. New multistage and stochastic mathematical model for maximizing RES hosting capacity—Part I: problem formulation. *IEEE Trans Sustain Energy* 2017;8.1:304–19.
7. Santos Sérgio F, et al. New multi-stage and stochastic mathematical model for maximizing RES hosting capacity—Part II: numerical results. *IEEE Trans Sustain Energy* 2017;8.1:320–30.
8. Sardi Junainah, et al. Multiple community energy storage planning in distribution networks using a cost-benefit analysis. *Appl Energy* 2017;190:453–63.
9. Wenxia LIU, Shuya NIU, Huiting XU. Optimal planning of battery energy storage considering reliability benefit and operation strategy in active distribution system. *J Modern Power Syst Clean Energy*. pp 1-10.
10. Babacan Oytun, Torre William, Kleissl Jan. Siting and sizing of distributed energy storage to mitigate voltage impact by solar PV in distribution systems. *Sol Energy* 2017;146:199–208.
11. Pombo A, Vieira J, Murta-Pina, FernãoPires V. Multiobjective formulation of the integration of storage systems within distribution networks for improving reliability. *Electr Power Syst Res* 2017;148:87–96.
12. Hemmati Reza, Saboori Hedayat. Short-term bulk energy storage system scheduling for load leveling in unit commitment: modeling, optimization, and sensitivity analysis. *J Adv Res* 2016;7.3:360–72.

13. Kumar Ashwani, Srivastava SC, Singh SN. Congestion management in competitive power market: a bibliographical survey. *Electr Power Syst Res* 2005;76.1:153–64.
  14. Sisternes de, Fernando J, Jenkins Jesse D, Botterud Audun. "The value of energy storage in decarbonizing the electricity sector. *Appl Energy* 2016;175:368–79.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 614.847

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

<sup>1</sup>Голякова Е.И., Филкова А.П.

ФГБОУ ВО "Сибирская пожарно-спасательная академия" ГПС МЧС РФ, Железногорск, Россия (662972, Красноярский край, г. Железногорск, Северная ул., д. 1), e-mail: <sup>1</sup>piast@sibpsa.ru

**В статье рассматриваются вопросы улучшения технологии огнетушащих свойств воды за счет улучшения ее текучести без использования добавок и уменьшения размера капель воды без увеличения давления насосов, использования пожарных стволов со сложными, дорогостоящими насадками. при использовании температурно-активированной воды возможен как поверхностный, так и объемный способы пожаротушения, открытых или замкнутых объемов, стационарной или передвижной пожарной техникой.**

Ключевые слова: «Скользкая Вода», «водяной туман», недогретая вода, перегретая вода, теплообменник.

## SEVERAL ASPECTS OF USING TEMPERATURE ACTIVATED WATER FOR FIREFIGHTING

<sup>1</sup>Golyakova E.I., Filkova A.P.

Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation, Zheleznogorsk, Russia (662972, Krasnoyarsk Krai, Zheleznogorsk, Severnaya Street, 1), e-mail: <sup>1</sup>piast@sibpsa.ru

**The article discusses the issues of improving the technology of extinguishing properties of water by improving its fluidity without the use of additives and reducing the size of water droplets without increasing the pressure of pumps, the use of fire barrels with complex, expensive nozzles. When using temperature-activated water, both surface and volumetric methods of fire extinguishing, open or closed volumes, stationary or mobile fire equipment are possible.**

Keywords: «Slippery water», «water mist», underheated water, superheated water, heat exchanger.

Основными современными направлениями совершенствования огнетушащих свойств воды с целью повышения эффективности пожаротушения являются:

- улучшение текучести воды и её смачивающих свойств за счет добавления полимерных добавок. В этом случае необходимо предварительное приготовление рабочей смеси («скользкой воды»), а также хранение добавок в отдельных емкостях, так как при подаче воды непосредственно из водопровода невозможно добиться однородного смешивания воды и добавок.
- уменьшение размера капель воды до состояния «водяного тумана», для чего требуются пожарные насосные установки повышенного давления, очищенная от

механических примесей и растворимых солей вода, а также усовершенствованные распылители пожарных стволов, не подверженные засорению и замерзанию.

При использовании температурно-активированной воды (ТАВ) удается одновременно улучшить текучесть воды, а также уменьшить размер капель воды до «водяного тумана» без вышеперечисленных недостатков ранее применяемых способов пожаротушения.

Для получения ТАВ в Академии государственной противопожарной службы МЧС России была разработана специальная теплоэнергетическая установка [1]. Одним из главных элементов установки является теплообменник, в который подается обычная водопроводная вода под большим давлением и с помощью дизельной горелки она прогревается до температуры менее насыщенных паров. Далее «недогретая» вода направляется к специальным стволам-распылителям, которые переводят её в перегретое состояние с размером капель, подобным «водяному туману».

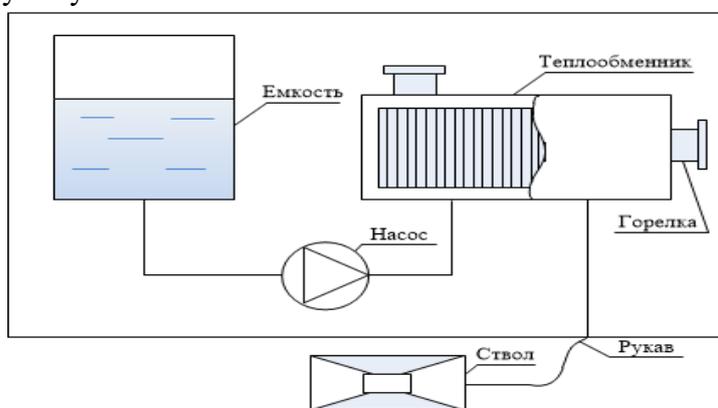


Рисунок 1 – Установка для получения ТАВ

Полученной таким способом ТАВ эффективно пожаротушение как водорастворимых жидкостей и углеводородов, таких как бензин, нефтепродукты, спирты, ацетон, так и твердых материалов: древесины, резины, поливинилхлорида, полистирола и др. [2].

Наибольший эффект тушения пожаров струями ТАВ достигается в замкнутых конструктивных пространствах. Образование в них «водяного тумана» приводит к быстрому осаждению дыма и паров ядовитых веществ с вытеснением воздуха и уменьшением содержания кислорода в зоне горения (Рисунок 2). Эти преимущества ТАВ позволяют производить пожаротушение в труднодоступных транспортных и кабельных тоннелях, внутри которых после пожара продолжают процессы горения горючих материалов и, более того, могут находиться пострадавшие люди. Если в образовавшихся завалах остались люди, то струи ТАВ не причинят им вреда, так как на расстоянии порядка 0,3 м от ствола-распылителя температура достигает не более 60 °С [3].

Эффективность ТАВ практически доказана для защиты и тушения пожаров в машинных залах и в качестве охлаждения установок как внутри, так и снаружи объектов теплоэнергетики, таких как ТЭЦ [4].

ТАВ позволяет обеспечить многофункциональность тушения не только по виду горючих материалов, но и по способу их тушения: возможен как поверхностный, так и объёмный способы пожаротушения.



Рисунок 2 – Использование ТАВ в замкнутых помещениях

При **поверхностном способе** тушения ТАВ, обладающая большой теплоемкостью, сбивает пламя в очаге горения, а образующиеся пары «водяного тумана» затрудняют доступ воздуха, и питания огня кислородом. Вода охлаждает горящие предметы, смачивает и предохраняет их от воспламенения, прекращая сам процесс горения (Рисунок 3).

В тактике тушения пожаров с использованием ТАВ особое внимание следует уделять выбору правильных технических средств (рукавов, разветвлений, переходных соединительных головок и стволов) с учетом их температурно-прочностных характеристик. Чтобы не допустить разрыва технических средств необходимо отдавать предпочтение специальным средствам с высокой устойчивостью к температурной нагрузке и давлению.

Установка получения ТАВ может быть укомплектована в многофункциональной передвижной технике (Рисунок 4). Предварительного прогрева воды не требуется, так как перегретую воду расходом от 0,3 до 1,5 л/с вырабатывает мощный электрогенератор. Теплообменник, производящий ТАВ, нагревает воду до температуры 150 – 180 С при минимальном давлении 1,6 МПа.



Рисунок 3 – Тушение пожара поверхностным способом с помощью ТАВ

Установка ТАВ размещается в технологическом отсеке автомобиля на шасси КАМАЗ 43118, в которых должно быть установлено два типа насосов:

- НЦПВ 4/400 с рабочим давлением не менее 4,0 МПа и расходом до 2 л/с;
- трехплунжерный насос с рабочим давлением не менее 10 МПа, расходом до 1,38 л/с.



Рисунок 4 – Установка ТАВ на автомобильном шасси КАМАЗ

К дополнительному техническому оборудованию для подачи температурно-активированной воды относятся: специальные рукава, отличающиеся высокой устойчивостью к температурной нагрузке и давлению, разветвления, переходные соединительные головки и стволы. При этом использование специальных дорогостоящих насадок не требуется.

Подводя итог вышесказанному, к преимуществам ТАВ следует отнести:

- быстрое снижение температуры в очаге возгорания вне зависимости от типа горящих материалов;
- значительное уменьшение расходов воды, что позволяет сохранить нижние этажи зданий от заливания при тушении пожара на верхних этажах;
- возможность подачи ТАВ с высокой интенсивностью на высоту до 0,2 км и расстоянии до 1 км из-за низкой вязкости и малого сопротивления течению;
- эффективность ликвидации пожаров различных классов передвижной техникой, многофункциональными пожарными автомобилями;
- возможность использования дополнительных функций: обеспечение электроэнергией потребителей, отогревание пожарной техники в зимних условиях, очистка технологического оборудования от пожароопасных отложений нефти.

Вместе с тем, следует учитывать, что при подаче температурно-активированной воды существует возможность разрыва подающих рукавов, а также экстренное закипание воды до выхода её из ствола, поэтому необходимо строго поддерживать оптимальные режимы работы установки.

Для этого требуется проведение дополнительных исследований гидравлических характеристик технических средств подачи температурно-активированной воды для соответствующих условий пожаротушения, с обязательным созданием комплекса устройств автоматического контроля и управления.

### Список литературы

1. Роевко В.В., Додонов Е.Д. Температурно-активированная вода – новое слово в развитии техники пожаротушения // Сборник материалов 14-й науч.-техн.конф. «Системы безопасности-2005». - М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. - С.224-229.

2. Храмов С.П. Технические средства подачи температурно-активированной воды теплоэнергетической установкой для тушения пожаров на объектах энергетики: дис. канд.техн.наук: 05.26.03. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. - 245 с.
3. Роевко В.В., Кармес А.П. Технология температурно-активированной воды: физическая сущность, история разработки, перспективы развития // Пожары и чрезвычайные ситуации: Предотвращение, ликвидация. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. - С. 15-20.
4. Зайцев Д.С., Голякова Е.И. Применение температурно-активированной воды при тушении пожаров на объектах теплоэнергетики //Сборник материалов X Всероссийской науч.-практической конференции «Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности». - Железногорск.: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. - С. 77-80.

### References

1. Roenko V.V., Dodonov E.D. Temperature-activated water – a new word in the development of fire extinguishing technology // Collection of materials of the 14th scientific and Technical Conference. «Security systems-2005». Moscow: Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2005. pp.224-229.
  2. Khrantsov S.P. Technical means of supplying temperature-activated water by a thermal power plant for extinguishing fires at energy facilities: dis. Candidate of Technical Sciences: 05.26.03. М.: Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2011.245 p.
  3. Roenko V.V., Karmes A.P. Technology of temperature-activated water: physical essence, development history, development prospects // Fires and emergencies: Prevention, liquidation. Moscow: Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2017. pp. 15-20.
  4. Zaitsev D.S., Golyakova E.I. The use of temperature-activated water in extinguishing fires at thermal power facilities //Collection of materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference «Young scientists in solving urgent security problems». Zheleznogorsk.: Siberian Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2021. pp. 77-80.
-