

Секция 4.2

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.032.26

ДИАГНОСТИКА COVID-19 ПО РЕНТГЕНОВСКИМ СНИМКАМ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Анастасия Андреевна Арбузова

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрено создание нейронной сети для диагностики COVID-19 по рентгеновским снимкам. Разработана свёрточная нейронная сеть для диагностики COVID-19. Программа была реализована на языке программирования Python. При создании нейронной сети использовались нейросетевая библиотека Keras, а также библиотеки matplotlib и keras_metrics. Обученная нейронная сеть при тестировании достигла точности диагностики COVID-19 в 95 %. Данный показатель превосходит показатели, которые были представлены в известных работах.

Ключевые слова: диагностика COVID-19, машинное обучение, свёрточные нейронные сети, распознавание изображений, Python, Keras

На данный момент во всем мире очень популярно машинное обучение. Его методы все чаще применяются для решения задач из самых разных областей, например в медицине [1, 2]. По всему миру сейчас разрабатываются системы, в которых используются методы машинного обучения для диагностики заболеваний и интерпретации результатов диагностики. Эти системы смогут помогать врачам при анализе результатов диагностики пациентов. Основными целями разработки таких систем являются сокращение времени исследований анализов пациента и облегчение работы врача.

Различные методы машинного обучения могут применяться для диагностики самых разных заболеваний. Например, для диагностики COVID-19. В данной работе для решения задачи распознавания COVID-19 по рентгеновским снимкам используются свёрточные нейронные сети. Свёрточные нейронные сети [3] – это наиболее эффективный инструмент для распознавания изображений, так как одним из самых главных свойств данного вида сетей является устойчивость к зашумлению или искажению исходных данных.

В данной работе для тестирования, обучения и проверки свёрточной нейронной сети использовался набор рентгеновских снимков, которые представлены в виде изображений в различных форматах. Этот набор был собран из рентгеновских снимков из двух разных баз данных. Первая база – база данных Covid Chest X-Ray Dataset, представленная на сайте GitHub [5]. Вторая база – база данных Chest X-Ray Images (Pneumonia), которая размещена на сайте Kaggle [6]. В итоге была создана база данных, которая состоит из 1000 снимков, из них 497 изображений – это рентгеновские снимки людей, у которых был диагностирован COVID-19, а оставшиеся 503 изображения – это снимки здоровых людей. Этот набор был разбит на три множества: обучающее, проверочное и тестовый набор.

Но 1000 снимков недостаточно для того, чтобы качественно обучить свёрточную нейронную сеть. Поэтому обучающий набор был расширен. Для увеличения числа рентгеновских снимков в обучающем множестве была проведена аугментация данных [7]. Аугментация данных – это прием, который используется тогда, когда данных мало или когда нужно решить проблему переобучения нейронной сети (рис. 1).

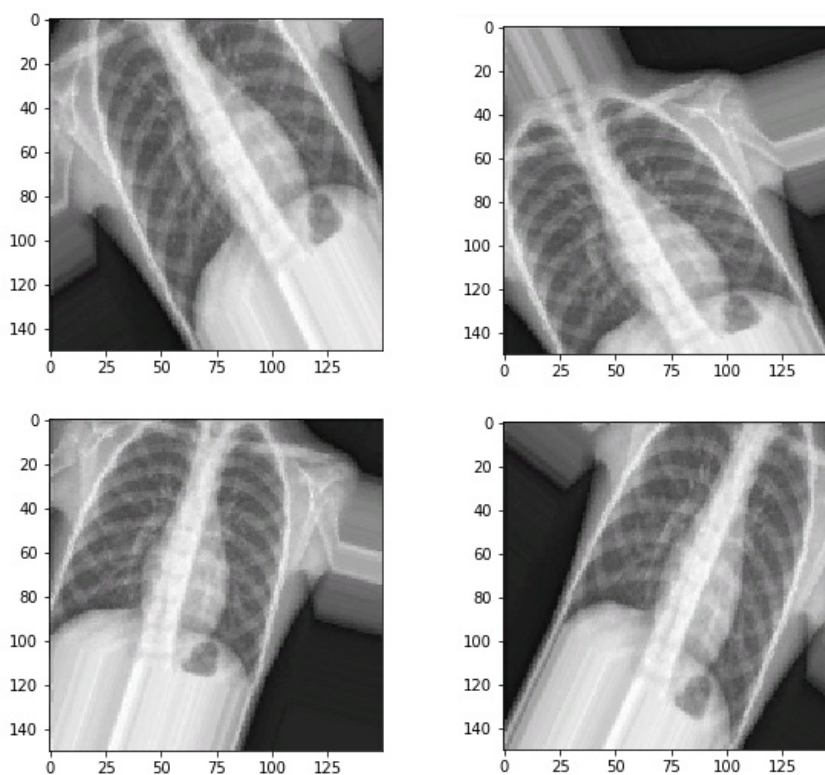


Рис. 1. Результат применения аугментации

Разработка программы диагностики COVID-19 по рентгеновским снимкам проводилась на языке программирования Python. Для создания модели свёрточной нейронной сети использовались функции из нейросетевой библиотеки Keras версии 2.3.1 [4].

Свёрточная нейронная сеть состоит из девяти слоев (три сверточных слоя, три слоя субдискретизации, два полносвязных слоя и один слой dropout), это значение было подобрано экспериментально. Во всех сверточных слоях и одном полносвязном в качестве функции активации используется функция ReLU. А для выходного слоя функция активации была подобрана экспериментально. Обучались две модели нейронной сети, в первой модели в качестве функции активации в выходном слое использовалась функция активации softmax, а во второй использовалась сигмоидальная функция активации. Результаты, полученные при тестировании, второй модели получились выше, поэтому в выходном слое свёрточной нейронной сети используется антисимметричная логистическая функция активации.

В программе в качестве функции потерь используется функция бинарной перекрестной энтропии [4]. Так как эта функция потерь намного лучше, чем другие функции подходит для решения задач бинарной классификации. Так же для настройки созданной модели нейронной сети был использован алгоритм оптимизации Adam [8], который относится к группе алгоритмов с адаптивной скоростью обучения.

Свёрточная нейронная сеть обучалась в течении 20 эпох и время ее обучения составило 18 минут. Обучение сети закончилось тогда, когда на обучающем

множестве данных была достигнута точность распознавания 0,93, а на контрольном наборе была достигнута точность – 0,89.

В результате проверки модели свёрточной нейронной сети на проверочном наборе данных были получены следующие показатели: precision – 95 %, accuracy – 95 % и recall – 96 %. Исходя из этих данных можно подвести итог: модель свёрточной нейронной сети показала достаточно высокую точность распознавания людей, которые больны COVID-19, диагнозы 95 % людей из тестовой выборки были определены правильно и этот результат превышает показатели, которые были получены в работах [9–11].

Список литературы

1. Cleophas T. J., Zwinderman A. H. Machine Learning in Medicine – a Complete Overview. Springer, 2015. 516 p.
2. Al-Turjman F. Artificial Intelligence and Machine Learning for COVID-19. Springer International Publishing, 2021. 266 p.
3. Бурков А. Машинное обучение без лишних слов. СПб. : Питер, 2020. 192 с.
4. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python. СПб. : Питер, 2018. 400 с.
5. Covid Chest X-Ray Dataset. URL: <https://github.com/ieee8023/covid-chestxray-dataset> (дата обращения: 13.03.2021).
6. Chest X-Ray Images (Pneumonia). URL: <https://www.kaggle.com/paultimothymooney/chest-xray-pneumonia> (дата обращения: 13.03.2021).
7. Это нужно знать: Ключевые рекомендации по глубокому обучению. Ч. 1. URL: datare-veiw.info/article/eto-nuzno-znat-klyuchevyie-rekomendatsii-po-glubokomu-obucheniyu-chast-1/ (дата обращения: 07.02.2022).
8. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. М. : ДМК Пресс, 2018. 652 с.
9. НТЦ «Модуль» разработал программное обеспечение для диагностики пневмонии. URL: <https://www.module.ru/media/news/97> (дата обращения: 04.08.2021).
10. Определяем COVID-19 на рентгеновских снимках с помощью Keras, TensorFlow и глубокого обучения. URL: <https://habr.com/ru/company/mailru/blog/493614/> (дата обращения: 11.08.2021).
11. Abbas A., Abdelsamea M. M., Gaber M. M. Classification of COVID-19 in chest X-ray images using DeTraC deep convolutional neural network. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10489-020-01829-7> (дата обращения: 10.08.2021).

УДК 004.514

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОТОКОЛОВ ISMP

**Ирина Петровна Бурукина¹,
Дмитрий Сергеевич Никулин²**

¹Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

²Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрены основные конфигурации протокола ISMP–ISMPv4 и ISMPv6. Определены достоинства и недостатки протоколов ISMP. Исследованы возможности протоколов ISMP с использованием инструмента моделирования и визуализации сети Cisco Packet Tracer. Выявлены обновления современного протокола ISMPv6.

Ключевые слова: протоколы, сеть, сообщения, узлы, маршрутизаторы, пакеты

ICMP – это сетевой протокол, который относится к третьему уровню модели OSI (сетевой уровень) [1, 2]. Основное назначение ICMP – получение отчетов об ошибках. При соединении двух узлов в единой сети, если пакеты не доходят до назначенного им узла, пропадают, или превышают допустимое время передачи, ICMP-протокол генерирует отчетность о возникших ошибках. Каждое сообщение протокола ICMP инкапсулируется непосредственно в одном IP-пакете. Можно сказать, что данный протокол не является надежным, так как не контролирует доставку и правильность сообщения [3]. ICMP в силу особой спецификации своего применения, не нуждается в надежной доставке, так как зачастую при его использовании, в частности, и нужно определить потери пакетов при передаче.

Протокол ICMP очень полезен при проведении трассировки [5]. Трассировка – определение полного маршрута между узлом отправителем и узлом назначением, с определением всех маршрутизаторов между ними. ICMP помогает определить возникшую между отдельными элементами сети повышенную задержку пакетов, что помогает выявить отдельные недостатки сети и повысит скорость передачи данных.

Одними из наиболее актуальных сообщений ICMP являются сообщения типа «Echo Request» и «Echo Reply». Они используются командой «ping» для проверки наличия соединения между узлами и времени задержки передаваемых пакетов. Данная команда функционирует следующим образом:

- узел-отправитель посылает запрос типа ICMP echo request;
- узел-получатель возвращает запрос типа ICMP echo reply;
- время с момента отправки до получения ответа суммируется и считается временем ping – отклика.
- сообщения ICMP отсылаются автоматически в случаях, когда:
 - IP-дейтаграмма не достигает узла назначения;
 - маршрутизатор не может перенаправлять поступающие дейтаграммы с приемлемой скоростью;
 - маршрутизатор перенаправляет узел – отправитель на другой маршрут к узлу назначения.

Ниже на рис. 1 приведен пример сообщения протокола ICMP. Для его генерации использована программное обеспечение Cisco Packet Tracer.

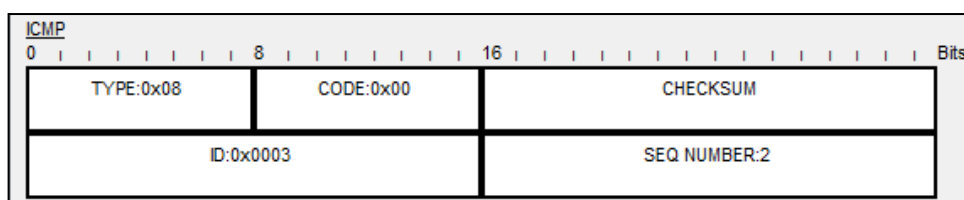


Рис. 1. Пример сообщения протокола ICMP

До недавнего времени для адресации между узлами сети использовался протокол IPv4 (ICMPv4 соответственно). Он зарекомендовал себя как достаточно надежный маршрутизированный протокол адресации. Но технологии, в том числе сетевые, развивались и возможностей протокола IPv4 в настоящее время недостаточно.

Для увеличения доступного количества сетевых адресов был разработан протокол IPv6. В данном протоколе длина адреса была увеличена до 128 бит, что расширило адресное пространство до 2^{128} адресов.

Важные обновления IPv6:

- Упрощения заголовка IP-пакета;

- Изменено отображение необязательных полей заголовка;
- Расширено адресное пространство (количество доступных адресов);
- Улучшена поддержка иерархии адресации, распределения маршрутов (агрегирование маршрутов) и автоматической настройки адресов;
- Улучшена безопасность пересылки IP-пакетов (введение шифрования и аутентификации);
- Введены метки для потоков данных;
- Значительное улучшение стабильности работы в локальных сетях;
- Усовершенствование работы протоколов ICMP, ARP (внедрение протокола NDP);
- Внедрение механизма распознавания неисправных маршрутизаторов.

Таким образом, внедряемый в глобальную сеть протокол IPv6 имеет следующие особенности:

- Стандартный набор протоколов IPv6 охватывает функции набора протоколов IP v4;
- Стандартный набор протоколов IPv6 значительно расширяет функции протокола IPv4;
- Тестирование и внедрение в сетях протокола IP v6 требует значительных усилий и затрат.

Естественно, внедрение новых технологий не обходиться без минусов. Один из самых ярких – это проблематика взаимодействия протокола DNS с протоколами IPv6/ICMPv6. В частности, обратные записи DNS для протокола IPv6 весьма громоздки. Это один из-за причин сравнительно медленного распространения адресов формата IPv6 в мире.

Сообщения протокола ICMPv6 подразделяться на две категории: сообщения об ошибках и информационные сообщения. Данные сообщения инкапсулируются (внедряются) в пакеты протокола IPv6. Сообщение (пакет) ICMPv6 состоит из заголовка сообщения и данных протокола. Заголовок имеет три поля:

- тип (8 бит) – определяет тип передаваемого сообщения (значение в диапазоне 0–127 – сообщение об ошибке, 128–255 – информационное сообщение);
- код (8 бит) – значение зависит от типа сообщения и обеспечивает дополнительную детальность сообщений;
- контрольная сумма (16 бит) – обеспечивает минимальный уровень безопасности проверки данного пакета

Для наглядности работы протоколов IPv6 и ICMPv6, соберем простую сеть из двух узлов и маршрутизатора. Программное обеспечение для сборки схемы – Cisco Packet Tracer. Разместим два ПК и соединим их через маршрутизатор (элемент «router 1941») витой парой (элемент «cooper straight through»). В результате получим следующую сеть (рис. 2).

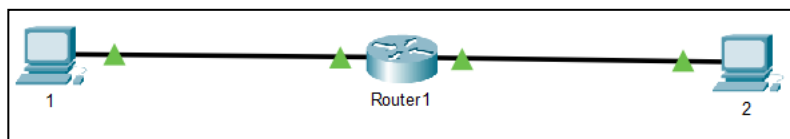


Рис. 2. Сеть для демонстрации работы протоколов IPv6 и ICMPv6

Дальнейшим шагом является настройка портов маршрутизатора. Для этого необходимо ввести следующие команды в командную строку маршрутизатора (командная строка «CLI»):

```
R1# config t
R1(config)# interface g0/0
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:a::1/64
```

```

R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# interface g0/1
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:1::1/64
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# end

```

После ввода данных команд, необходимо установить соответствие локального адреса канала адресу одноадресной передачи в интерфейсе. Для этого, нужно ввести следующие команды (локальные адреса каналов для каждого из двух Ethernet-интерфейсов):

```

R1# config t
R1(config)# interface g0/0
R1(config-if)# ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)# interface g0/1
R1(config-if)# ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)# end

```

Результат представлен на рис. 3.

Port	Link	VLAN	IP Address	IPv6 Address	MAC Address
GigabitEthernet0/0	Up	--	<not set>	2001:DB8:ACAD:A::1/64	00E0.A32A.1801
GigabitEthernet0/1	Up	--	<not set>	2001:DB8:ACAD:1::1/64	00E0.A32A.1802
Vlan1	Down	1	<not set>	<not set>	0090.2BBB.79BD

Physical Location: Intercity > Home City > Corporate Office > Main Wiring Closet > Rack > Router1

Рис. 3. Отображение настроек портов маршрутизатора

Далее необходимо прописать IPv6-адреса обоим узлам сети. Для этого нужно зайти в сетевой интерфейс и установить там значения IPv6-адресов, префикса и шлюза. Теперь нужно проверить работоспособность данной системы. Для этого воспользуемся командами «ping» (эхо-запрос) и «tracert» (трассировка). Отправим ping - запрос с узла «1» на узел «2» (ping). Выполним трассировку с узла «1» на узел «2» (команда «tracert»). Отправим ping - запрос с узла «2» на узел «1» (команда «ping»). Выполним трассировку с узла «2» на узел «1» (команда «tracert»). Пример ICMPv6 пакета (выполняется запрос с узла «2» на узел «1»), команда «ping»).

Command Prompt

```

Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ping 2001:DB8:ACAD:1::3
Pinging 2001:DB8:ACAD:1::3 with 32 bytes of data:
Reply from 2001:DB8:ACAD:1::3: bytes=32 time=4ms TTL=127

```

PDU Information at Device: 2

OSI Model: Inbound PDU Details

PDU Formats

DST IP: 2001:DB8:ACAD:A::3

DATA (VARIABLE LENGTH)

ICMPv6 ECHO MESSAGE

TYPE: 0x81	CODE: 0x00	CHECKSUM: 0x0000
IDENTIFIER: 2		SEQUENCE NUMBER: 1

Variable Size PDU

DATA (VARIABLE LENGTH)

Рис. 4. Просмотр содержимого сообщения ICMPv6

Можно сделать краткий вывод, что протокол передачи сообщений о состоянии сети ICMPv6 – это новая версия протокола ICMPv4, сохранившая предназначение старой версии и существенно расширившей свой функционал для работы в сетях на основе протоколов IPv6. Изучение протокола ICMPv6 имеет большое значение как в настоящем, так и в будущем, так как этот протокол является альтернативой устаревшему ICMPv4, учитывая увеличивающийся в последние годы переход на сети формата IPv6 [4,6].

Список литературы

1. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети, принципы технологии, протоколы : учебник для вузов. Юбилейное изд. СПб. : Питер, 2020. 1010 с.
2. Руденков Н. А., Долинер Л. И. Основы сетевых технологий. Екатеринбург : Уральский федер. ун-т им. Первого президента России Б. Н. Ельцина, 2018. 255 с.
3. Бурукина И. П., Межгорин Д. С., Петкилев А. А., Балаев К. А. Анализ методов защиты информационных систем от сетевых вторжений // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. VI Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. / под ред. Л. Р. Фионовой. Пенза : Изд-во ПГУ, 2019. С. 64–67.
4. Куроуз Д., Росс К. Компьютерные сети. Нисходящий подход. М. : Изд-во Э, 2016. 912 с.
5. Сергеев А. Н. Основы локальных компьютерных сетей : учеб. пособие. СПб. : Лань, 2016. 184 с.
6. Протокол ICMP // delhiplus.org. URL: <https://www.delhiplus.org/obnaruzhenie-narushenii-bezopasnosti-v-setyakh/protokol-icmp.html/> (дата обращения: 15.02.2022).

УДК 378.147

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПЛАТФОРМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ

*Людмила Римовна Фионова¹,
Марина Александровна Катышева²,
Ольга Евгеньевна Варламова³*

^{1,2,3}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрены платформы дистанционного обучения в высшем учебном заведении на примере Пензенского государственного университета, приведены их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: платформы, дистанционное обучение, онлайн-образование, Пензенский государственный университет, Zoom, Skype, ВКонтакте, GoogleMeet, Discord, ЭИОС

В России официальной датой развития дистанционного образования (ДО) в высших учебных заведениях можно считать 31 мая 1995 года, когда Постановлением Государственного Комитета Российской Федерации по высшему образованию была утверждена «Концепция создания и развития единой системы дистанционного образования в России» [1]. ДО представлялось «перспективной формой образования для широких слоев населения России XXI века», интегрированной в традиционные (очные, заочные) системы обучения. Удовлетворение образовательных потребно-

стей обучающихся на расстоянии обеспечивалось с помощью «информационно-образовательной среды ДО, представленной в виде совокупности информационных ресурсов, средств передачи информации, протоколов взаимодействия, аппаратно-программного и организационно методического обеспечения» [1]. Компонентами информационного образовательного пространства на этом этапе являлись в основном электронные учебники, базы данных, компьютерные образовательные среды и т.п.

Развитие цифровых технологий, модернизация российских вузов, связанная с переходом на новые федеральные государственные стандарты послужило толчком к дальнейшему развитию ДО, а также принятия нормативных актов, дающих разъяснения этому сложному процессу [2–5]. В Пензенском государственном университете, как и в большинстве вузов, для оценки эффективности работы профессорско-преподавательского состава (ППС) одним из важных показателей стало проведение занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий [5]. В учебный процесс преподаватели стали широко внедрять такие электронно-образовательные ресурсы, как презентации, электронные тесты, онлайн-курсы, видеоконференции.

Необходимо отметить, что также ключевую роль на необходимость использования ДО сыграла эпидемиологическая обстановка, связанная с распространением в мире коронавирусной инфекции COVID-19. Многие исследователи отмечают, что вузы вынуждены были перевести учебный процесс в дистанционный формат обучения использованием современных платформ [6–8]. Для оптимального и качественного выбора дистанционных платформ учебным образовательным учреждениям, в том числе и ПГУ, предстояло решить следующие задачи:

- выявить достоинства и недостатки каждой платформы;
- определить качество работы платформы, учитывая то, насколько она будет удобна как для преподавателя, так и для студента;
- определить цели внедрения платформы.

Отмечается, что для специальностей разных направленностей – гуманитарных и технических, существуют различные критерии для выбора дистанционных платформ. Среди них стоит выделить наличие разнообразных средств обучения (аудио- и видеофайлы, текстовые файлы, 3D-графика и т.д.), наличие инструментов обратной связи, наличие возможности поддержки различных информационных технологий и т.п. [6–8].

Исследование показало, что преподаватели ПГУ в образовательном процессе использовали различные программы и образовательные порталы дистанционного обучения, среди которых можно выделить Zoom, Discord, Вконтакте, Skype, GoogleMeet и т.д. Перечисленные дистанционные платформы имеют как достоинства, так и недостатки (табл. 1).

Таблица 1

Анализ достоинств и недостатков дистанционных платформ

Программа	Достоинства	Недостатки
Zoom	1. Платформа работает стабильно, несмотря на большую нагрузку из-за большого количества пользователей. 2. Можно проводить запись видеоконференции и в нужные моменты ставить ее на паузу. 3. В Zoom встроена интерактивная доска, ее можно показывать всем участникам видеоконференции.	1. Возможны нарушения конфиденциальности звонков, если не устанавливать пароль. 2. Ограничения по времени конференции (для демо-версии 40 мин).

Программа	Достоинства	Недостатки
	<p>4. Все инструменты в руках у руководителя.</p> <p>5. Поддерживает до 100 пользователей.</p> <p>6. Работает на операционных системах: Windows, Linux, iOS, Android.</p>	<p>3. В чатах не хранятся файлы: они передаются с устройства на устройство.</p> <p>4. Дороговизна платных версий.</p>
Discord	<p>1. Высокое качество звука и возможность расширенных индивидуальных настроек этого параметра.</p> <p>2. Обмен медиа файлами и документами.</p> <p>3. Транслирование рабочего экрана участникам переписки.</p> <p>4. Простота и удобство интерфейса.</p> <p>5. Защищённый канал соединения для звонков.</p> <p>6. Работа как в приложении, так и в браузере без скачивания.</p> <p>7. Подавление посторонних шумов и функция push-to-talk («нажми-и-говори»).</p>	<p>1. Невозможность работы программы на старых версиях операционной системы Windows.</p> <p>2. Возможные проблемы и сбои при обмене файлов большого размера.</p>
ВКонтакте	<p>1. Удобство использования, простота интерфейса.</p> <p>2. Возможность передачи файлов всех типов с любого устройства.</p> <p>3. Удобные онлайн видео-конференции, прямые эфиры, работа с видео и ссылками на видео.</p> <p>4. Непосредственная постоянная связь преподавателей со студентами.</p>	<p>1. Вконтакте - социальная сеть, созданная для общения.</p> <p>2. Нет возможности подключения интерактивной доски в видео-звонках.</p>
Skype	<p>1. Нет временных ограничений.</p> <p>2. Skype позволяет пересылать любые файлы (mp3, изображения, текст и т.д.).</p> <p>3. Возможность показа экрана. Можно показать весь экран, выбранную его часть или определенное окно.</p> <p>4. Безопасность. Обеспечение приватности и безопасности конференций.</p> <p>5. Бесплатное использование.</p> <p>6. Работа на всех платформах и в браузере.</p> <p>7. Подробные и гибкие настройки.</p>	<p>1. Нестабильность программы на многих устройствах.</p> <p>1. Низкое качество видео с участием более 5 человек.</p> <p>2. Низкая скорость обмена файлами.</p> <p>3. Низкое качество показа экрана.</p> <p>4. Звонки на стационарные или мобильные телефоны, не подключенные к интернету: они тарифицируются поминутно.</p>
GoogleMeet	<p>1. Позволяет создавать встречи со 100 или 250 участниками.</p> <p>2. Предоставляет возможность поделиться экраном (документы, презентации PowerPoint, электронные таблицы, PDF, изображения, видео и т. д.).</p> <p>3. Имеет удобный и интуитивный интерфейс.</p>	<p>1. Плохое качество звука, если у всех участников включены микрофоны.</p> <p>2. Нестабильность работы при слабом интернет-соединении.</p>

Как показала практика, наибольшей популярностью в ПГУ пользовалась платформа Zoom для видеоконференций, которая работает на различных операционных системах, таких как Windows, Linux, iOS, Android, и, что важно позволяет бесплатно подключать до 100 пользователей. Ограничение по времени до 40 минут для бесплатных версий являлось проблемой при проведении занятий, так как требовало повторного подключения обучающихся и отнимало время от учебного процесса.

Не менее популярной среди студентов и преподавателей стала платформа Discord, основными достоинствами которой являлось работа в приложении без скачивания, низкое потребление памяти и подавление посторонних шумов.

Подводя итог, можно сделать вывод, что выбор оптимальной платформы ДО – это одна из основных задач университетов в области внедрения дистанционных технологий в образовательный процесс. В настоящее время существует большое количество современных платформ для дистанционного обучения, каждая из которых имеет достоинства и недостатки. В первую очередь, необходимо учитывать технические возможности, имеющиеся как у студентов, так и у преподавателей, а также не забывать о профессиональной компетентности ППС в области использования информационных технологий. Несмотря на широкие возможности дистанционного образования, студенты, как показывают опросы, предпочитают традиционную форму обучения. Поэтому в настоящее время в Пензенском государственном университете считают оптимальным смешанное обучение, при котором проведение традиционных аудиторных занятий связано с активным использованием электронной образовательной среды и инструментов онлайн-платформ Zoom, Discord.

Список литературы

1. Концепция создания и развития единой системы дистанционного образования в России : постановление Государственного комитета Российской Федерации по высшему образованию № 6 от 31.05.1995.
2. Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ : приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 816 от 23.08.2017.
3. О государственной информационной системе «Современная цифровая образовательная среда» : постановление Правительства РФ № 1836 от 16.11.2020.
4. О направлении методических рекомендаций по разработке стратегии цифровой трансформации образовательных организаций высшего образования, подведомственных Минобрнауки России : письмо Минобрнауки России № МН-19/697 от 07.10.2021.
5. О методических рекомендациях : письмо Минобрнауки России № МН-10/3153-ПК от 23.09.2021.
6. Староверова В. Н. Современные платформы дистанционного образования в системе обучения ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова. URL: <https://www.cs.vsu.ru/ipmt-conf/conf/2021/works/ШК.6>
7. Панов М. А., Бобов Ю. И. Анализ использования платформ для дистанционного обучения // Инновационные аспекты развития науки и техники. 2020. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-ispolzovaniya-platform-dlya-distantsionnogo-obucheniya>
8. Хажирокова Ю. Ю. Сравнительный анализ платформ для дистанционного обучения в образовательной среде // Педагогическая перспектива. 2021. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-platform-dlya-distantsionnogo-obucheniya-v-obrazovatelnoy-srede>

НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ПО ТЕНЗИОМЕТРИЧЕСКОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ КРОВИ

*Владимир Иванович Горбаченко¹,
Владимир Владимирович Потапов²,
Дмитрий Николаевич Грибков³,
Олег Константинович Зенин⁴*

^{1,3,4}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

*²Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького,
г. Донецк, Донецкая Народная Республика*

Аннотация. Исследованы наборы данных, позволяющие определять хроническую сердечную недостаточность у пациентов. Реализована нейронная сеть, предсказывающая процентную вероятность патологии. Подсчитаны метрики качества обучения нейронной сети на разных наборах признаков. Приведенные данные убедительно говорят о возможности использования предложенной нейросетевой модели, базирующейся на цифровых значениях результатов тензиометрических исследований жидкой части крови (плазмы и сыворотки), для автоматического определения вероятности развития хронической сердечной недостаточности.

Ключевые слова: нейронные сети, хроническая сердечная недостаточность, вероятность патологии

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ), в том числе хроническая сердечная недостаточность (ХСН), остаются ведущей причиной инвалидизации и смертности населения. По данным Росстата заболеваемость населения Российской Федерации (РФ) болезнями системы кровообращения в период с 2000 по 2019 гг. выросла в 2,09 раза. Всемирная организация здравоохранения считает ССЗ основной причиной смерти во всем мире: ни по какой другой причине ежегодно не умирает столько людей, сколько от ССЗ. Количество людей с ХСН в РФ за последние 20 лет увеличилось в 1,35 раза. Медиана времени дожития среди пациентов составляет от 3,8 до 8,4 лет, что свидетельствует о плохом прогнозе пациентов с ХСН. Высокая частота встречаемости и особая тяжесть этих заболеваний требует разработки новых эффективных средств ранней диагностики и лечения, а также методов контроля его эффективности.

Известен способ [1] ранней диагностики развития ХСН путем центрифугирования пробы крови больного и дальнейшего исследования и анализа полученных результатов. Измеряют динамическое поверхностное натяжение сыворотки крови при адсорбции 100 с, а также ее равновесное поверхностное натяжение при адсорбции 2500 с и, при значении первого показателя 44,3 мН/м или менее, а второго – 38,3 мН/м или менее, диагностируют развитие хронической сердечной недостаточности на ранних стадиях.

Основным недостатком способа является некоторая субъективность в вопросах принятия решения.

Целью является повышение объективности процессу принятия решения за счет автоматизации процесса прогнозирования развития ХСН путем построения нейросетевой модели основанной на табличных данных результатов тензиометрических исследований крови.

Исходными данными для построения нейросетевой модели служили результаты тензиометрических исследований жидкой части крови (плазмы и сыворотки) здоровых добровольцев и людей, страдающих ХСН, представленные в виде Excel таблиц, содержащих данные о динамическом поверхностном натяжении (γ) сыворотки крови при адсорбции 100 с, а также ее равновесном поверхностном натяжении 30 (γ_{∞}) при времени адсорбции 2500 с.

Прежде чем обучать нейронную сеть, данные необходимо произвести подготовку данных [2]. Импорт и первичная обработка была произведена с использованием библиотеки для работы с xlsx файлами в среде Python – openpyxl [3]. В первоначальном наборе данных часть полей содержала качественные признаки, что потребовало их кодирования с помощью One-Hot Encoding (унитарного кода) [4]. Это было реализовано с использованием библиотеки Pandas [5]. Следующая проблема – малое количество данных. Для этого с помощью бутстрапа (бутстрепа) [6] произведена десятикратная аугментация, что позволило обучать сеть более эффективно. Бутстрап реализован с помощью случайного выбора примеров с возвратом. После преобразований данные были выгружены в формат csv средствами Pandas.

Нейронная сеть реализована с помощью инструмента Deep Learning Toolbox системы MATLAB [7]. Сеть имеет следующую архитектуру: входной слой с количеством входов, определяемым количеством признаков в обучающих примерах, скрытый слой с десятью нейронами, выходной слой с двумя нейронами. В качестве функции активации в скрытом слое использована функция гиперболический тангенс. Функцией активации выходного слоя выбрана функция Softmax, позволяющая сформировать на выходе сети вектор, представляющий вероятности отнесения признаков примера к норме и патологии [8]. В качестве функции потерь использована перекрестная энтропия (cross-entropy loss) [8]. В качестве алгоритма обучения сети использован реализованный в Deep Learning Toolbox масштабируемый алгоритм сопряженных градиентов (scaled conjugate gradient algorithm) [9]. Для предотвращения переобучения использована перекрестная проверка (Cross-Validation – кросс-валидация), в частности, валидация на отложенных данных (hold-out CV) [10]. Для этого случайным образом формировались три набора данных: тренировочный – для обучения сети, проверочный – для выявления начала переобучения в процессе обучения и тестовый – для оценки качества обученной модели.

По итогам обучения рассчитаны стандартные метрики качества работы сети при решении задач классификации [6]. Построенный бинарный классификатор относит подаваемый на вход пример к одному из двух классов: норма или патология. Положительным исходом считается обнаружение патологии. По результатам обучения нейронной сети для каждого множества примеров построены матрицы ошибок (Confusion Matrix) – матрицы, в которой для каждого класса наблюдений приводятся результаты отнесения примеров к тому или иному классу. Каждая матрица содержит:

- N_{TP} – количество действительно позитивных классификаций, для которых фактический положительный исход примера совпадает с предсказанным классификатором;
- N_{TN} – количество действительно негативных классификаций, для которых фактический отрицательный исход примера совпадает с предсказанным классификатором;
- N_{FP} – количество ложно положительных классификаций, для которых фактический отрицательный исход классификатор посчитал положительными;
- N_{FN} – количество ложно отрицательных классификаций, для которых фактический положительный исход классификатор посчитал отрицательным.

Оценки качества классификатора проводились по тестовому набору примеров, для которого в случае нового набора признаков получены следующие значения:

$N_{TP} = 650$, $N_{TN} = 670$; $N_{FP} = 0$; $N_{FN} = 0$. Для стандартного набора признаков: $N_{TP} = 540$; $N_{TN} = 670$; $N_{FP} = 0$; $N_{FN} = 110$.

Основными показателями качества бинарной классификационной модели [6] являются следующие.

Точность (Accuracy) – доля правильно классифицированных примеров

$$R_{AC} = \frac{N_{TP} + N_{TN}}{N},$$

где N_{TP} – число истинно положительных наблюдений, N_{TN} – число истинно отрицательных наблюдений, N_{FP} – число ложно положительных наблюдений, N_{FN} – число ложно отрицательных наблюдений, $N = N_{TP} + N_{TN} + N_{FP} + N_{FN}$ – общее число наблюдений.

Прецизионность (Precision) – точность предсказания положительного исхода, т.е. какая доля пациентов с правильно предсказанной патологией

$$R_{PR} = \frac{N_{TP}}{N_{TP} + N_{FP}}.$$

Чувствительность (Sensitivity) – это доля истинно положительных примеров, правильно определенных классификатором

$$S_R = \frac{N_{TP}}{N_{TP} + N_{FN}}.$$

Специфичность (Specificity) оценивает способность классификатора предсказывать отрицательный исход

$$S_P = \frac{N_{TN}}{N_{TN} + N_{FP}}.$$

В нашем случае чувствительность – это доля пациентов с патологией, для которых классификатор верно диагностирует наличие патологии. А специфичность – доля пациентов без патологии, для которых классификатор верно диагностирует отсутствие патологии.

Хороший классификатор должен обеспечивать высокие показатели точности и полноты. Но достичь одновременно максимальных значений точности и полноты нельзя. Поэтому для экспериментов с классификаторами необходима единая метрика, объединяющая точность и полноту. Такой метрикой является F₁-мера (F₁-score), которая является гармоническим средним между прецизионностью и полнотой

$$F_1 = 2 \frac{R_{PR} * S_R}{R_{PR} + S_R}.$$

Мера F₁ будет близка к нулю, если хотя бы из ее аргументов близок к нулю. Причем прецизионность и полнота оказывают одинаковое влияние.

Показатели качества для набора признаков приведены в табл. 1.

Таблица 1

Метрики качества сети для набора данных

Метрика	Значение
Точность (Accuracy)	1
Прецизионность (Precision)	1
Полнота (Recall)	1
Специфичность (Specificity)	1
F-мера (F-score)	1

Данные, приведенные в таблице, убедительно говорят о возможности использования предложенной нейросетевой модели, базирующейся на цифровых значениях результатов тензиометрических исследований жидкой части крови (плазмы и сыворотки), для автоматического определения вероятности развития ХСН.

Список литературы

1. Potapov V. V., Shramenko E. K., Zenin O. K. Surface Tension and Dilatational Rheology of Blood in Patients Subjected to Cardiological Operations under Conditions of Artificial Circulation // Colloid Journal. 2020. Vol. 82, № 1. P. 49–53.
2. Чжен Э., Казари А. Машинное обучение. Конструирование признаков: принципы и техники для аналитиков. М. : Эксмо, 2022. 240 с.
3. Openpyxl – A Python library to read/write Excel 2010 xlsx/xlsm files. URL: <https://openpyxl.readthedocs.io/en/stable/> (дата обращения: 11.02.2022).
4. Brownlee J. Why One-Hot Encode Data in Machine Learning? URL: <https://machinelearningmastery.com/why-one-hot-encode-data-in-machine-learning/> (дата обращения: 11.02.2022).
5. Pandas documentation. URL: <https://pandas.pydata.org/docs/> (дата обращения: 11.02.2022).
6. Брюс П., Брюс Э., Гедек П. Практическая статистика для специалистов Data Science. СПб. : БХВ-Петербург, 2021. 352 с.
7. Beale M. H., Hagan M. T., Demuth H. B. Deep Learning Toolbox. User Guide. Natick, MA : MathWorks, Inc., 2021. 3610 p.
8. Аггарвал Ч. Нейронные сети и глубокое обучение. СПб. : Диалектика, 2020. 752 с.
9. Moller M. F. A Scaled Conjugate Gradient Algorithm for Fast Supervised learning // Neural Networks. 1993. Vol. 6, iss. 4. P. 525–533.
10. Рашка С., Мирджалили В. Python и машинное обучение: машинное и глубокое обучение с использованием Python, scikit-learn и TensorFlow. СПб. : Диалектика, 2020. 948 с.

УДК 004.622

АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ, ПРАВОВЫХ И ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

*Юлия Николаевна Дугина¹,
Виктория Вячеславовна Крупкина²,
Аркадий Петрович Писарев³*

^{1,2,3}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрена суть требований к технологическим, программным, правовым и организационным средствам обеспечения пользования Единой информационной системой жилищного строительства, а также требований к ее взаимодействию с иными информационными системами.

Ключевые слова: взаимодействие государственных систем, функционирование системы, хранение и обработка информации

Единая информационная система жилищного строительства (ЕИСЖС) – это система, функционирующая на основе программных, технических средств и информационных технологий, обеспечивающих сбор, обработку, хранение, предоставление, размещение и использование информации о жилищном строительстве, а также иной информации, предусмотренной законодательством Российской Федерации [1].

Для поддержки функционирования ЕИСЖС должны использоваться технологические и программные средства, которые позволяют реализовать:

- автоматизированный сбор информации, размещаемой в системе из государственных и муниципальных информационных систем;
- ввод информации в виде электронных документов, подписанных усиленной квалифицированной электронной подписью, заполнение электронных форм документов, а также ввод иной информации, определенной законодательством;
- взаимодействие с информационными системами, предоставляющих государственные и муниципальные услуги и т.д.;
- разграничение доступности информации для субъектов, осуществляющих передачу данных, и пользователей системы;
- поиск информации с использованием стандартных поисковых систем;
- программно-техническую защиту информации, размещенной в системе;
- взаимодействие между пользователями информации с помощью уведомлений, запросов, предписаний и информации об их исполнении, обмена сообщениями;
- форматно-логическую проверку информации;
- автоматизированную фиксацию размещения и изменения информации;
- непрерывную работу системы;
- резервное копирование информации, содержащейся в системе.

Информация, хранящаяся в ЕИСЖС, должна быть на русском языке, наименования юридических лиц могут быть указаны с использованием букв латинского алфавита. Запрещено использование специальных символов и обозначений, препятствующих пользованию информационной системой жилищного строительства [2].

Подготавливаемые и публикуемые документы являются правовыми средствами обеспечения пользования ЕИСЖС. Они должны быть доступными и наглядными для пользователей. Внесение изменений в такие документы допускаются не чаще одного раза в 3 месяца.

Организационные средства обеспечения пользования ЕИСЖС должны обеспечивать:

- круглосуточное функционирование службы технической поддержки, осуществляющей связь с пользователями для быстрого решения вопросов в процессе использования системы;
- электротехническую и физическую защиту компьютерной техники, с помощью которой осуществляется функционирование системы;
- периодическое обновление программно-технической базы функционирования системы.

В случае наступления технического сбоя (временной неработоспособности) размещается соответствующая информация на сайте ЕИСЖС с указанием предполагаемым временем восстановления работоспособности системы. После устранения технического сбоя на сайте публикуется соответствующая информация.

Хранение информации, содержащейся в ЕИСЖС, должна осуществляться с применением программно-технического комплекса на основных и резервных носителях информации, длительного хранения и использования информации.

Хранение осуществляется отдельно, в закрытой или открытой частях системы. Также осуществляется систематизация архивов информации сроком размещения в системе.

Обработка информации, содержащейся в ЕИСЖС, должна реализовываться программно-техническими средствами, не допускающими уничтожения или повреждения технических средств системы, нарушения целостности, утраты, а также вида информации.

Также должны пресекаться случаи использования информации, при которых ее обработка может повлечь нарушение прав владельцев информации, возникновение неполадок в системе, а также нарушение целостности и структуры информации, которая размещена в системе.

Информационное взаимодействие ЕИСЖС с иными информационными системами осуществляется следующими способами:

- применение инфраструктуры, которая гарантирует информационно-технологическое взаимодействие информационных систем;
- использование программно-технических средств системы в интеграционном сегменте информационной системы;
- на основании информационных запросов и информационных сообщений, направляемых системой жилищного строительства или операторами иных информационных систем и подписанных электронной подписью уполномоченных должностных лиц.

Электронные документы, направляемые в качестве информационного взаимодействия между органами власти, органами местного самоуправления, а также иными организациями должны быть подписаны электронными подписями уполномоченных должностных лиц организаций.

При информационном взаимодействии ЕИСЖС с иными информационными системами информация передается участниками взаимодействия в виде электронных файлов следующих форматов: .docx, .xml, json., .xlsx, .txt, .pdf, .dump, .mssql, .rar., jpeg, .jpg, .zip, .png, .tiff, .sig, .svg.

В случаях если нормативными правовыми актами установлена обязательность использования в информационных системах для взаимодействия между ними схем формирования документов в определенном формате, разработанные оператором ЕИСЖС схемы формирования документов должны быть унифицированы, а также должна обеспечиваться программно-техническая совместимость системы с иными информационными системами в части обмена документами, составленными в определенном формате по любой из указанных схем.

Список литературы

1. Единая информационная система жилищного строительства. URL: <https://base.garant.ru> (дата обращения: 16.01.2022).
2. Требования к единой информационной системе жилищного строительства. URL: <https://minstroyrf.gov.ru> (дата обращения: 16.01.2022).

КОНВЕРТЕР АВТОМАТНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ В ФУНКЦИОНАЛЬНО-БЛОЧНЫЕ МОДЕЛИ МОНИТОРОВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

**Максим Игоревич Кобзев¹,
Виктор Николаевич Дубинин²**

^{1,2}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрены подходы к функционально-блочной реализации мониторов последовательностей событий на основе конечно-автоматной модели, описывающей технологический процесс. Приведено описание соответствующего программного конвертера.

Ключевые слова: конечный автомат, функциональный блок, стандарт ИЕС 61499, мониторинг, проверка соответствия, конвертер

Задачи мониторинга, диагностики и восстановления после ошибок являются важными задачами в проектировании и эксплуатации систем промышленной автоматизации (СПА), поскольку напрямую влияют на надежность их функционирования. Однако задача разработки мониторов функционирования СПА является непростой задачей. Для генерации формальной модели (в том числе конечно-автоматной) из журналов событий может использоваться метод *process mining* [1]. Эта модель может служить основой для проведения проверки соответствия (*conformance checking*) реального поведения системы формальной эталонной модели. Для реализации монитора функционирования в реальном масштабе времени на основе конечно-автоматной модели требуется разработка программных средств, автоматизирующих данный процесс. В настоящее время все большее распространение для проектирования и реализации распределенных систем управления получает стандарт ИЕС 61499 [2]. В основу стандарта ИЕС 61499 была положена иерархическая автоматная модель, управляемая потоком событий, структурируемая с использованием концепции функциональных блоков (ФБ).

В данной статье представлены два подхода к функционально-блочной реализации мониторов последовательностей событий на основе конечно-автоматной модели, описывающей процесс. Данные мониторы – «упрощенный» (Monitor1) и «усложненный» (Monitor2) могут осуществлять проверку соответствия в реальном масштабе времени. В обоих случаях результатом преобразования является базисный ФБ ИЕС 61499, включающий событийный интерфейс и диаграмму управления выполнением (диаграмму ЕСС). Рассматриваются две целевые платформы (IDE) – FBDK [3] и NxtStudio [4].

Реализация «упрощенного» монитора одинакова для обеих целевых платформ. При этом конечноавтоматная модель процесса отображается на диаграмму ЕСС практически «один к одному». Интерфейс ФБ формируется следующим образом. Каждому событию назначается свой собственный событийный вход. Входной сигнал INIT предназначен для перевода модели в начальное состояние. Сигнал с событийного выхода Ok выдается, если принятое входное событие согласуется с формальной эталонной моделью. При этом выдается номер состояния ЕСС, куда произошел переход (выходная переменная State). Недостатком данного подхода является то, что сигнал об ошибке явно не выдается. Ошибку в последовательности

событий можно обнаружить, если при приеме очередного события не произошла выдача выходного события Ок. Это является недостатком, так как информация об ошибке никак не сохраняется.

Реализация «усложненного» монитора для разных платформ разная. Это связано с тем, что модели выполнения базисных ФБ в этих двух системах различны. В то время как в FBDK входное событие сбрасывается сразу после активации (срабатывания) перехода ЕСС, то в NxtStudio оно не сбрасывается в течение всего времени выполнения ФБ. В результате во время выполнения ФБ может сработать несколько ЕСС-переходов, которые помечены одним и тем же входным событием.

«Усложненный» монитор для FBDK является развитием «упрощенного» монитора и имеет улучшенную диагностику при проверке правильности входной последовательности событий. При обнаружении ошибки выдается не только номер состояния (StateID), где произошла ошибка, но и номер входного события (EventID), которое привело к ошибке. Таким образом, ошибка фиксируется. ФБ работает до появления первой ошибки, после чего работа ФБ блокируется. Модель ЕСС является полностью определенной в том смысле, что из каждого основного (проверочного) состояния ЕСС выходят стрелки, помеченные каждым из входных событий. Входные события, не специфицированные в проверочном состоянии, переводят диаграмму ЕСС в одно из состояний ошибки. Номер ошибочного перехода будет выведен в переменную EventID.

Реализация для NxtStudio более сложная. В этом случае для каждого событийного входа необходимо ввести дополнительный событийный вход. Например, входное событие Register (со знаком подчеркивания в начале) введено для входного события Register. «Нормальные» переходы между состояниями ЕСС отмечаются событиями без подчеркивания, а переходы, приводящие к состоянию ошибки, отмечаются подчеркиванием. Считается, что все входные события идут парами – сначала идет событие без подчеркивания, а потом событие с подчеркиванием. Разделение события на два выполняется вне функционального блока Monitor2.

На рис. 1 приведена диаграмма ЕСС функционального блока второго типа (Monitor2) для мониторинга в среде FBDK. Поскольку переходов в этой модели очень много, и показ их всех в полном объеме привел бы к потере читабельности рисунка, то представлен полный набор связей только для состояния q0. На рис. 2 приведено преобразование автоматной модели примера "Ремонт телефонов" в функциональный блок первого типа (Monitor1) для мониторинга.

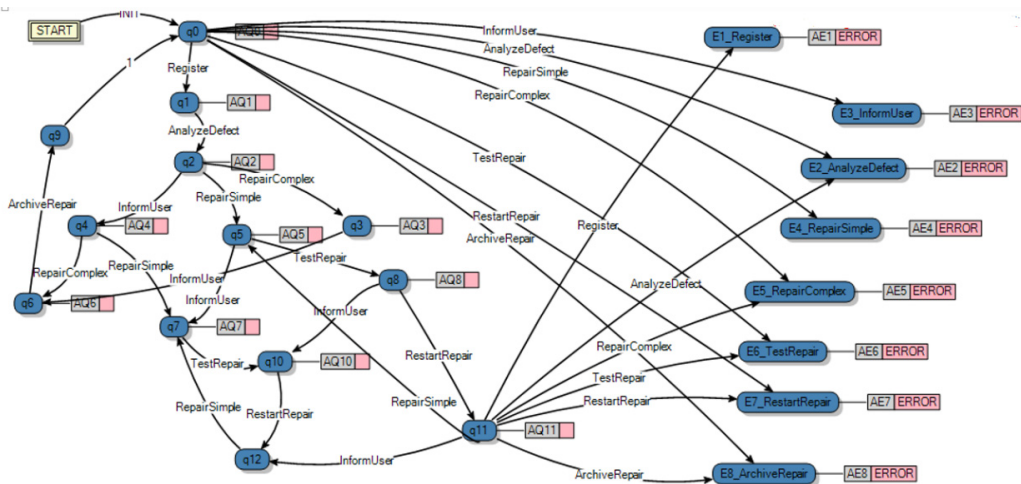


Рис. 1. Диаграмма ЕСС функционального блока второго типа для мониторинга в FBDK

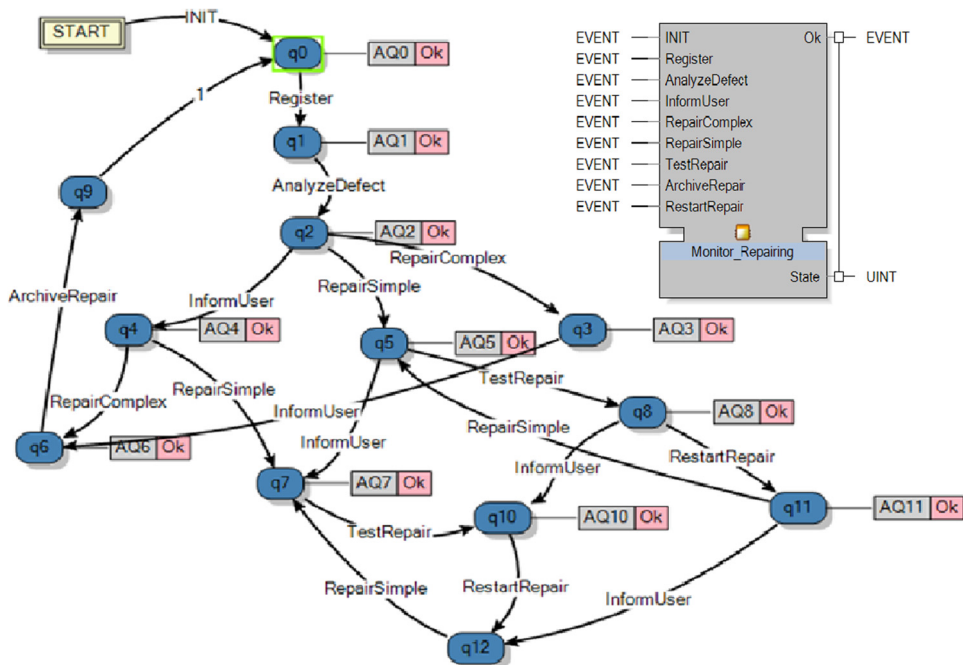
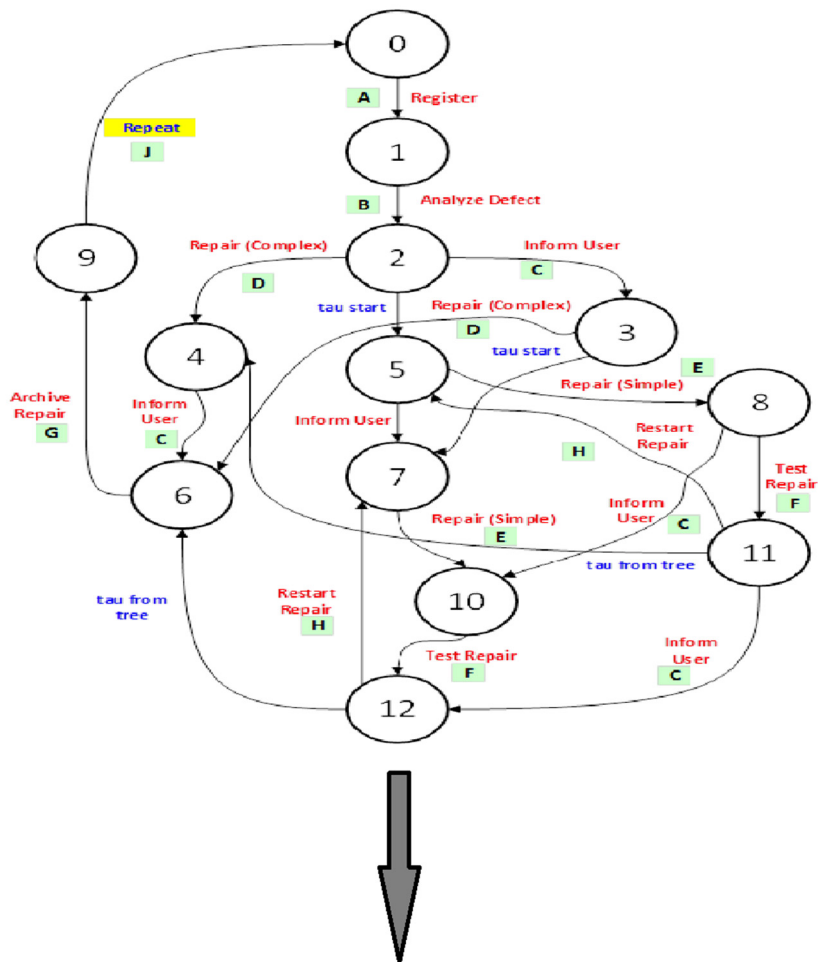


Рис. 2. Преобразование автоматной модели примера «Ремонт телефонов» в функциональный блок первого типа для мониторинга

Разработан программный конвертер, преобразующий автоматную модель процесса, представленную в формате GraphML, в XML-описание базисного ФБ стандарта IEC 61499 для мониторинга. При этом возможен выбор типа генери-

руемого монитора (Monitor1 или Monitor2) и целевой платформы (FBDK или NxtStudio). В качестве среды разработки была выбрана среда Qt Creator 4.15.2, язык программирования – C/C++, язык разметки веб-страниц HTML/CSS.

Список литературы

1. Aalst W. [et. al.]. Process Mining Manifesto // International Conference on Business Process Management workshops (BPM 2011). Clermont-Ferrand : Springer, 2011. P. 169–194.
2. Дубинин В. Н., Вяткин В. В. Модели функциональных блоков IEC 61499, их проверка и трансформации в проектировании распределенных систем управления : монография. Пенза : Изд-во ПГУ, 2012. 348 с.
3. The Function Block Development Kit. URL: <https://holobloc.com/>
4. NxT Technology IDE. URL: <https://www.nxtcontrol.com>

УДК 004

АНАЛИЗ БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ СЕТЕВОГО МАРКЕТИНГА

Виктория Вячеславовна Крупкина¹,
Юлия Николаевна Дугина²,
Аркадий Петрович Писарев³

^{1,2,3}*Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия*

Аннотация. Исследована тенденция развития сетевого маркетинга в России. Рассмотрена роль бизнес-модели в стратегии продвижения бизнеса в Интернете. Приведены основные виды бизнес-моделей на основе мировой практики. Проведен анализ с указанием специфических особенностей для каждой концепции. Рассмотрена работа выделенных бизнес-моделей на примере современных компаний. Определен наиболее популярный сегмент сетевого маркетинга.

Ключевые слова: сетевой маркетинг, бизнес-модели, B2B, B2C, B2G, C2C, C2B, G2B, G2C

Сетевой маркетинг в России активно распространяется с начала 1990-х годов. После пандемии COVID-19 в 2020 году у населения увеличился интерес к удаленному способу заработка и многие стали дистрибьюторами сетевых компаний.

Сетевой маркетинг – это модель реализации товаров и услуг от производителя к потребителю через специальных агентов – дистрибьюторов, без привычных посредников в виде розничных магазинов.

Наиболее активно сетевой маркетинг развивается в интернете, поэтому значительной частью стратегии бизнеса является процесс разработки бизнес-модели.

Бизнес-модель – это концепция, охватывающая набор объектов, понятий и связей между ними, используемых для описания деятельности организации или сети организаций [1].

При построении бизнес-модели необходимо особое внимание уделять выбору понятий и связей, а также четко представлять какую ценность организация предоставляет потребителям, как это делается и с какими финансовыми результатами.

Бизнес-модель определяет цель бизнеса, продуктовый ряд, стратегию, инфраструктуру, организационную структуру, способы продаж, операционные процессы и политику организации.

В настоящее время мировая практика выделяет следующие виды бизнес-моделей:

- B2B (Business to Business);
- B2C (Business to Consumer);
- B2G (Business to Government);
- C2C (Consumer to Consumer);
- C2B (Consumer to Business);
- G2B (Government to Business);
- G2C (Government to Consumer).

Бизнес-модели B2B и B2C являются наиболее распространенными и обозначают коммерческие отношения между бизнесом и конечным покупателем (бизнесом или человеком соответственно).

Бизнес-модель B2B (бизнес для бизнеса) – это сектор рынка, ориентированный на продажу между компаниями. Через веб-сайт компания, построенная по бизнес-модели B2B, продает свой продукт промежуточному покупателю, который затем продает продукт конечному потребителю. Отличительной чертой данного бизнеса является то, что продавец и покупатель – это субъекты предпринимательской деятельности.

Основными товарами продажи в данном случае являются средства производства, услуги для бизнеса, а также аутсорсинг.

Примером бизнес-модели B2B может послужить информационный сервис «Яндекс Go». Любой таксопарк может подключиться к данной платформе, чтобы предоставить конечному пользователю свои услуги. Также партнерами могут стать службы доставки.

Бизнес-модель B2C (бизнес для конечного потребителя) – это электронная торговля, направленная на прямые продажи товаров и услуг клиентам для личного пользования. В данном сегменте покупки осуществляются исходя из субъективных желаний покупателей. Поэтому предложения направлены на то, чтобы охватить как можно больше групп покупателей.

Главную роль в продажах B2C играют удачные рекламные кампании и хороший сервис. Конкуренция в данном сегменте очень высокая, поэтому для компаний, построенных по модели B2C, важно своевременно найти и качественно сформировать уникальное торговое предложение.

Основными направлениями деятельности данных компаний является торговля различными товарами, предоставление услуг и интернет-коммерция. Один из наиболее популярных инструментов B2C является Интернет-магазин.

Примеров бизнес-модели B2C достаточно много на рынке («М.Видео», «ZARA» и многие другие), так как современные тенденции делают наличие Интернет-магазина у компании обязательным условием для успешной реализации товаров и услуг.

Бизнес-модель B2G (взаимоотношения между организацией и правительством) – это сектор рынка, ориентированный на проведение госзакупок, в котором отношения четко регламентированы законодательством каждой страны. При проведении госзакупок строго регулируются и проверяются: процедуры закупок, возможности и ограничения.

Данные коммерческие отношения имеют ряд специфических особенностей: тендерная система закупок, сложная структура механизма принятия решений, стабильность бизнес-отношений, привлечение админресурса, финансовые условия (сложная система расчета, зависимость от госбюджета). Несмотря на сложности ведения бизнеса компаниями, построенными по модели B2G, имеют ряд преимуществ:

работа по четкому алгоритму, возможность долгосрочного планирования, работа с крупными заказами.

Компании малого и среднего бизнеса для участия в торгах на федеральных электронных площадках должны пройти регистрацию на сайте «Единая информационная система в сфере закупок».

Бизнес-модель С2С (потребитель – потребителю) предполагает продажи в онлайн и офлайн режимах, в которых продавцом и покупателем выступает физическое лицо. Официально продавец не является предпринимателем. Особенностью бизнес-модели С2С является быстрая смена ролей «продавец» – «покупатель».

Особенностью сегмента С2С является участие посредников:

–онлайн-площадки – веб-ресурсы, на которых продавец может разово выставить товар на продажу. Если физическое лицо систематически продает свой товар через онлайн-площадку, то считается, что он занимается неоформленной предпринимательской деятельностью, которая преследуется по закону;

–печатные и электронные СМИ – продавец отправляет свое предложение в газету или журнал, с которым потенциальные покупатели контактируют напрямую;

–аукционы – физическое лицо предоставляет свой товар посреднику на участие в аукционе, на котором осуществляется оценка товара, сопровождение продажи и обеспечение безопасности проведения финансовых операций.

В качестве примеров бизнес-модели С2С можно рассмотреть интернет-сервис «Авито» или газету объявлений «Из рук в руки». Одно частное лицо размещает объявление на продажу/покупку товара/недвижимости на сайте/в газете. Затем другое частное лицо откликается на объявление. Если обе стороны приходят к соглашению, то совершается сделка.

Бизнес-модель С2В (потребитель – бизнесу) – это модель, в которой потребитель воздействует на стоимость товаров и услуг, предлагаемых компанией.

Компании только выигрывают в С2В от желания потребителей договариваться о цене, предоставлять свои данные или продавать. Потребители получают прибыль от прямой оплаты товаров и услуг по сниженным ценам и гибкости транзакции, которую создал рынок С2В. Покупатели на бизнес-рынках также имеют свои недостатки. С2В – все еще относительно новая деловая практика и на данный момент изучена не до конца.

Отличным примером бизнес-модели С2В служит метапоисковик (сервис по поиску отелей и сравнения цен на них в режиме онлайн) «trivago». Пользователь задает интересующие параметры отеля или конкретный отель. Затем система на основании указанных данных показывает все доступные для бронирования варианты, размещенные на внешних сайтах, предложения от которых сравнивает trivago. Пользователь выбирает предложение с наиболее подходящей для него ценой.

Бизнес-модель G2B (правительство бизнесу) – это модель, в которой исполнительная власть посредством веб-сайта взаимодействует с коммерческими структурами с целью поддержки и развития бизнеса.

К классу G2B можно отнести информационные веб-сайты органов власти, системы электронных закупок и прочее. Например, портал поддержки малого и среднего предпринимательства по Пензенской области «Мой бизнес», созданный при финансовой поддержке Минэкономразвития России и Правительства Пензенской области для оказания комплекса информационно-консультационных услуг, направленных на содействие развитию субъектов малого и среднего предпринимательства [2].

Бизнес-модель G2C (правительство гражданам) – это модель, ориентированная на улучшение и упрощение процессов взаимодействия между населением и государственными органами. С помощью веб-сайтов правительство обеспечивает

доступ населения к государственной информации. Правительство стремится предоставить все услуги на одном ресурсе, чтобы гражданам не требовалось устанавливать контакт с каждым учреждением отдельно.

Примером бизнес-модели G2C может служить единый портал государственных услуг Российской Федерации «Госуслуги», обеспечивающий доступ физических и юридических лиц к сведениям о государственных и муниципальных услугах в Российской Федерации. Многие услуги на данный момент можно получить в электронной форме.

Таким образом, каждая бизнес-модель имеет свою задачу, целевую аудиторию, специфику продаж, средний чек покупки и стратегии ведения маркетинговых кампаний. Однако успех любой компании независимо от применяемой бизнес-модели напрямую зависит от правильной оценки потребностей клиента и построения стратегии продаж.

В настоящее время наиболее популярным сегментом является B2C, где конечным потребителем является клиент [3].

Список литературы

1. ГОСТ Р 57273–2016. Устойчивое развитие производственных сетей. Общие положения. URL: <http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 10.12.2021).
2. Портал поддержки малого и среднего предпринимательства по Пензенской области «Мой бизнес». URL: <https://mbpenza.ru/> (дата обращения: 15.12.2021).
3. B2C, подробный обзор сегментов рынка. URL: <https://timeweb.com/ru/> (дата обращения: 10.01.2022).

УДК 004.942

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯРНЫХ КОНСТРУКТОРОВ САЙТОВ

*Ульяна Михайловна Мельникова¹,
Владимир Алексеевич Маслов²*

^{1,2}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Исследованы основные характеристики, описывающие возможности конструкторов сайтов. Рассмотрены популярные онлайн-платформы для создания собственных сайтов. Проанализированы конкретные сервисы для формирования сайтов пользователями, не владеющими знаниями в области программирования. Выявлены основные преимущества конструкторов, которые являются ключевыми при выборе одного из хостингов для построения собственного сайта.

Ключевые слова: сайт, веб-система, конструктор сайтов, хостинг, Google sites, Tilda, платформа

Сегодня интернет получил широчайшее распространение в различных сферах человеческой деятельности. За короткий срок он стал неотъемлемой частью повседневной жизни. Через интернет люди получают образование [1], взаимодействуют с государственными органами [2], находят нужную им информацию и имеют

возможность зарабатывать. Важное место сеть интернет занимает в сфере продвижения услуг и продуктов.

Период пандемии показал, что создание качественного интернет ресурса является важным фактором в развитии бизнеса. Многим современным бизнесам необходимы платформы для размещения услуг и продукции, им необходимо иметь так называемое веб-лицо. Подобной платформой нередко является сайт, представляющий онлайн сервис для виртуальных покупок. Через сайт пользователь может увидеть предложение продавца, произвести оплату и даже получить желаемый продукт не выходя из дома. Многие предприниматели со временем полностью переходят на онлайн продажи или изначально размещают свой бизнес в сети интернет, создавая для этого сайт. Такой подход объясняется экономией ресурсов, возможностью расширяться и продвигаться на мировом уровне, не имея ограничений к доступу для всех пользователей из разных точек мира. Существуют различные способы создания сайтов, и для типовых случаев все чаще используются конструкторы сайтов.

Сегодня свыше 70 платформ составляют современный рынок конструкторов сайтов [3]. Они отличаются своим многообразием и возможностью создавать ресурсы на любой вкус. Расширенный функционал и легкое использование способствуют успешности и росту популярности данной веб-системы.

Конструктор сайтов – это сервис, с помощью которого за очень короткий отрезок времени пользователь сможет создать сайт с полным функциональным набором [3]. Конструктор сайтов даёт большое количество возможностей разработки дизайна сайта для привлечения новых покупателей своим внешним видом. Некоторые пользователи называют конструктор сайтов интуитивной системой. Это связано с тем, что разобраться в ней и выполнить все необходимые действия может человек, не знающий языки программирования.

Одними из лучших конструкторов считаются такие платформы как «Nethouse», «Ukit», «Wix», «Insales», «Битрикс» и многие другие. В данной статье рассматривается одна из самых популярных в России платформ «Tilda» и сервис «Google Sites».

Тильда – это российский конструктор, обладающий функцией сбора масштабных лендингов из готовых блоков [4]. Разработчики сделали основной упор на дизайн и типографику – благодаря которым можно сосредоточиться на создании контента и продвижении сайта. Google Sites – бесплатный конструктор для создания веб-страниц, одним из главных преимуществ которого является низкий порог входа и отсутствие платы за хостинг.

Специализация конструкторов в основном сосредоточена на создании лендингов, сайтов для бизнеса, коммерческих и личных блогах, рекламы страниц мероприятий, портфолио, а также небольшие интернет-магазины, презентации, редакторские спецпроекты или лонгриды.

Редакторы Тильды и Google sites содержат готовые блоки, которые можно добавлять на страницу и менять по своему усмотрению. Тильда опережает google sites по количеству макетов и имеет более 180 готовых шаблонов сайтов. Максимально понятный интерфейс конструкторов, позволяет быстро создавать базовые сайты и не тратить много времени на обучение.

Возможности визуального редактора Google Sites весьма ограничены. Пользователь может добавлять и удалять разделы на каждой странице, менять фон, цветовую схему и стиль шрифта, но выбирать приходится только из предустановленных наборов, что часто не способствует глубокой кастомизации и в результате сайты получаются однотипными [3]. При этом сервис предоставляет широкий набор средств

для интеграции с другими сервисами компании – Google Docs, Google Slides, Google Forms, Google Ads, YouTube и прочими.

Тильда является одним из ведущих графических редакторов сайтов. Творческие возможности на Tilda практически не ограничены. Конструктор позволяет использовать не только дизайнерские инструменты, но и добавить свой код в блок. Так же поддерживается вставка HTML, CSS и JavaScript, что позволяет реализовать на странице любую идею. Блоки Google Sites оформлены в фирменном стиле Material Design – чистые прямые линии, тени для придания объёма и слегка различимая граница между тонами фонов страницы [5]. Для каждой секции есть возможность установки фона – два варианта цвета, либо выбранное изображение. Добиться сильных изменений и разработки необычного дизайна как в Тильде не получится.

Одним из важных аспектов для пользователя является ценовая политика платформы, на которой они планируют создавать свой сайт. Google Sites – бесплатный сервис для создания веб-страниц. Здесь нет платных тарифных планов с расширенными возможностями. Существует только премиум-версия, доступная при покупке доступа к Google Workspace. Бизнес-версия предлагает те же возможности, что и бесплатная. Tilda является платным сервисом, который почти в два раза дороже других аналогов, имеющих схожую и более развитую функциональность. На Tilda есть бесплатный тариф, на котором можно сделать только до 50 страниц и не более 1 сайта. Остальные тарифы «Personal» и «Business» требуют ежемесячную оплату.

Таким образом, сравнив основные параметры конструкторов Тильда и Google sites, можно сделать вывод, что у каждой платформы есть свои преимущества и недостатки. Tilda – конструктор, который подходит больше для начинающих разработчиков и профессиональных дизайнеров. Пользователю, для которого внешний вид сайта является первостепенным значением – однозначно стоит выбирать Тильду. Для пользователя, запрос которого состоит в продвижении и продажи своих услуг – достаточно использовать все функциональные возможности Google Sites.

Список литературы

1. Неворотова Е. А., Маслов В. А. Некоторые информационные подходы к изучению ботанических коллекций (на примере Пензенского гербария им. И. И. Спрыгина) // Природное наследие России : сб. науч. ст. Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию национального заповедного дела и Году экологии в России / под ред. Л. А. Новиковой. Пенза : Изд-во ПГУ, 2017. С. 308–310.
2. Баранова А. В., Маслов В. А. Проблемы внедрения системы межведомственного электронного документооборота // Научный вестник Крыма. 2020. № 5 (28). С. 36.
3. Обзор и отзывы о конструкторе сайтов Google Sites. URL: <https://uguide.ru/konstruktor-sajtov-google-sites-obzor-otzyvy-primery-sajtov> (дата обращения: 22.12.2021).
4. Обзор конструктора сайтов Tilda. URL: <https://superbwebsitebuilders.com/ru/obzor-konstruktora-sajtov-tilda-publishing> (дата обращения: 22.12.2021).
5. Обзор конструктора сайтов Google Sites. URL: <https://superbwebsitebuilders.com/ru/obzor-konstruktora-sajtov-google-sites> (дата обращения 22.12.2021).

ПРОГРАММА ДЕТЕРМИНИЗАЦИИ И КОНВЕРТАЦИИ АВТОМАТНЫХ МОДЕЛЕЙ В ФОРМАТ GraphML

*Дмитрий Александрович Муромский¹,
Алексей Викторович Дубинин²,
Михаил Алексеевич Ручкин³*

^{1,2,3}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрены алгоритмы детерминизации конечных автоматов, касающиеся удаления «спонтанных» переходов. Представлена программа, осуществляющая процесс детерминизации и конвертации текстового описания конечно-автоматной модели в формат GraphML, используемый для представления атрибутных графов.

Ключевые слова: конечный автомат, спонтанный переход, детерминизация, конвертер, TINA, GraphML

Существует множество форм представления автоматных моделей, среди которых текстовое, графическое (графовое), табличное, XML-базируемое [1]. Преимуществами XML-базируемого представления являются портативность, читабельность, стандартизованность. Многие системы моделирования и проектирования используют собственные форматы, поэтому возникает необходимость преобразования проприетарных форматов представления автоматных моделей в стандартный переносимый формат. Это облегчает обмен данными между различными программами, а также позволяет использовать готовые программы обработки, анализа и визуализации моделей, доступные на данный момент времени.

В данной работе рассматривается преобразование текстового представления графа достижимости сети Петри (который, по сути, является конечно-автоматной моделью) в системе моделирования TINA [2] в формат GraphML [3], используемый для представления атрибутных графов.

Процесс преобразования можно разделить на три фазы: 1) чтение текстовых входных данных и формирование на их основе внутренних структур данных программы; 2) детерминизация конечно-автоматной модели; 3) формирование выходного GraphML-файла. Наличие второй фазы объясняется тем, что в автоматных моделях могут существовать так называемые «спонтанные» переходы. Спонтанный переход не связан ни с каким входным сигналом и может активизироваться в любой момент времени. В теории конечных автоматов спонтанные переходы отмечаются символом λ (лямбда). В системе TINA подобные переходы сетей Петри, портированных из системы PROM, обозначаются как tau. Автоматная модель, содержащая спонтанные переходы, может считаться недетерминированной, поэтому возникает необходимость ее детерминизации. Преимуществом детерминированной автоматной модели является простота ее реализации [4]. Кроме того, при детерминизации путем избавления от спонтанных переходов уменьшается число состояний автоматной модели.

В данной работе рассматриваются два подхода к детерминизации данного вида. Первый метод основан на стягивании дуг, представляющих спонтанные переходы, а второй – на принципе достижимости. Суть первого подхода заключается в следующем: две вершины, соединенные лямбда-дугой, объединяются в одну вершину. В этом случае объединяются входящие и исходящие дуги обеих вершин,

а лямбда-дуга удаляется. Это правило применяется до тех пор, пока в преобразуемом графе не останется лямбда-дуг. Однако данный метод не является универсальным – он применим лишь в случае древовидной топологии взаимосвязей лямбда-дуг. Во втором (универсальном) методе две вершины стягиваются в одну вершину только в том случае, если одна вершина достижима из другой вершины через цепочку лямбда-дуг.

Конечно-автоматная модель в TINA представлена в виде набора описаний состояний и их переходов в текстовом файле с расширением *.kts*. Каждое состояние описывается следующим тестовым фрагментом (в форме РБНФ):

```
state <числовой идентификатор состояния-источника>
trans {<имя входного сигнала>/<числовой идентификатор состояния-приемника>}
```

Структура описания конечно-автоматной модели в формате *GraphML* следующая. Сначала идет описание атрибутов графовой модели с использованием тега *<key>*, например:

```
<key attr.name="label" id="label" attr.type="string" for="node"/>
<key attr.name="Edge Label" id="edglabel" attr.type="string" for="edge"/>
```

В данном случае описывается атрибут *label* типа *string* для вершин графа, а также атрибут *edglabel* типа *string* для дуг графа. Далее идет набор тегов *<node>*, описывающих вершины графа. В автоматной интерпретации это состояния автомата. Пример описания ниже:

```
<node id="8"><data key="label">8</data></node>
```

Для обозначения переходов (дуг) между состояниями автомата используется тег *<edge>*, в котором присутствуют следующие атрибуты: *id* – идентификатор связи; *source* – идентификатор исходного состояния автомата *target* – идентификатор целевого состояния. В теге *<edge>* имеется вложенный тег *<data>*, в котором определяется имя перехода. Пример описания ниже:

```
<edge id="8" target="0" source="9">
  <data key="edglabel">Repeat</data>
</edge>
```

Разработана программа детерминизации и конвертации автоматных моделей в формат *GraphML*. Проект был создан в виде графического приложения Win64 на языке C++ и языка разметки веб-страниц HTML/CSS в кроссплатформенной IDE для разработки программного обеспечения Qt Creator 4.13.1.

Графический пользовательский интерфейс конвертера представлен на рис. 1. Входными данными программы является текстовое представление автоматной модели, сгенерированной в системе TINA (слева), а выходными данными – представление детерминированного автомата в формате *GraphML* (справа).

На рис. 2 приведен пример детерминизации автоматной модели, используемой в задаче «Ремонт телефонов». Слева находится исходный недетерминированный автомат с четырьмя спонтанными переходами. Данный конечный автомат описывает бизнес-процесс ремонта телефонов в ремонтной мастерской. Процесс начинается с регистрации телефонного аппарата, присланного клиентом (переход *Register*). После регистрации телефон отправляется в отдел обнаружения проблем. Там он анализируется и классифицируется его дефект (переход *Analyze Defect*). Всего существует 10 различных категорий дефектов, которые могут быть у телефонов, отремонтированных этой компанией. После выявления проблемы телефон отправляется в ремонтный отдел, а клиенту отправляется письмо, чтобы проинформировать его о проблеме (переход *Inform User*).

На рис. 2 справа показан детерминированный автомат после преобразования конвертером. Как можно заметить, число состояний автомата уменьшилось.

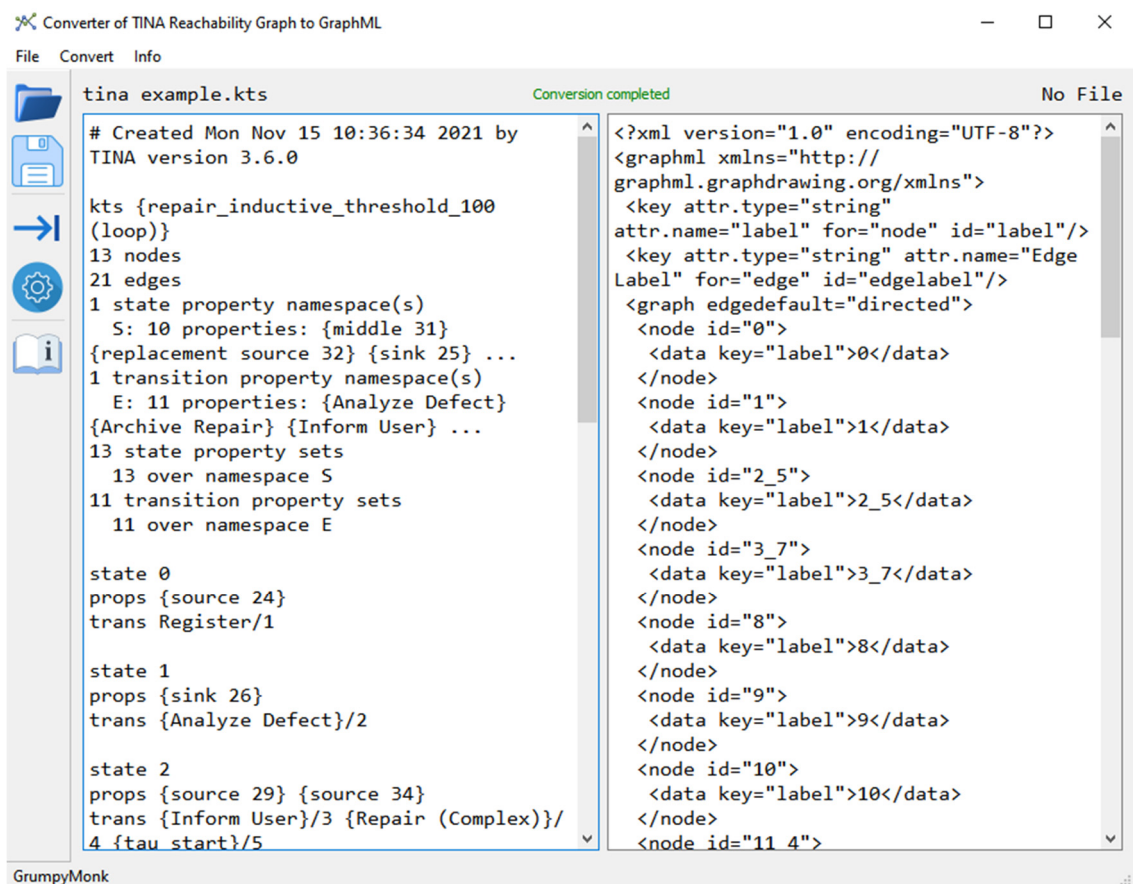


Рис. 1. Основное окно конвертера с входными и выходными данными

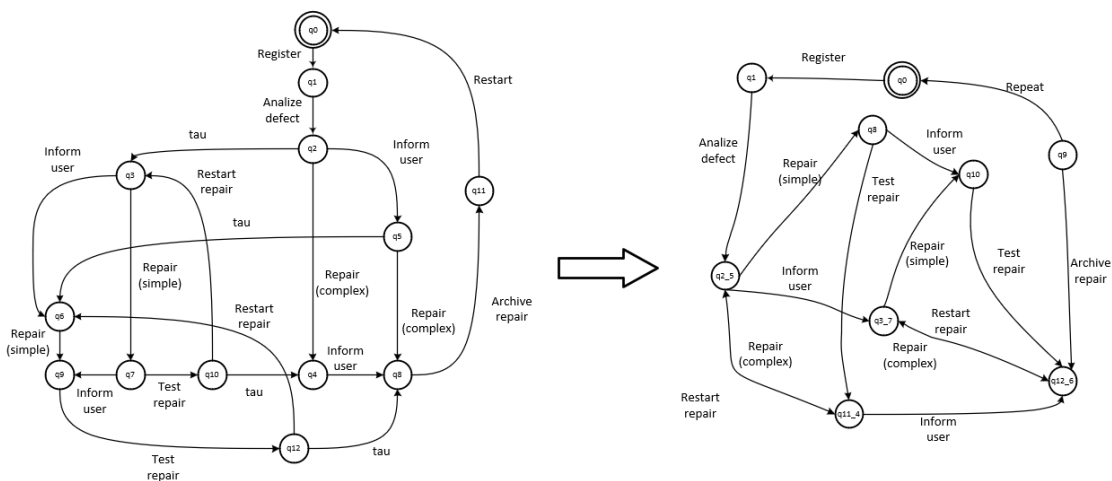


Рис. 2. Детерминизация автомата задачи «Ремонт телефонов»

Список литературы

1. Карпов Ю. Г. Теория автоматов. СПб. : Питер, 2003. 208 с.
2. The TINA toolbox Home Page – Time Petri Net Analyzer. URL: <http://projects.laas.fr/tina/>
3. GraphML Specification. URL: <http://graphml.graphdrawing.org/specification/dtd.html>
4. Вашкевич Н. П. Недетерминированные автоматы в проектировании систем параллельной обработки. Пенза : Изд-во ПГУ, 2004. 280 с.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ САЙТА С СОВРЕМЕННЫМ WEB-ДИЗАЙНОМ

*Аркадий Петрович Писарев¹,
Юлия Валерьевна Терякова²,
Елена Михайловна Голобокова³*

^{1,2,3}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Исследованы принципы и этапы создания сайта с современным Web-дизайном. Определены этапы их создания и цели разработки Web-страницы. Приведены критерии содержания Web-страниц.

Ключевые слова: оценка эффективности Web-страницы, содержание Web-страницы, цели сайта

На сегодняшний день множество различной информации представлено в мировой сети Интернет. Ежедневно к ней обращаются миллионы пользователей по всему миру. Информация в Интернет представляется в виде гипертекстовых документов – WEB-страниц. Интернет страницы обладают различным интерфейсом – совокупностью средств, при помощи которых пользователь взаимодействует со страницей. К сожалению, не все интернет страницы являются удобными в использовании и, следовательно, имеют меньше шансов стать успешными и востребованными пользователями. [1]. Возможности, предоставляемые сетью Internet, весьма обширны и одним из аспектов сети Internet, требующим маркетингового подхода, является разработка Web-страниц. Для изложения маркетинговых принципов построения Web-страниц можно рассмотреть следующие этапы их создания:

- определение целей создания Web-страницы;
- определение целевого сегмента потребителей;
- разработка содержания Web-страницы;
- разработка дизайна Web-страницы;
- оценка эффективности Web-страницы.

Кроме этого необходимо выбрать место размещения и имя Web-страницы. После этого решается вопрос о постоянном обновлении информации и рекламе Web-страницы не только средствами Internet, но и всеми другими возможными способами. Первоначально необходимо определить цели разработки Web-страницы, например:

- распространение информации о фирме;
- продажа товаров и услуг;
- формирование и реклама имиджа фирмы;
- получение информации о качестве обслуживания и др.

Аудитория сети Internet достаточно большая, но необходимо, чтобы Web-страницу посещали те пользователи, которые могут быть потенциальными клиентами. Для этого необходимо провести сегментирование пользователей в сети Internet и выделить целевой сегмент. Далее необходимо составить характеристики, описывающие этот сегмент. Причем здесь необходимо учитывать характеристики, связанные с особенностями компьютерного обеспечения потребителей. Все это позволит привлечь на Web-страницу только заинтересованных посетителей [2].

Содержание Web-страницы должно удовлетворять следующим критериям:

- соответствие целям создания Web-страницы;
- учитывать особенности целевого сегмента потребителей;
- достаточная степень уникальности;
- оперативность.

Для того, чтобы показать, что Web-страница обновляется, можно указать на ней дату ее создания и последнего обновления.

На Web-странице должны быть представлены следующие материалы: информация о фирме и продукции, списки дилеров, каталог продуктов и услуг, адреса торговых представителей, раздел обратной связи, справочные сведения, вакансии, новости, и т.д. То есть тексты на Web-странице должны отвечать на вопрос: Чем отличается компания от всех остальных?

Использование графического логотипа приветствуется. Некоторые сведения следует указывать на каждой Web-странице, в частности, электронный адрес и имя администратора сервера и т.д. Вся самая важная информация и все кнопки, ссылки должны быть наверху страницы, но не следует злоупотреблять ссылками. Не следует создавать на сервере «тупики», то есть ссылки на не рабочие страницы. Графические и мультимедийные материалы играют важную роль в содержании Web-страниц, они повышают эффективность восприятия.

Для популяризации Web-страницы необходимо, чтобы на ней содержались не только коммерческие сведения, но и новостная и развлекательная информация. Необходим раздел обратной связи для получения откликов посетителей, а также обеспечение связи Web-страниц с корпоративными базами данных, что позволит реагировать на запросы посетителей.

При разработке дизайна Web-страницы необходимо учитывать особенности восприятия целевой аудитории. При этом оформление должно соответствовать содержанию. Единая цветовая гамма способствует быстрому и полному восприятию содержания.

Современные средства Интернет, как инструмент маркетинга, предоставляют множество преимуществ по сравнению с традиционными маркетинговыми методами. К сожалению, эти возможности сети Интернет так непривычны и новы, что многие компании не имеют представления о том, как успешно ими пользоваться. Одним из таких маркетинговых инструментов в сети Интернет является и создание WEB-сайтов.

После запуска сайта необходимо не забывать про регулярное обновление и дополнение информации на сайте. Большое внимание следует уделить продвижению и раскрутке сайта в сети Интернет, а также за ее пределами. Теперь более подробно остановимся на каждом из пунктов.

Приступая к разработке сайта, в первую очередь нужно определить, для каких целей он будет создан. Например, целями сайта могут являться:

распространение информации о компании и производимых товарах или услугах;

формирование положительного имиджа компании;

реализация продукции или услуг;

обратная связь с посетителем – отзывы о компании, продукции, предоставляемых услугах, уровне обслуживания и прочее.

Пользователи ценят сеть Интернет как один из основных источников получения информации. Поэтому содержание сайта может стать главным преимуществом компании, если разместить на нем необходимую для посетителей информацию. На сайте можно разместить следующую информацию:

данные о компании и продукции;
каталог товаров и услуг;
информацию о поставщиках;
адреса филиалов;
справочную информацию;
интернет-магазин;
форму обратной связи;
сведения о вакансиях.

Размещать следует только самую интересную и подходящую информацию. Кроме этого, информация на страницах сайта должна соответствовать определенным требованиям:

информация должна быть изложена в соответствии с целями сайта;
информация должна подаваться с учетом потребностей целевой аудитории;
информация должна быть в некоторой степени уникальной и привлекательной для посетителей, так как в Интернете множество аналогичных сайтов, конкурирующих между собой;
информация должна быть актуальной.

Чтобы сайт был интересен, его нужно регулярно обновлять и совершенствовать. Желательно следить за частотой обновлений. Сайты, информация на которых обновляется ежемесячно, могут ожидать повторного посещения посетителей лишь через несколько месяцев. Однако при ежедневном обновлении повторные визиты происходят раз в несколько дней. Можно указать дату создания сайта и последнего обновления, чтобы пользователи могли видеть, что сайт обновляется [3].

Первое, на что обращает внимание пользователь, зайдя на сайт – это его дизайн. Он может не прочитать еще ни единого слова, а первое впечатление о сайте уже сложилось. И если дизайн ему не понравится, переубедить его в дальнейшем будет непросто.

Разработка дизайна для WEB-сайта – очень непростой процесс, ведь он должен не только учитывать особенности восприятия целевой аудитории, но и соответствовать содержанию страницы. Не существует каких-либо универсальных, работающих в любых ситуациях приемов. WEB-дизайн – скорее искусство, чем точная наука. Тем не менее, есть некие общие принципы, которых стоит придерживаться. В дизайн WEB-страницы входит разработка следующих элементов:

цвет текста и фона;
шрифт текста и заголовков;
дополнительная графика и логотипы;
компоновка WEB-страницы.

При этом полет мысли дизайнера ограничивается чисто техническими моментами: пропускной способностью каналов передачи данных, совместимостью интернет-браузеров, особенностью цветопередачи различных типов мониторов и многим другим [4].

Список литературы

1. Нильсен Я., Лоранжер Х. Web-дизайн. Удобство использования Web-сайтов / пер. с англ. В. Иващенко. М. : Вильямс, 2019. 376 с.
2. Всё о веб-дизайне // Обзорная статья по веб-дизайну. URL: <http://wseweb.ru/diz/obzor1.htm> (дата обращения: 19.02.22).
3. МакВейд Д. Before&After – Дизайн страниц : пер. с англ. М. : Кудиц-образ, 2016. 272 с.
4. Макнейл П. Веб-дизайн. Идеи. Секреты. Советы / пер. с англ. В. В. Черник. М. [и др.] : Питер, 2018. 272 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ СОЗДАНИЯ ГАРМОНИЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕРФЕЙСА ВЕБ-САЙТА

*Аркадий Петрович Писарев¹,
Юлия Валерьевна Терякова²,
Ольга Сергеевна Березовская³*

^{1,2,3} Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Исследованы пути и принципы создания композиции (с лат. *compositio*) при проектировании интерфейса веб-сайта, определена взаимосвязь отдельных элементов, составляющих единое целое. Рассмотрено понятие композиции в дизайне. Приведены понятия центров внимания.

Ключевые слова: композиция, графические компоненты, центры внимания

Веб-сайты стали основным способом информирования о деятельности организаций и учреждений, с помощью интернет-магазинов ведется дистанционная торговля, социальные сети и мессенджеры открывают доступ людям к общению онлайн, обязательным требованием к государственным и образовательным учреждениям в России является наличие официального сайта [1, 2]. Однако для создания сайтов и веб-страниц требуются специальные навыки и умения. Проектирование любого изделия обязательно предполагает работу над формированием художественного образа. Все без исключения, что проектирует дизайнер: интерьеры и экстерьеры помещений и зданий, бытовые приборы или производственное спецоборудование, должно быть не только многофункциональным и эргономичным, однако и содержательным, эстетически выразительным. С этой целью профессиональные дизайнеры работают над композицией, которая определяет главную идею и характер изделия в соответствии с возложенной на него функцией и назначением. Правильно разработанная композиция дает возможность эмоционально влиять на человека, иницируя у него конкретные ассоциации. Композиция в дизайне играет важнейшую роль, так как трудно сформировать законченное изделие в отсутствие приведения к гармонии и общей целостности всех его отдельных компонентов.

Композиция (с лат. *compositio*) означает сочленение, взаимосвязь отдельных элементов в единое целое заранее определенным образом. Под композицией в дизайне подразумевают создание цельного и органичного предмета (пространства), все компоненты которого находятся во взаимосвязи друг с другом в соответствии с конкретной идеей, задумкой дизайнера или смыслом. Сочленение предполагает отсутствие хаоса, а также однозначной, элементарной, простой структуры. Композиционное решение появляется там, где система или конструкция компонентов выглядит достаточно сложно, будь это бытовой прибор, который изготовлен на промышленном оборудовании, либо организм, сформированный самой природой.

Композиция призвана внести в любой объект, который окружает человека в обыденной жизни, логичное, внешне привлекательное расположение элементов, из которых и складывается целое, а также стройную и ясную форму. Композиционные основы так берут начало в природе – в структуре растений, строении животных

и микроорганизмов. Человек использует их с целью создания произведений искусства, автомобилей, бытовых предметов, производственных станков, архитектурных сооружений, и других объектов дизайна. Только при правильно выстроенной композиции, а именно при гармоничном сочетании отдельных компонентов в единое целое, формируется четко выраженный художественный и эмоциональный образ [5, 6].

Таким образом, сформировались определенные принципы сочленения, а именно, как говорилось выше, композиции, которые разработаны на человеческих возможностях психологического и визуального усвоения информации. Из этого следует, что степень восприятия человеком напрямую связана, с тем как расположена та или иная информация. В итоге мы подошли к наиболее ясному понятию композиции в дизайне.

При определенных обстоятельствах композиция создается на контрасте, где графические компоненты будто бы с одной стороны противодействуют друг другу. Однако с другой стороны такое противостояние считается непосредственно дополнением в реализации композиции веб-дизайна. Для более конкретного понимания таких моментов давайте детально разберем понятие центры внимания.

Центры внимания – это зоны страницы сайта, направленные на захват взгляда посетителя в впервые секунды пребывания. Основные центры расположены на странице следующим образом. Первый центр находится в левом верхнем углу экрана монитора, поэтому на большинстве сайтов, в этом визуальном центре внимания располагают логотип, дающий возможность понять составляющую узнаваемости сайта. Причина такого переноса взгляда, можно считать факт, что значительная часть человечества привыкла читать, ознакомляться с информацией слева направо и сверху вниз, и данный факт не связан с интернетом и веб-сайтами.

Следующие главные области внимания определяются расчетным методом. Необходимо условно разделить страничку на три равные части по вертикали и горизонтали, определив при этом ее размер. Вследствие деления получаются пересечения условных линий в четырех участках. Эти участки являются ключевыми **центрами внимания** на данной странице.

Данный фактор основывается на правиле третей, берущий свое начало с термина золотого сечения, которое использовал в своих работах знаменитый итальянский ученый Леонардо да Винчи. Стоит отметить, что опираясь на центры внимания, не стоит использовать все четыре центра, полученные расчетным путем. Для получения наибольшего эффекта разумнее отдать предпочтение одному или максимум двум центрам внимания.

Список литературы

1. Об утверждении требований к структуре официального сайта образовательной организации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и формату представления на нем информации : приказ Рособрнадзора № 785 от 29.05.2014 : [зарег. в Минюсте России № 33423 от 04.08.2014].
2. Об образовании в Российской Федерации : федер. закон № 273-ФЗ от 29.12.2012 : [в ред. от 31.12.2014, с изм. от 06.04.2015 ; с изм. и доп., вступ. в силу с 31.03.2015].
3. Маклафлин Б. Объектно-ориентированный анализ и проектирование. СПб. : Питер, 2018. 608 с.
4. Макнейл П. Веб-дизайн. Книга идей веб-разработчика. СПб. : Питер, 2014. 288 с.
5. Розенсон И. А. Основы теории дизайна : учебник. СПб. : Питер, 2013. 446 с.
6. Рэнд П. Дизайн: форма и хаос / пер. с англ. И. Форонова. М. : Изд-во Студии Артемия Лебедева, 2018. 244 с.

КОНВЕРТЕР АВТОМАТНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ В ФУНКЦИОНАЛЬНО-БЛОЧНЫЕ МОДЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ

*Михаил Алексеевич Ручкин¹,
Алексей Викторович Дубинин²,
Виктор Николаевич Дубинин³*

^{1,2,3}*Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия*

Аннотация. Рассмотрен конвертер, реализованный на языке C#, преобразующий конечно-автоматную модель, описывающую функционирование системы промышленной автоматике в терминах сигналов от контроллера и датчиков, в базисный функциональный блок стандарта IEC 61499, представляющий модель оборудования. Входная автоматная модель описывается на языке разметки графов GraphML. При этом классификация сигналов на управляющие и сенсорные может быть задана в виде списков в дополнительном текстовом файле. Результирующий функциональный блок выдается в форме XML в соответствии со стандартом IEC 61499. Программа может быть использована при проектировании промышленных киберфизических систем.

Ключевые слова: конвертер, конечный автомат, модели оборудования, XML, стандарт IEC 61499

Концепция промышленного производства нового поколения тесно связана с понятием киберфизической системы (КФС) [1]. Для проектирования КФС часто используются формальные дискретные модели, в том числе конечные автоматы [2], сети Петри, а также другие модели переходов состояний. Модель КФС включает как модель кибернетической части, так и модель физической части (иными словами, модель оборудования). Наиболее изученными являются методы построения моделей кибернетической части.

В данной работе рассматриваются вопросы построения функционально-блочной модели оборудования на основе автоматной модели процессов КФС. Модель оборудования представлена базисным функциональным блоком (ФБ) стандарта IEC61499 [3]. Данный стандарт определяет общую архитектуру и графический компонентно-ориентированный язык программирования распределенных контроллеров на основе диаграмм функциональных блоков (ФБ). Особенности ФБ являются: машина состояний потоков событий (называемая диаграммой ЕСС – Execution Control Chart), входные и выходные событийные переменные (с собственным управлением) для представления потоков управления, входные и выходные переменные для представления потоков данных.

Входами генерируемого ФБ являются управляющие сигналы, а выходами – сенсорные сигналы. На рис. 1 приводятся правила преобразования автоматной модели процессов, протекающих в системе промышленной автоматике, в модель оборудования в виде диаграммы ЕСС базисного ФБ.

В автоматной модели процессов выделяются два класса переходов: переходы, помеченные сигналами от контроллеров, и переходы, помеченные сигналами от сенсоров. В общем случае, переход автоматной модели, помеченный сенсорным сигналом, преобразуется в переход диаграммы ЕСС, помеченный входным сигналом NDT, причем целевое состояние данного перехода помечается этим сенсорным сигналом. Входной сигнал NDT моделирует «спонтанный» сигнал, а переход ЕСС,

помеченный этим сигналом, можно назвать «недетерминированным» или «спонтанным» переходом. В данном случае спонтанный переход будет моделировать некоторую временную задержку перед выдачей сенсорного сигнала. Необходимость второго правила обусловлена тем, чтобы два разных сенсорных сигнала не выдавались одновременно.

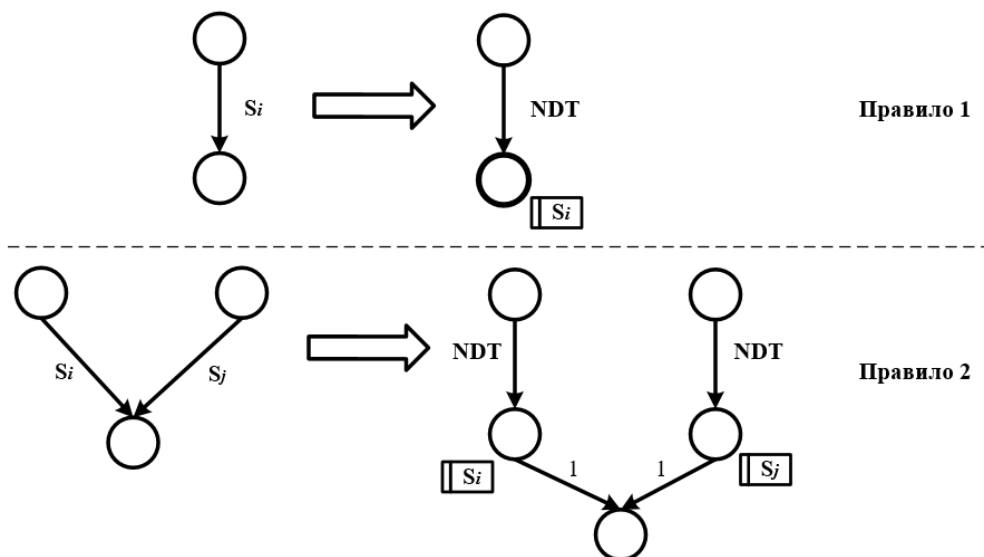


Рис. 1. Правила преобразования автоматной модели в ECC

В данной работе входная автоматная модель процесса описывается с помощью языка разметки графов GraphML [4]. Данный язык является стандартным для многих программ, поддерживающих работу с графами, например, для редактора графов уEd, позволяющего строить и визуализировать атрибутные графы. Автоматная модель описывается вершинами и дугами графа. Тег `<node>` с вложенным в него тегом `<data>` используется для описания состояний автоматной модели. Пример описания состояния представлен ниже.

```
<node id="q0">
  <data key="label">q0</data>
</node>
```

В свою очередь переход между состояниями описывается тегом `<edge>` с атрибутами `source` (состояние-источник) и `target` (состояние-приемник). В данный тег вложен тег `<data>` для описания атрибутов перехода (в данном случае, названия входного сигнала). Пример описания перехода представлен ниже.

```
<edge id="e0" source="q1" target="q2">
  <data key="edgelabel">C_conveyer_To_stop</data>
</edge>
```

Для представления генерируемого ФБ используется специальный язык разметки ФБ, описанный во второй части стандарта IEC 61499. Тег `<InterfaceList>` с вложенными тегами `<EventInputs>` (входные события) и `<EventOutputs>` (выходные события) используется для описания интерфейса ФБ, состоящего из входных и выходных событийных линий. Отдельная событийная линия описывается тегом `<Event>`. Тег `<BasicFB>` описывает базисный ФБ. В него вложен тег `<ECC>`, соответствующий диаграмме ECC. Диаграмма ECC в свою очередь состоит из состояний (тег `<ECState>`) и переходов (тег `<ECTransition>`). Действия в состояниях состояний определяются тегом `<ECAction>`.

Для автоматизации процесса преобразования автоматной модели процесса в модель оборудования была разработана программа-конвертер. Программа реализована с использованием языка программирования *C#* в программной среде *Microsoft Visual Studio* для ОС *Windows 7* и выше. Графический пользовательский интерфейс программы представляет две прямоугольные колонки и меню. В первой колонке, подписанной «*Finite State Machine*», отображается содержимое открываемого файла формата *GraphML*. Во второй колонке, подписанной «*Plant Model Basic Function Block*», размещается полученный в ходе преобразования код ФБ. Элементы меню позволяют открывать файлы формата *GraphML*, выполнять преобразование и сохранять полученный ФБ в XML-файле с расширением *fbt*. В окне настроек можно выбрать целевую платформу (*FBDK* или *nxtStudio*), и классифицировать переходы автоматной модели (управляющие / сенсорные). Есть возможность загрузки готовой конфигурации сигналов с априори заданной классификацией.

В качестве демонстрационного примера рассматривается модель гриппера. Гриппер – это устройство захвата, предназначенное для переноса детали из одного места производственной системы в другое. К управляющим сигналам относятся: *C_conveyer_To_stop* – остановить конвейер, *C_gripper_Go_down* – переместить гриппер вниз, *C_gripper_To_close* – схватить деталь, *C_gripper_To_release* – отпустить деталь, *C_gripper_Go_up* – переместить гриппер вверх. К сенсорным сигналам относятся: *S1_cup_detected* – обнаружена деталь, *S2_conveyer_stopped* – конвейер остановлен, *S3_gripper_At_bottom* – гриппер внизу, *S4_gripper_Closed* – деталь схвачена, *S4_gripper_Opened* – деталь отпущена, *S5_gripper_At_top* – гриппер вверх.

На рис. 2 показано преобразование автоматной модели функционирования гриппера в функционально-блочную модель оборудования.

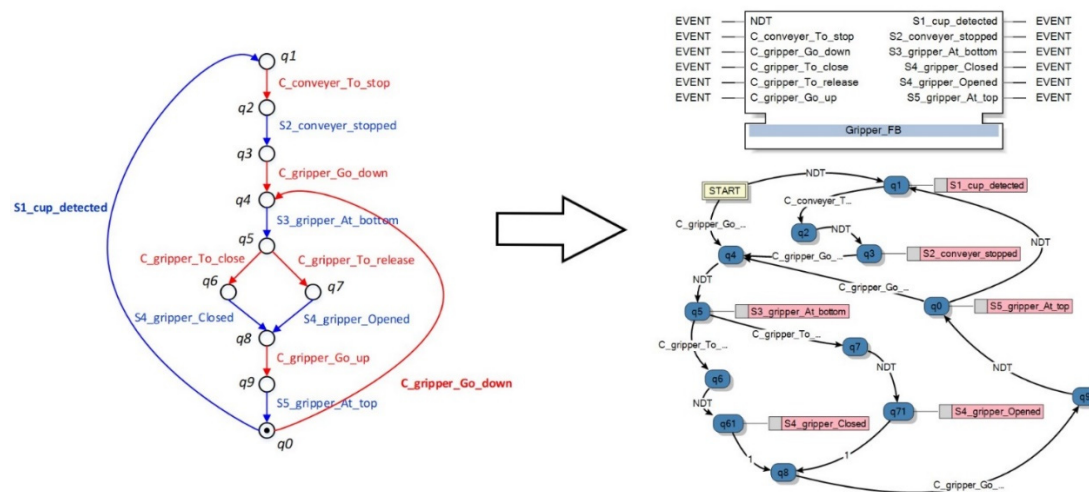


Рис. 2. Преобразование автоматной модели в ФБ

Список литературы

1. Громаков Е. И., Сидорова А. А. Современные технологии. Киберфизические системы. Томск : Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2021. 166 с.
2. Вашкевич Н. П. Недетерминированные автоматы в проектировании систем параллельной обработки. Пенза : Изд-во ПГУ, 2004. 280 с.
3. Vyatkin V. IEC 61499 as Enabler of Distributed and Intelligent Automation: State-of-the-Art Review // IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2011. Vol. 7, iss. 4. P. 768–781.
4. GraphML Specification. URL: <http://graphml.graphdrawing.org/specification/dtd.html>

Секция 5

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 004.056

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО КАНАЛУ ПОБОЧНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ И НАВОДОК. ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ

Максим Витальевич Барминов

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрены процесс оценки защищенности конфиденциальной информации от утечки по каналу побочных электромагнитных излучений и наводок на отходящие коммуникации, а также наиболее трудоемкие процессы, требующие автоматизации.

Ключевые слова: каналы ПЭМИН, оценка защищенности, спектр излучения

К защищаемой информации относится информация, являющаяся предметом собственности и подлежащая защите в соответствии с требованиями правовых документов или требованиями, устанавливаемыми собственником информации [1].

В соответствии со статьей 19 Федерального закона «О персональных данных» для каждой ИСПДн должны быть определены угрозы безопасности персональных данных. Работа по определению перечня угроз и их актуальности осуществляется специалистами квалифицированными в области информационной безопасности. В случае если угрозы утечки персональных данных по каналам побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН) будут признаны актуальными, то данные угрозы должны быть нейтрализованы.

Перед тем как задуматься о защите от перехвата необходимо:

- определить соответствие нормативам показателей защищенности информации от утечки по каналам ПЭМИН по результатам специальных исследований;
- оценить степень защищенности информации, обрабатываемой в информационной системе организации, от утечки за счет ПЭМИН;
- оценить эффективность работы активных и пассивных технических средств защиты информации, применяемых в организации.

Рассмотрим процесс оценки защищенности по каналу ПЭМИН подробнее.

Каждое электрическое (электронное) устройство является источником магнитных и электромагнитных полей широкого спектра, характер которых определяется назначением и схемными решениями, мощностью устройства, материалами, из которых оно изготовлено, и его конструкцией.

Вокруг проводника, по которому протекает ток I , вызванный напряжением U , создается магнитное поле с напряженностью H и электрическое поле с напряженностью E .

Изменение во времени тока приводит к изменению во времени электрического и магнитного полей. Вызванные изменением тока в проводнике изменяющиеся во времени электрическое и магнитное поля представляют собой единое изменяющееся электромагнитное поле, распространяющееся в пространстве, свойства которого целиком и полностью описываются уравнениями Максвелла.

Известно, что характер поля изменяется в зависимости от расстояния до передающего устройства. Поле делится на две зоны: ближнюю и дальнюю.

В дальней зоне (начиная от расстояний, больших 6λ от источника возмущения) электрическое поле принимает плоскую конфигурацию и распространяется в виде плоской волны, энергия которой делится поровну между электрической и магнитной компонентами. Дальняя зона – это область пространства, в которой распространение от источника существенно превышает длину волны.

В ближней зоне преобладает магнитная либо электрическая составляющая поля. Сильные магнитные поля, как правило, создаются цепями с низким волновым сопротивлением, большим током и малым перепадом напряжений.

Для поля с преобладающей электрической компонентой волновое сопротивление существенно больше, а для преобладающего магнитного поля – существенно меньше значения волнового сопротивления для плоской волны ($Z = 377 \text{ Ом}$).

Изменение тока во времени может носить импульсный характер или подчиняться любому другому закону. Каждый такой процесс на основе известного из математики преобразования Фурье может быть представлен в виде суммы гармонических колебаний с различными амплитудами для каждой частоты, причем частоты изменяются в пределах от нуля до бесконечности [2].

Зависимость амплитуд этих гармонических составляющих от частоты – это спектр сигнала (в рассматриваемом случае – электромагнитного излучения).

Спектр характеризует распределение энергии в поле излучения. В зависимости от того, на каких частотах устройство излучает наиболее интенсивно, излучатели электромагнитных сигналов подразделяют на низкочастотные, высокочастотные и оптические.

Низкочастотными излучателями электромагнитных колебаний в основном являются звукоусилительные устройства различного функционального назначения и конструктивного исполнения. В ближней зоне этих устройств наиболее мощным выступает магнитное поле информативного сигнала. Такое поле усилительных систем достаточно просто обнаруживается и принимается посредством магнитной антенны и селективного усилителя звуковых частот.

Источниками сигнала выступают ВЧ-генераторы радиоприемников, телевизоров, измерительных генераторов, мониторы ЭВМ, модуляторы ВЧколебаний. Довольно опасным источником высокочастотных колебаний могут быть усилители и другие активные элементы технических средств в режиме паразитной генерации за счет нежелательной положительной обратной связи.

В качестве высокочастотного излучателя рассматривается любое устройство, содержащее элементы с нелинейными характеристиками (диоды, транзисторы, микросхемы), порождающими нежелательные составляющие высокочастотного характера.

Спектр излучения обычно не поддается аналитическому расчету, так как его форма зависит от многих факторов.

Прежде всего это следующие:

- рабочие частоты устройства, их гармоники и комбинационные;
- расположение и длина проводников;
- расположение и конструкция реактивных элементов (конденсаторов и индуктивных катушек);

– тип корпуса, наличие в нем щелей, отверстий и т.п.

Критерием оценки защищенности информации может служить возможность восстановления информации из принятого ПЭМИ.

Таким образом, для оценки ПЭМИ необходимо знать характеристики спектра излучения на границе контролируемой зоны.

При этом факт обнаружения информативного сигнала на границе КЗ не гарантирует полную защиту, так как реальные возможности потенциального противника не известны. Возможно, что у используемой измерительной аппаратуры высокие уровни собственных шумов и информативный сигнал скрыт за ними.

Критерием может выступать соотношение сигнал/шум, которое будет соответствовать степени скрываемой информации, обрабатываемой на объекте. В данном случае необходимо будет знать спектр излучения, реальное затухание электромагнитного поля и спектр шумового сигнала, который может быть определен как нормированный шум электромагнитного поля [3].

Спектр электромагнитного излучения может быть определен как в лаборатории при идеальных условиях эксплуатации, так и непосредственно на объекте эксплуатации.

Определение реального затухания электромагнитного поля определятся на объекте эксплуатации и является наиболее трудоемким процессом, так как необходимо провести измерения всего спектра излучения на всех возможных направлениях перехвата и во всех линиях и коммуникациях, находящихся в непосредственной близости от испытуемого ТС.

Таким образом, необходимость автоматизации процесса измерения реального затухания электромагнитного поля очевидна, так как является наиболее трудоемким процессом при проведении оценки защищенности информации.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51275–99. Защита информации. Объект информатизации. Факторы, воздействующие на информацию. Общие положения : [принят и введ. в действие Постановлением Госстандарта России № 160 от 12.05.1999].
2. Хорев А. А. Способы и средства защиты информации : учеб. пособие. М. : МО РФ, 2000. 316 с.
3. Максимов Ю. Н., Сонников В. Г., Петров В. Г. [и др.]. Технические методы и средства защиты информации. СПб. : Полигон, 2000. 314 с.

УДК 004.056

АНАЛИЗ БИОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ АУТЕНТИФИКАЦИИ

*Расим Рафикович Гайнулин¹,
Алексей Петрович Иванов²*

^{1,2}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрены исследования в области развития биометрических технологий. Определены основные преимущества и недостатки различных биометрических систем аутентификации.

Ключевые слова: биометрическая аутентификация, статические методы идентификации, динамические методы идентификации

В настоящее время широко применяются методы аутентификации, основанные на проверке подлинности субъекта с помощью биометрических параметров. Биометрические методы аутентификации пользователей имеют ряд преимуществ перед традиционными методами аутентификации: степень защиты в разы выше, ее практически невозможно подделать и скопировать, ее нельзя забыть (как например, пароль) или потерять (как карту) [1, 2].

Основными методами биометрической аутентификации являются статический и динамический методы аутентификации [2].

Статический метод аутентификации основан на распознавании параметров человека, которые сохраняются на протяжении всей его жизни. К таким параметрам относятся отпечатки пальцев, рисунок радужки глаза, глазная сетчатка, форма лица, геометрия ладони и кровеносных сосудов [2].

Динамический метод аутентификации основан на анализе поведенческой характеристики человека, характерные в процессе выполнения какого-либо действия. Например, рукописный и клавиатурный почерк, тембр голоса и так далее [2].

Рассмотрим основные достоинства и недостатки статических методов аутентификации.

Дактилоскопический метод аутентификации основан на сканировании отпечатков пальцев. Он активно используется как в государственных учреждениях, так и в быту. В настоящее время широко используются ноутбуки, смартфоны, умные замки со встроенными сканерами отпечатков пальцев. Достоинством дактилоскопии является скорость и простота использования, а также относительная дешевизна аппаратуры. Однако недостатком является то, что данный метод аутентификации можно обмануть с помощью качественно сделанного муляжа или «мертвого» пальца.

Метод аутентификации по сетчатке глаза использует аппаратуру для сканирования сетчатки глаза, которая имеет большие размеры и стоит гораздо дороже в отличие от дактилоскопии, однако стойкость такого вида аутентификации выше, что оправдывает свои затраты. Для прохождения аутентификации необходимо зафиксировать лицо над сканером в течении приблизительно одной минуты, после чего будет производиться сравнения полученных данных с образом в биометрической базе данных. Концентрация взгляда на вспышке света сканера является главным недостатком данного метода. Также у пользователя не должно быть заболеваний с глазным яблоком, иначе данный метод будет невозможно использовать [3].

Схожим методом аутентификации является распознавание радужной оболочки глаза. У каждого человека с рождения формируется индивидуальный рисунок радужной оболочки, который не меняется в течении жизни. Аналогично предыдущему методу сканер считывает около двухсот характерных точек и записывает данные, чтобы сравнить с шаблоном. У данного метода существует также дополнительная защита от муляжа. Так некоторые устройства изменяют яркость свечения, на которое реагирует радужная оболочка. В результате устройство понимает, что перед ним «живой» объект, а не муляж. Указанные сканеры стоят дороже, чем упомянутые выше, но в последнее время и они становятся более доступными.

Метод аутентификация по геометрии ладони основан на анализе геометрических параметров ладони, таких как длина, толщина и форма пальцев, структура кисти, расстояние между суставами и так далее [2, 3].

Защищенность данного метода аутентификации ниже, чем у предыдущих, так как геометрию ладони проще подделать. Также из-за различных травм вероятность ошибки возрастает. Однако популярность данного метода связана с удобством использования, отсутствием дискомфорта и скоростью использования.

Методы аутентификация по геометрии лица делятся на распознавание лица в двухмерном и трехмерном пространстве.

Двухмерный анализ применяется с давних пор, особенно в правоохранительных органах. Однако вероятность ошибок данного метода достаточно велика.

Более устойчивым методом является трехмерный анализ лица. Но в настоящее время не известны точные оценки надежности данного метода. Трехмерный анализ основан на распознавании таких параметров лица, которые являются неизменными и ярко выраженными, такие как: форма глазных впадин, геометрия черепа, бровей, форма скул и так далее.

Рассмотрим достоинства и недостатки динамических методов аутентификации.

Метод аутентификация по тембру голоса является самым доступным, так как для его реализации достаточно одного лишь микрофона. Для аутентификации пользователю достаточно произнести заданную фразу, без выполнения дополнительных манипуляций.

Для каждого пользователя формируется шаблон, который включает в себя такие параметры голоса как тон, интонация, модуляция, особенности в произношении различных букв и так далее.

Большим недостатком данного метода является чувствительность голоса пользователя к болезням, психофизическому состоянию, возрасту и так далее.

Перспективным методом аутентификации является аутентификация методом клавиатурного почерка, так как он имеет ряд преимуществ. Клавиатурный почерк представляет собой поведенческую биометрическую характеристику пользователя, которая включает следующие параметры: количество опечаток, время удержания клавиш, интервалы между нажатиями клавиш, число перекрытий между клавишами, скорость набора и степень аритмичности при наборе [4].

Данный метод состоит из двух этапов: обучение и сама аутентификация.

В режиме обучения пользователь производит многократный ввод кодовой фразы. В процессе ввода система анализирует характерные особенности пользователя и формирует шаблон.

Основным преимуществом является простота использования, отсутствие специальной аппаратуры и возможность проведения скрытой аутентификации.

Однако большим минусом, как и в предыдущем случае, является состояние здоровья пользователя, так как моторика человека сильно зависит от его усталости и возраста. Также смена клавиатуры может повлиять на вероятность отказа системы.

Устройства с сенсорным экраном массово используются во всех сферах деятельности, поэтому метод аутентификации по подписи является очень востребованным.

Существует два способа аутентификации по подписи:

– визуальное сравнение на идентичность характеристик подписи пользователя с шаблоном. Это может производиться и системой, и человеком;

– динамический анализ характеристик написания подписи. Аутентификация производится после тщательного анализа характеристик почерка пользователя.

Формирование образа подписи производится за счет анализа около двухсот характерных точек. При использовании светового пера, также учитывается сила нажатия и угол наклона.

Однако как и клавиатурный почерк данный метод имеет большую зависимость от психофизического состояния пользователя.

Объединение нескольких биометрических технологий является одним из способов повышения уровня безопасности процедур биометрической аутентификации пользователя.

Список литературы

1. Российский биометрический рынок в 2019–2022 годах // Системы безопасности. 2019. № 2. С. 92–95.
2. Иванов А. И. Биометрические технологии идентификации и аутентификации пользователей и субъектов информационных процессов : учеб. пособие. Пенза : Изд-во ПГУ, 2019. 132 с.
3. ИТ-компания «Азон» // Современные методы биометрической аутентификации. URL: <https://www.azone-it.ru/sovremennyye-metody-biometricheskoj-identifikacii> (дата обращения: 28.01.2022).
4. Аверин А. И., Сидоров Д. П. Аутентификация пользователей по клавиатурному почерку // Огарёв-Online. 2015. № 20 (61). С. 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/autentifikatsiya-polzovateley-po-klaviaturnomu-pocherku> (дата обращения: 28.01.2022).

УДК 004.056

УПРАВЛЕНИЕ ИНЦИДЕНТАМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ИНЦИДЕНТА

Анастасия Анатольевна Гордеева

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрены российские и зарубежные стандарты, связанные с процессом обработки инцидентов в области информационной безопасности, проведен сравнительный анализ приведенных стандартов.

Ключевые слова: инцидент, информационная безопасность, бизнес-процессы, обработка инцидента, реагирование на инциденты

Типовые политики информационной безопасности или защитные меры информационной безопасности (ИБ) не могут полностью гарантировать защиту информации. Разработка эффективного процесса управления инцидентами поможет в устранении этой угрозы. Первоначально необходимо проанализировать и сравнить имеющиеся в мире процессы управления инцидентами.

В ГОСТе Р ИСО/МЭК ТО 18044– [1] рекомендуется использовать структурный подход, направленный на обеспечение таких условий, как:

- события ИБ должны быть обнаружены и эффективно обработаны, в частности определены как относящиеся или не относящиеся к инцидентам ИБ;

- идентифицированные инциденты ИБ должны быть оценены, и реагирование на них должно быть осуществлено наиболее целесообразным и результативным способом;

- воздействия инцидентов ИБ на организацию и ее бизнес-операции необходимо минимизировать соответствующими защитными мерами, являющимися частью процесса реагирования на инцидент, иногда наряду с применением соответствующих элементов плана(ов) обеспечения непрерывности бизнеса;

- из инцидентов ИБ и их менеджмента необходимо быстро извлечь уроки.

Для обеспечения представленных условий менеджмент ИБ подразделяют на четыре этапа:

1. Планирование и подготовка.

На данном этапе происходит разработка и документирование политики и системы менеджмента инцидентов ИБ, получение поддержки заинтересованных сторон и высшего руководства. Создается структурное подразделение (ГРИИБ) и проводятся инструктажи и (или) иные способы ознакомления персонала организации с системой менеджмента инцидентов ИБ. Происходит тестирование разработанной системы.

2. Использование системы менеджмента инцидентов ИБ.

На данном этапе происходит обнаружение и оповещение о возникновении инцидента. Производится сбор информации, связанной с инцидентом, оценка собранной информации, соответствующее реагирование на возникший инцидент.

3. Анализ.

На данном этапе проводится дополнительная правовая экспертиза, изучаются уроки, извлеченные из инцидентов ИБ. Определяются улучшения для внедрения защитных мер ИБ и для системы менеджмента инцидентов ИБ, учитывая извлеченные уроки.

4. Улучшение.

На данном этапе пересматриваются и улучшаются имеющиеся результаты анализа рисков ИБ и анализа менеджмента организации.

В настоящем ГОСТе также представлены примеры инцидентов ИБ; образец формы отчета о событиях и инцидентах ИБ; примеры общих рекомендаций по оценке инцидентов ИБ.

Стандарт NIST 800–61 «Руководство по обработке инцидентов компьютерной безопасности» содержит рекомендации по реагированию на инциденты ИБ. Разработан Национальным институтом стандартов и технологий (англ. National Institute of Standards and Technology, NIST).

Настоящий стандарт [2] рекомендует использовать следующие действия на реагирование инцидентов:

1. Создание политики, плана и процедур реагирования на инциденты;

Этот раздел обсуждает политики, планы и процедуры, связанные с реагированием на инциденты, с акцентом на взаимодействие с внешними сторонами.

2. Создание структуры команды реагирования на инциденты.

Этот раздел определяет людей в группу реагирования, обсуждает модели команды реагирования на инциденты и предоставляет совет по выбору соответствующей модели.

3. Обнаружение и анализ.

В данном разделе определяется: произошел инцидент или нет, приоритет обработки инцидента на основе соответствующих факторов. Происходит информирование об инциденте соответствующему внутреннему персоналу и внешним организациям.

4. Сдерживание, уничтожение и восстановление.

В данном разделе происходит получение, сохранение, обеспечение безопасности и документирование свидетельств инцидента. Обеспечивается сдерживание, уничтожение инцидента и восстановление после него.

5. Работа постинцидента.

В данном разделе происходит создание итогового отчета, проведение обучающих инструктажей по устраненному инциденту.

В настоящем стандарте также представлены ключевые рекомендации для организаций, сценарии обработки инцидентов, элементы данных, связанные с инцидентом.

Международный стандарт ISO/IEC 27001:2005 «Информационные технологии – Методы защиты – Системы менеджмента ИБ – Требования» разработан

Международной организацией по стандартизации (ISO) и Международной электротехнической комиссией (IEC) на основе британского стандарта BS 7799-2:2002.

Настоящий стандарт [3] делит управление инцидентами ИБ на две части:

В первой части говорится о информировании о событиях ИБ и о слабостях безопасности.

В соответствии с настоящим стандартом информирование о событиях ИБ должно производиться по соответствующим каналам как можно быстрее. Все пользователи информационной системы должны записывать и информировать обо всех наблюдаемых или предполагаемых слабостях безопасности.

Во второй части говорится о необходимости создания процедур реагирования на инциденты, об обучении на инцидентах ИБ, о сборе свидетельств инцидента.

В соответствии с настоящим стандартом должны быть разработаны процедуры для обеспечения быстрой, эффективной и последовательной реакции на инциденты ИБ. Должны существовать механизмы для количественного представления и отслеживания типов, размеров и стоимости инцидентов ИБ. Должны осуществляться сбор, хранение и представление свидетельств для выполнения правил, принятых в соответствующей юрисдикции.

Был проведен сравнительный анализ процессов управления инцидентами ИБ на основе разных стандартов, представленный в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ

Критерии сравнения	Стандарт		
	ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 18044-2007	NIST 800-61 Rev. 2.	BS ISO/IEC 27001:2005.
Наличие требований к документированию процесса	+	+	–
Примеры отчетных документов	+	–	–
Примеры сценариев инцидентов	–	+	–
Определенный в стандарте порядок эскалации инцидентов	–	+	–
Необходимость информирования о событиях ИБ	+	+	+
Обучение на основе инцидентов	+	+	+

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что ни один из представленных процессов не дает максимальной гарантии полной защиты организации от инцидентов ИБ. При использовании стандартов рациональнее будет применять ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 18044-2007 и NIST 800-61 Rev. 2.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001–2006. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности.
2. NIST 800-61. Руководство по обработке инцидентов компьютерной безопасности.
3. Международный стандарт ISO/IEC 27001:2005. Информационные технологии – Методы защиты – Системы менеджмента ИБ – Требования.

ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ

Анастасия Дмитриевна Живодрова

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрена история моделей угроз, сопоставлены различные методики оценки угроз. Проанализированы изменения в подходе к моделированию угроз согласно методике оценки угроз Федеральной службы по техническому и экспортному контролю. Рассмотрены и предложены конкретные подходы к моделированию угроз, отмечено, как правильно моделировать угрозы и какие сложности при этом могут возникнуть. Освещены мнения экспертов в области защиты информации о методике, рассмотрены ее достоинства и недостатки.

Ключевые слова: модель угроз, оценка угроз, безопасность информации

В феврале 2021 года Федеральная служба по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК) утвердила Методику оценки угроз, которая подразумевает формирование перечня актуальных сценариев реализации угроз информационной безопасности (далее – ИБ), в том числе и на автоматизированных системах управления технологическим процессом (далее – АСУ ТП). Перечень тактик и техник из Методики ФСТЭК похож по своей идеологии на матрицу MITRE ATT&CK, но при этом они не синхронизированы, что создает определенные сложности для владельцев АСУ ТП, которые вынуждены практически с нуля писать модель угроз по требованиям ФСТЭК, не имея возможность использовать имеющиеся по MITRE ATT&CK наработки. И так как составить перечень всех сценариев реализации угроз невозможно, чего требует методика, необходимо приоритизировать возможные последовательности действий злоумышленников, опираясь на известные инциденты, которые уже происходили в АСУ ТП. Для рассмотрения данного вопроса обратимся к истории Методик оценки угроз.

В 2007 году была выпущена первая Методика ФСТЭК по моделированию угроз, в которой были определены актуальные угрозы безопасности информации ключевых систем информационной инфраструктуры (далее – КСИИ). В 2014 году ФСТЭК предпринял попытку создать первую универсальную Методику моделирования угроз, но данный проект оказался неудачным из-за сложности для государственных органов. В 2020 был опубликован новый проект с концепцией техник и тактик ATT&CK, согласно которой все действия злоумышленников состоят из ряда этапов, благодаря которым злоумышленник может достигнуть целей. Данная методика оценки угроз в парадигме ATT&CK была утверждена 5 февраля 2021 год [1].

Методика определения актуальности угроз безопасности КСИИ направлена только на КСИИ и определяет оценку возможной реализации и опасности. Методика определения актуальности угроз безопасности персональных данных (далее – ПДн), направлена только на информационную систему персональных данных (далее – ИСПДн) и определяет оценку возможной реализации и опасности.

Новая Методика оценки угроз безопасности информации позволяет использовать не конкретный объект, а широкий охват информационных систем (далее – ИС), таких как государственные и муниципальные ИС, значимые объекты критической информационной инфраструктуры (далее – КИИ), информационные системы, в которых

осуществляется обработка ПДн, ИС управления производством в организациях оборонного комплекса, АСУ ТП на критически важных объектах потенциально опасных объектах, объектах, представляющих повышенную опасность для жизни и здоровья людей и для окружающей природной среды. В отличие от предыдущих Методик, был изменен подход к исследованию: с оценочного на сценарный. Это позволяет сформировать практические ценности для компаний при моделировании угроз.

В статье [2] автор выделяет важные аспекты моделирования нарушителя ИБ: «Потенциал нарушителя в Методике дифференцирован подробнее, чем в БДУ ФСТЭК». Это означает, что в Методике существует 4 возможных потенциала нарушителей, а в БДУ ФСТЭК 3. Задача моделирующей угрозы – сопоставить и объединить оба варианта.

Автор предлагает следующий подход к моделированию угроз безопасности информации: дифференцировать негативные последствия по ущербу, определить актуальных нарушителей с учетом возможных целей реализации, рассмотреть объекты воздействия с точки зрения негативных последствий и видов воздействий, исключить угрозы безопасности по возможностям актуальных нарушителей, исключить угрозы безопасности из-за неприменимости, исключить тактики и техники из-за неприменимости, определить перечень сценариев [2].

В статье [3] автор рекомендует следующий подход к модели угроз безопасности. Из всех угроз исключить те, которые не приводят к негативным последствиям (ущербу), не связаны с нарушителями нужного типа с нужными ему целями, направлены на активы, которые отсутствуют, требуют от нарушителя доступа, которого у них нет. Для оставшихся угроз определить хотя бы один сценарий угроз и ранжировать угрозы.

Автор выделяет несколько подходов к Методике: от общего к частному и от частного к общему. В первом случае, следовать Методике и брать все возможные угрозы, исключать лишние, оставлять только актуальные угрозы. Но такой подход трудозатратный, так как предполагает перебор всевозможных комбинаций из 145 техник, что даже в автоматизированном варианте сделать невозможно. Во втором случае, рассматривать реальные, известные инциденты на значимых объектах КИИ и АСУ ТП, описывать сценарии реализации угроз, добавлять потенциально возможные угрозы [3].

Автор призывает использовать матрицу MITRE ATT&CK-способ описания и составления паттернов поведения злоумышленников на основе реальных наблюдений, представляющая собой список тактик. MITRE ATT&CK является самым признанным и популярным подходом к описанию техник злоумышленников.

Но в России есть свои требования по описанию тактик и техник атак. Так как в ФСТЭК не имеет ряда техник, детализации для конкретных платформ – Windows, Linux, мобильных устройств, облачных платформ, то тактики и техники угроз из Методики оценки угроз ФСТЭК совпадают с MITRE ATT&CK.

О Методике автор статьи [3] сказал: «Много неочевидных шагов, которые на последнем этапе не учитываются, так как техники высокоуровневые и не учитывают объект воздействия».

Автор статьи [2] подчеркивает следующие положительные стороны Методики: распространение на большое количество систем, приведение Методики к сценарному подходу моделирования угроз, структурирование документа, оценка угроз экспертной группой. Недостатки Методики были выделены следующие: отсутствие синхронизации с угрозами БДУ ФСТЭК, абстрактность примеров в методике, отсутствие оценки вероятности реализации угрозы, отсутствие промежуточных периодов по переходу на новую методику.

Таким образом, моделирование угроз – важная составляющая процесса информационной безопасности объекта. Начинать оценку угроз рекомендуется не с перебора всех возможных сценариев, а с анализа реальных инцидентов и используемых в них тактик и техник, за основу следует брать MITRE ATT&CK и сопоставление на техники ФСТЭК. В методике можно выделить следующие изменения: универсальность применения – значимые объекты КИИ, ПДн, изменение подхода от оценки вероятности и опасности заранее определенного набора угроз к сценарному моделированию, большая практическая ориентация. В первом квартале 2022 году ФСТЭК были запланированы изменения Методики, а именно: новый БДУ, устранение нестыковок и лишних шагов, изменение процедур оценки актуальных угроз, изменение подхода к сценариям реализации угроз, а также установления соответствия техник и тактик в защитные меры в автоматизированном режиме.

Список литературы

1. Лукацкий А. В. Методика оценки угроз безопасности информации ФСТЭК, семинар РРРА в режиме онлайн 26.04.2021. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=e02qqjxJwEc> (дата обращения: 10.02.2022).
2. Бакин А. А. Как подойти к моделированию угроз ИБ по новой Методике ФСТЭК. Как теперь моделировать угрозы ИБ, вебинар в режиме онлайн 26.03.2021. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=rzDAJS0QVww&t=211s> (дата обращения: 10.02.2022).
3. Лукацкий А. В. Основные сценарии реализации угроз и их преломление на методику оценки ФСТЭК // Kaspersky Industrial CyberSecurity Conference 2021. Сочи, 2021. URL: https://www.youtube.com/watch?v=R4a2_k_YVwc&t=4s (дата обращения: 10.02.2022).

УДК 004.056

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЩИЩЕННЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ, СОДЕРЖАЩЕЙ СВЕДЕНИЯ, СОСТАВЛЯЮЩИЕ ГОСУДАРСТВЕННУЮ ТАЙНУ

Максим Сергеевич Иванов

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Использование средств защиты информации при обработке сведений, составляющих государственную тайну, – одна из наиболее актуальных проблем информационной безопасности. Рассмотрены понятие защищенной операционной системы, а также операционные системы семейства Windows, Linux, собственные разработки отечественных предприятий. Сделан вывод об актуальности защищенных операционных систем.

Ключевые слова: операционная система, автоматизированная система, средство защиты информации, ФСТЭК России, ФСБ России, МО РФ, несанкционированный доступ

На данный момент защищенные операционные системы (ОС) рассматриваются преимущественно в составе автоматизированных систем (АС), состоящих из персонала и совокупности программного обеспечения и аппаратных средств. В АС должен быть обеспечен комплекс средств защиты информации (СЗИ), основанный

на актуальных угрозах безопасности информации (УБИ) рассматриваемых систем. СЗИ – это совокупность организационных мероприятий, технических, программных и программно-технических средств защиты информации и средств контроля эффективности защиты информации [1]. УБИ – совокупность условий и факторов, создающих потенциальную или реально существующую опасность нарушения безопасности информации [2].

ОС считается адекватной УБИ, если политика безопасности ОС постоянно корректируется в соответствии с перечнем актуальных УБИ, источников УБИ, изменениями в конфигурации ОС.

Для обработки информации, содержащей сведения, составляющие государственную тайну (ССГТ), АС должна иметь сертификат соответствия требованиям к СЗИ от несанкционированного доступа (НСД) в соответствии с направлением применения:

- МО РФ;
- ФСТЭК РФ;
- ФСБ РФ.

Для возможности обработки информации, содержащей ССГТ, в АС защита информации может обеспечиваться с помощью:

- ОС (имеющей сертификат соответствия СЗИ от НСД);
- совокупности сертифицированных СЗИ от НСД не входящих в состав ОС. Таким образом, защищенная ОС – это ОС, которая:
 - реализует заданные требования безопасности;
 - адекватна актуальным УБИ;
 - имеет сертификат соответствия требованиям к СЗИ от НСД обособлено или в совокупности с сертифицированными СЗИ от НСД, не входящих в состав ОС;
 - не имеет возможности несанкционированного влияния на её работу извне [3].

ОС семейства Windows внесли свой вклад в развитие защищенных ОС.

Основные достоинства ОС семейства Windows:

- стабильность и надежность;
- удобный для пользователя графический интерфейс;
- поддержка подключаемых устройств.

Тем не менее вопрос доверия к разработчику ОС становится все более актуальным при выборе защищенных ОС. Так, актуальность и простота ОС семейства Windows имеет существенный недостаток, заключающийся в потенциальной возможности управления извне и сбора данных пользователей производителем. Для обработки информации, составляющей государственную тайну на автоматизированной системе с ОС Microsoft Windows, требуется применение совокупности внешних сертифицированных СЗИ от НСД, таких как СЗИ SecretNet Studio, ПАК «Соболь» и другие. Автоматизированная система в таком составе должна быть аттестована по требованиям руководящих документов (МО РФ, ФСТЭК РФ или ФСБ РФ) в соответствии с классом и категории обрабатываемой информации и иметь соответствующее Предписание на эксплуатацию.

Используемые в ОС семейства Linux механизмы защиты позволяют реализовать в ОС современные механизмы мандатного и ролевого управления доступом, мандатного контроля целостности, добиться строгого теоретического обоснования безопасности и верификации полученного решения. Таким образом, сочетание высокой надежности, приемлемых потребительских качеств, открытого исходного

кода и возможности доработки механизмов защиты ОС семейства Linux позволяет построить на их базе защищенную отечественную ОС [3].

Пригодными для обработки информации, составляющей государственную тайну, являются отечественные ОС, основанные на ядре Linux:

- ОС «Эльбрус» Эльбрус-Д (ТВГИ.00950-01);
- ОС специального назначения (ОСЧН) «Astra Linux Special Edition»;
- ОС «Заря» (сертификат соответствия МО РФ № 3287).

Также существуют ОС, основанные на ядре отечественной разработки:

- комплекс программ «Защищенная операционная система «СинтезМ» (сертификат соответствия ФСБ России [5] действителен до 31.10.2022 2 класса защищенности);
- защищенная операционная система «QR ОС» (сертификат соответствия ФСБ России [5] действителен до 20.11.2023).

При этом ОС «Эльбрус» работает лишь на процессорах линейки «Эльбрус», что является перспективным направлением в части импортозамещения. Защищенная операционная система «СинтезМ» является серверной операционной системой. Защищенная операционная система «QR ОС» является собственной разработкой ООО НТП «Криптософт», имеет пакет собственных приложений, однако есть существенные ограничения по использованию сторонних приложений. Применение приведенных выше ОС существенно сужает область их применения на отечественном рынке.

ОС «Заря» является ОС, предназначенной для Министерства обороны РФ. Система сертифицирована Минобороны России, соответствует третьему классу защиты от несанкционированного доступа и второму уровню контроля отсутствия недеklarированных возможностей.

ОСЧН «Astra Linux Special Edition» имеет сертификат ФСТЭК России на соответствие 1му классу защиты [4] с возможностью обработки информации с грифом до «ОВ» и сертификат соответствия требованиям ФСБ России по классу 1Б [5]. Представляет собой единую платформу для всех типов устройств с поддержкой архитектур: x86-64, ARM, Эльбрус, Байкал, MIPS, PowerPC. В состав ОС входит широкий пакет офисных приложений, СУБД, имеются компоненты виртуализации.

Исходя из вышесказанного ОСЧН «Astra Linux Special Edition» является наиболее актуальной ОС.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51583–2014. Защита информации. Порядок создания автоматизированных систем в защищенном исполнении. Общие положения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108858> (дата обращения: 05.02.2021).
2. Методический документ. Методика оценки угроз безопасности информации. ФСТЭК России. 2021. URL: <https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty/114-spetsialnye-normativnye-dokumenty/2170-metodicheskij-dokument-utverzhdenn-fstek-rossii-5-fevralya-2021> (дата обращения: 05.02.2021).
3. Буренин П. В., Девянин П. Н., Лебедеко Е. В. [и др.]. Безопасность операционной системы специального назначения Astra Linux Special Edition : учеб. пособие / под ред. П. Н. Девянина. 3-е изд., стер. М. : Горячая линия – Телеком, 2019. 363 с.
4. Государственный реестр сертифицированных средств защиты информации. URL: <https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty-po-sertifikatsii/153-sistema-sertifikatsii/591-gosudarstvennyj-reestr-sertifitsirovannykh-sredstv-zashchity-informatsii-n-ross-ru-001-01bi00> (дата обращения: 06.02.2021).
5. Общие сведения по сертификации. URL: <http://clsz.fsb.ru/clsz/certification.htm> (дата обращения: 06.02.2021).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КРИПТОПРОВАЙДЕРОВ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ СЕМЕЙСТВА WINDOWS

*Григорий Евгеньевич Корнев¹,
Олег Владимирович Липилин²*

^{1,2}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрены криптопровайдеры операционных систем семейства Windows. Приведены их виды и реализуемые преобразования. Определены возможности по использованию криптопровайдеров для обеспечения свойств защищаемой информации.

Ключевые слова: защищаемая информация, криптопровайдер, криптографические методы защиты информации

Криптопровайдер (Cryptography Service Provider, CSP) операционных систем Windows – это независимый модуль, позволяющий осуществлять криптографические операции, управление которым происходит с помощью специальных API (способов, которыми одна компьютерная программа может взаимодействовать с другой программой). Криптопровайдеры могут использоваться различными приложениями для выполнения криптографических операций с защищаемыми данными. Сферами применения криптопровайдеров являются защита информации при предоставлении государственных электронных услуг [1], защита сервисов IP-телефонии [2], идентификация пользователей беспроводной сети [3], парольная защита документов в офисных приложениях [4]. Использование криптопровайдеров позволяет уменьшить количество уязвимостей в разрабатываемых приложениях, поскольку разработчику не требуется реализовывать криптографические преобразования. Кроме того, использование криптопровайдеров позволяет выполнять разработку приложений без необходимости получения лицензии на осуществление деятельности, связанной с разработкой криптографических средств, так как разработка выполняется с использованием компонентов программных операционных систем, криптографические возможности которых не могут быть изменены пользователем.

Целью исследования является выполнение анализа возможностей криптопровайдеров операционных систем семейства Windows для обеспечения свойств защищаемой информации.

Основным назначением криптографических мер защиты информации являются:

- обеспечение конфиденциальности данных, для чего используются алгоритмы шифрования;
- обеспечение целостности данных, для чего используются алгоритмы хеширования;
- обеспечение аутентичности данных и пользователей, для чего предназначены коды аутентификации сообщений и электронная подпись;
- обеспечение неотказуемости данных, реализуемое с использованием электронной подписи.

Рассмотрим возможности, предоставляемые криптопровайдерами относительно обеспечения требуемых свойств защищаемой информации.

В операционных системах Windows встроено десять криптопровайдеров. Они подразделяются на типы в зависимости от используемых алгоритмов. В них реализованы следующие алгоритмы:

- алгоритмы обмена ключами. В зависимости от типа криптопровайдера используются алгоритмы RSA (на основе алгоритмы шифрования Rivest, Shamir и Adleman), DH (на основе схемы Диффи-Хеллмана) и KEA (Key Exchange Algorithm);
- алгоритмы цифровой подписи. Используются алгоритмы RSA и DSS (Digital Signature Standard);

- алгоритмы шифрования. Используются блочные шифры RC2, Skipjack, CAST, Triple DES, AES и прочие, а также поточный шифр RC4;

- алгоритмы хеширования. Используются алгоритмы MD5, SHA и другие.

Таким образом, в криптопровайдерах операционных систем предусмотрена реализация основных криптографических преобразований, позволяющих обеспечить свойства защищаемой информации.

Кроме задачи выполнения самих преобразований, важной задачей применения криптографической защиты является управление ключами. В криптопровайдерах реализована поддержка сертификатов открытых ключей формата X.509, что позволяет обеспечить достоверность ключей пользователей. Кроме того, сеансовые ключи симметричных алгоритмов шифрования недоступны непосредственно пользователю, возможности криптопровайдера позволяют только экспортировать ключ в защищенном формате.

Для защиты криптопровайдера от внешних воздействий применяются следующие правила:

- приложения, взаимодействующие с криптопровайдером, не имеют прямого доступа к ключам;

- приложения не могут влиять на реализацию криптографического алгоритма, они могут только выбрать тот или иной алгоритм и его параметры;

- приложения не обрабатывают учётные данные пользователя, это выполняет криптопровайдер;

- криптопровайдер имеет цифровую подпись, проверяемую API при его использовании, что затрудняет изменение или подмену криптопровайдера.

Таким образом, рассмотренные возможности криптопровайдеров операционных систем семейства Windows позволяют обеспечить необходимые свойства защищаемой информации.

Список литературы

1. Уривский А. В., Чефранова А. О. К вопросу использования криптографических средств при предоставлении государственных электронных услуг // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2011. Спецвып. С. 103–105. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-ispolzovaniya-kriptograficheskikh-sredstv-pri-predostavlenii-gosudarstvennykh-elektronnykh-uslug> (дата обращения: 13.02.2022).
2. Нопин С. В., Шахов В. Г. Использование криптографических интерфейсов операционной системы Windows при разработке систем IP-телефонии, защищенных от несанкционированного доступа // Омский научный вестник. 2006. № 7 (43). С. 131–133. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kriptograficheskikh-interfeysov-operatsionnoy-sistemy-windows-pri-razrabotke-sistem-ip-telefonii-zaschischennyh-ot-1> (дата обращения: 13.02.2022).
3. Редикульцев Р. Н. О проблеме надежной идентификации пользователей в сетях общего пользования // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2018. Т.2. № 4 (14). С. 235–237. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-probleme-nadezhnoy-identifikatsii-polzovateley-v-setyah-obshchego-polzovaniya> (дата обращения: 13.02.2022).
4. Матковский А. П., Немкова О. А. Защита данных в офисном пакете Microsoft Office 2007 операционной системы Windows XP // Науковий вісник НЛТУ України. 2010. № 15. С. 325–330. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zaschita-dannyh-v-ofisnom-pakete-microsoft-office-2007-operatsionnoy-sistemy-windows-xp> (дата обращения: 13.02.2022).

ВИРТУАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

*Владимир Александрович Мали¹,
Максим Сергеевич Кошелев²*

^{1,2}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрены исследования в области развития технологий виртуализации. Исследованы современные методы эксплуатации технологий виртуализации. Проанализированы основные преимущества и недостатки популярных технологий виртуализации.

Ключевые слова: технологии виртуализации, сервер, облако, данные, сетевые устройства, интернет, доступ

1. Перспективы применения технологий виртуализации

На сегодняшний день мало кто не знаком с технологиями виртуализации. Можно сказать, что сейчас это одно из самых главных направлений в развитии ИТ.

Виртуализация – механизм создания виртуального представления ресурсов без привязки к аппаратному обеспечению [1]. Виртуализация делится на 3 типа:

- Виртуализация представлений;
- Виртуализация приложений;
- Виртуализация серверов.

В рамках данной статьи была рассмотрена виртуализация приложений. Она позволяет запускать отдельное приложение в своей собственной изолированной среде, что является очень актуальным на сегодняшний день [2].

Учитывая текущую обстановку с пандемией и перевод учебных заведений на дистанционное обучение, подобная технология может в разы облегчить работу преподавателей и сделает её более удобной и понятной для студентов. Воспользоваться приложением можно будет и любой точки, где есть интернет.

2. Обзор современных технологий виртуализации

2.1. Виртуализация серверов

Виртуализация серверов – программная имитация при помощи программного обеспечения компьютера. Далее на такой компьютер устанавливается любая операционная система, которая сможет функционировать так же, как и на обычном «железном» компьютере.

Главная возможность данного метода – запуск нескольких виртуальных компьютеров внутри одного, при этом все системы будут работать независимо друг от друга.

Такой способ идеально подходит для обучения или тестирования. Например, новые приложения, перед запуском в промышленную эксплуатацию, можно протестировать в виртуальной среде, не рискуя реальной техникой в случае непредвиденных обстоятельств [2].

2.2. Виртуализация представлений

Самый понятный пример виртуализации представлений – это терминальные службы. Они устроены так, что терминальный сервер предоставляет свои ресурсы, и приложение выполняется на сервере, отправляя клиенту только картинку, то есть представление.

У такой технологии виртуализации есть 3 главных преимущества:

- Значительное снижение требований к программно-аппаратному обеспечению клиента;
- Снижение требований к пропускной способности в сети;
- Повышение безопасности.

В качестве терминальных клиентов могут использоваться даже смартфоны или очень старые компьютеры.

Для работы с терминальным сервером не обязательно иметь высокоскоростное подключение к локальной сети. Будет вполне достаточно пропускной способности 15–20 кбит/с. Такое решение может подойти фирмам, имеющим сильно распределённую структуру, например, сеть небольших магазинов [2].

2.3. Виртуализация приложений

Технология позволяет запускать приложение в своей изолированной среде. Такой способ решает множество проблем:

- Безопасность. Приложение, которое запущено в своей среде не сможет нанести вред ОС или другим приложениям.
- Если приложений несколько, то их можно обновлять централизованно из одного источника.
- Виртуализация приложений даёт возможность запускать на одном компьютере несколько приложений, которые не конфликтуют между собой. Если пользователю будет необходимо, то возможно запустить несколько разных версий одного и того же приложения.

Недостатком данной технологии является лишь в практическом внедрении [2].

3. Обоснование выбора технологии виртуализации лабораторного стенда.

Физический стенд будет виртуализирован как массив изображений каждого этапа лабораторной работы

Сервер будет находиться в ЭИОС Пензенского государственного университета. На сервере будет установлено приложения для обработки данных и база данных для хранения информации. В базе хранится исходное задание и результаты выполнения лабораторной работы.

Сервер будет так же являться файловым хранилищем методических указаний и изображений для создания сайта данного приложения. В разработке сайта будет использоваться скриптовый язык программирования PHP. Доступ к сайту осуществляется по протоколу HTTPS.

Клиентская часть будет выполнена на языке разметки HTML и серверного приложения на javascript, что позволит без перезагрузки страницы моментально обмениваться информацией, а также красиво и понятно визуализировать данные и строить графики.

Для внесения данных в итоговый отчет клиентом будет выполнен процесс формальной регистрации.

Список литературы

1. Что такое виртуализация? // IT-компания «СТЭК». URL: <https://stekspb.ru/blog/virtualizaciya/> (дата обращения: 14.02.2022).
2. Косивченко А. Зачем же нужна виртуализация? // Сообщество IT-специалистов «ХАБР». URL: <https://habr.com/ru/post/91503/> (дата обращения: 14.02.2022).

ЦИФРОВАЯ СТЕГАНОГРАФИЯ И КРИПТОГРАФИЯ. ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ВНЕДРЕНИЯ В ФОТОАППАРАТУРУ

Егор Андреевич Персиков

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Исследованы методы внедрения цифровой стеганографии и криптографии в фотоаппаратуру. Рассмотрен метод получения ключа фотоаппаратурой для реализации криптографических алгоритмов.

Ключевые слова: стеганография, криптография, модификация ПО, фотоаппаратура, двумерные графические коды

Одним из методов обеспечения конфиденциальности хранимой или передаваемой информации является цифровая стеганография. Цифровая стеганография – направление классической стеганографии, основанное на сокрытии или внедрении дополнительной информации в цифровые объекты, вызывая при этом некоторые искажения этих объектов. Одним из алгоритмов такой стеганографии является метод LSB (Least Significant Bit).

Наиболее популярной цветовой моделью является RGB (red, green, blue), где каждый пиксель кодируется с помощью трех байт, каждый из которых отвечает за свой основной цвет. Изменение младших бит этих байтов несет минимальное изменение изображения, которое человек заметить не способен. Размер скрываемого файла должен составлять до 1/8 размера контейнера, если изменяется только последний бит в каждом байте матрицы цветов пикселей, или до 1/4 контейнера, если изменяются последние два бита. Для более надежного сокрытия информации может использоваться заполнение стегоконтейнера (объекта, в котором происходит сокрытие информации) в случайных пикселях, определяемых по псевдослучайному закону в соответствии с ключом, а также с применением предварительного зашифрования скрываемой информации.

Реализовать алгоритм LSB-стеганографии можно в различных устройствах, например в телефонах на базе Android или фотоаппаратах.

Существуют производители фотоаппаратов, которые позволяют модифицировать ПО, значительно увеличив их функциональность и добавляя недокументированные возможности. На данный момент это производители Canon и Nikon. Для фотоаппаратов Nikon есть возможность установить неофициальное ПО, в которое добавляется ограниченный набор дополнительных функций, которых нет в официальном ПО. В целях расширения функциональности фотоаппаратов Canon группой энтузиастов была разработана надстройка для базовой прошивки, которая называется CHDK (Canon Hacker's Development Kit).

CHDK – это бесплатное программное обеспечение для некоторых компактных цифровых камер Canon, которое является резидентной программой. Загрузка рассматриваемого ПО производится в оперативную память камеры с SD-карты, на которую оно было предварительно скопировано. Для загрузки CHDK в память камеры доступны два метода: метод обновления встроенного ПО и метод загрузочной SD-карты.

Метод обновления встроенного ПО использует встроенный в камеру пункт меню «Обновление прошивки...». Это самый простой способ загрузки CHDK, но его

необходимо выполнять каждый раз при включении камеры, поскольку CHDK не вносит никаких постоянных изменений в камеру при ее запуске. Стоит заметить, что данный метод фактически не обновляет встроенное ПО камеры, а в самом деле приводит только к загрузке CHDK в оперативную память.

Метод загрузочной SD-карты позволяет камере загружать CHDK при каждом включении. Рассматриваемый метод требует, чтобы SD-карта была настроена специально для этой цели. Инструкций по настройке SD-карты множество и они различаются в зависимости от года выпуска фотоаппарата.

Некоторые возможности, которые предоставляет CHDK:

- съемка в RAW;
- отображение на экране «живой» гистограммы и «зевры» в процессе фокусировки;
- ручной фокус;
- детектор движения;
- брекетинг (автоматическая съёмка нескольких кадров с разным значением некоего параметра);
- значение выдержки в диапазоне от 2048 до 1/100 000 сек;
- настраиваемые индикаторы и интерфейс;
- возможность запуска скриптов;
- приложение для чтения текста;
- пульт USB, который позволяет управлять камерой дистанционно.

Метод загрузочной SD-карты позволяет камере загружать CHDK при каждом включении. Рассматриваемый метод требует, чтобы SD-карта была настроена специально для этой цели. Инструкций по настройке SD-карты множество, и они различаются в зависимости от года выпуска фотоаппарата.

Одной из наиболее интересных возможностей является написание сценариев для камеры. CHDK поддерживает два языка сценариев: Lua и uBASIC. Сценарии могут управлять экспозицией, снимать на основе определенных условий, обнаруживать движение и взаимодействовать с пользователем либо с помощью текстовой консоли, либо с помощью графического интерфейса.

Исходный код CHDK находится в свободном доступе, что позволяет модифицировать ПО. Для сборки проекта используется кросс-компилятор gcc-arm-none-eabi. Таким образом на основе CHDK можно реализовать в фотоаппарате выполнение вышеописанных криптографических алгоритмов и стеганографии.

Для применения криптографических алгоритмов необходимый ключ можно получить путем фотографирования штрих-кода PDF417, который позволяет хранить до 2710 символов и может кодироваться в нескольких режимах: текстовый, байтовый и числовой.

Список литературы

1. Алаа В., Романенко Д. М. Методы цифровой стеганографии на основе модификации цветковых параметров изображения // Труды БГТУ. Сер. 3: Физико-математические науки и информатика. 2018. № 1 (206). С. 94–98. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-tsifrovoy-steganografii-na-osnove-modifikatsii-tsvetovyh-parametrov-izobrazheniya> (дата обращения: 08.02.2022).
2. CHDK 1.5 User Manual. URL: https://chdk.fandom.com/wiki/CHDK_1.5_User_Manual (дата обращения: 08.02.2022).
3. Абрамович В. В., Брумштейн Ю. М., Шпилова О. В. Двумерные графические коды: анализ информационной емкости, способов генерации, направлений применения // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2019. № 1 (45). С. 10–33. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dvumernye-graficheskie-kody-analiz-informatsionnoy-emkosti-sposobov-generatsii-napravleniy-primeneniya> (дата обращения: 08.02.2022).

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ТРАКТА ВВОДА КЛЮЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ УСТРОЙСТВА КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Ульяна Павловна Полянская

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Наиболее уязвимым стыком устройства криптографической защиты информации является тракт ввода ключевой информации. Рассмотрены методы его защиты.

Ключевые слова: устройство, криптография, ключевая информация, защита, злоумышленник, печатывание, электромагнитные поля, протокол, сопряжение

Введение

Представим устройство криптографической защиты информации как «черный ящик», имеющий следующие стыки сопряжения:

- входной информации (аналоговой или цифровой);
- выходной информации (аналоговой или цифровой);
- управления;
- ввода ключевой информации.

Информация, поступающая на вход устройства, подвергается преобразованию в соответствии с режимом, задаваемым по стыку управления, и подается на выход устройства.

Представим, что устройство размещено на объекте эксплуатации и постоянно включено. В таком случае при случайном или злонамеренном обрыве кабелей на трех стыках (вход, выход и управление) персонал оперативно способен выявить такую внештатную ситуацию.

Ввод же ключевой информации происходит периодически, и большую часть времени стык ввода ключевой информации не используется. Поэтому существует вероятность того, что злоумышленник может скрытно подключиться к устройству криптографической защиты информации и вмешаться в его работу.

Возникает задача защиты тракта ввода ключевой информации.

Механические методы защиты

Если разъем для ввода ключевой информации находится на корпусе устройства, то имеющий физический доступ к устройству злоумышленник может подключить к нему свое оборудование. Для защиты от такого рода атаки следует предусмотреть закрытие разъема отдельной крышкой, прилегающей к корпусу устройства. Крышка должна пломбироваться. Конструкция крышки должна быть разработана так, чтобы при попытке доступа к разъему пломба повреждалась и это могло быть выявлено персоналом на объекте эксплуатации.

Также следует предусмотреть наличие отдельных электрических цепей, замыкаемых при подключении кабеля и открытии крышки, сигналы на которых должны анализироваться устройством для выявления факта несанкционированного

доступа с записью события в журнал безопасности и активацией режима аварийной блокировки работы устройства.

Методы защиты от утечки в электромагнитных полях

Поскольку информация в устройстве передается при помощи электрических сигналов, при работе устройство излучает электромагнитные волны. Злоумышленник, не имеющий физического доступа к устройству, может удаленно детектировать эти волны и получить доступ к криптографически опасной информации. Для защиты от атаки такого рода следует поместить устройство в цельнометаллический корпус. Крышка, закрывающая разъем ввода ключевой информации, должна плотно прилегать к корпусу устройства, чтобы исключить излучение через щели.

Этого достаточно для защиты тракта ввода ключевой информации во время его неиспользования. Однако при вводе ключевой информации крышка открыта и к разъему ввода ключевой информации подключен кабель, соединяющий устройство криптографической защиты информации с устройством ввода ключевой информации. При передаче ключевой информации в устройство криптографической защиты информации по цепям кабеля также излучаются электромагнитные волны.

Их можно ослабить, уменьшив уровень электрических сигналов и поместив кабель в сплошную металлическую оплетку, соединенную с корпусом устройства. В идеале, кабель также должен иметь цельнометаллический корпус.

Информационно-логические методы защиты

Предположим, что злоумышленник не имеет физического доступа к устройству и не может детектировать электромагнитные волны, но может получить доступ к носителю ключевой информации и произвести его модификацию. Например, внедрить в состав информации, передаваемой в устройства криптографической защиты информации, кодовую последовательность, активирующую аппаратный эксплоит в устройстве. Для защиты от атаки такого рода следует предусмотреть специальный протокол обмена между устройством криптографической защиты информации и устройством ввода ключевой информации, который будет модифицировать информацию, считываемую с носителя ключевой информации. Так активирующая кодовая последовательность будет разбиваться на отрезки, неспособные активировать аппаратный эксплоит.

Требования к устройству ввода ключевой информации

Однако защиты одного только устройства криптографической защиты информации недостаточно. Устройство ввода ключевой информации также должно быть спроектировано таким образом, чтобы исключить возможность утечки ключевой информации и криптографически опасной информации.

Те же требования по наличию цельнометаллического корпуса и плотно прилегающих крышек актуальны и для него.

Кроме того, для исключения возможности модификации злоумышленником устройства ввода ключевой информации (например, внесения изменений в электрическую схему или программное обеспечение) корпус устройства должен пломбироваться.

Дополнительно следует предусмотреть контроль целостности программного обеспечения устройства ввода ключевой информации устройством криптографической защиты информации. Для проведения контроля программное обеспечение устройства ввода ключевой информации должно передаваться в устройства криптографической защиты информации, которое должно производить подсчет контрольной суммы криптографическим методом и выдавать по стыку управления результат, отображаемый персоналу на объекте эксплуатации. Контроль целостности должен

происходить перед каждым вводом ключевой информации. При неуспешном исходе контроля ввод ключевой информации производиться не должен.

Заключение

Рассмотренные механические методы защиты позволяют защитить тракт ввода ключевой информации от вмешательства злоумышленника, имеющего физический доступ к устройству. Методы защиты от утечки в электромагнитных полях позволяют защитить тракт ввода ключевой информации от вмешательства злоумышленника, не имеющего физического доступа к устройству. Информационно-логические методы обеспечивают защиту от злоумышленника, имеющего доступ к носителю ключевой информации.

Таким образом, рассмотренный комплекс методов защиты при наличии правильно спроектированного устройства ввода ключевой информации позволяет защитить тракт ввода ключевой информации устройства криптографической защиты информации.

Список литературы

1. Бузов Г. А., Калинин С. В., Кондратьев А. В. Защита от утечки информации по техническим каналам : учеб. пособие. М. : Горячая линия – Телеком, 2005. 416 с.
2. Мао В. Современная криптография. Теория и практика. М. : Вильямс, 2005. 763 с.

УДК 004.056

ВЗЛОМ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ UNITY ПРИЛОЖЕНИЙ

***Егор Владимирович Сальников¹,
Елена Васильевна Безделова²***

¹*Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия*

²*Средняя общеобразовательная школа № 32, г. Пенза, Россия*

Аннотация. Исследованы причины и способы взлома приложений, разработанных на игровом движке Unity. Предложены конкретные рекомендации для защиты приложений от ряда угроз, связанных с манипуляцией игровыми данными посредством использования уязвимостей игрового движка. Проанализированы различные варианты сборки приложения.

Ключевые слова: Unity, взлом приложений, защита приложений

Unity – межплатформенная среда разработки компьютерных игр. Unity позволяет создавать приложения, работающие на более чем 25 различных платформах, включающих персональные компьютеры, игровые консоли, мобильные устройства, интернет-приложения и другие [1].

Unity приложения содержат ряд уязвимостей, благодаря которым, любой человек, не имеющий базовых знаний в программировании, может нарушить работу приложения.

Причины взлома приложения:

- модификация игровых параметров;
- разбор игры для изменения игровой логики, исправления багов, написания «модов», «трейнеров»;
- извлечение графических элементов приложения (текстуры, 3D модели).

Способы взлома:

- модификация игровых параметров сохраненных в PlayerPrefs [2];
- изменение значений переменных, хранящихся в оперативной памяти;
- использование уязвимостей движка;
- декомпиляция приложения и «обратная разработка» [3].

Сохраняя игровые данные с помощью стандартного класса PlayerPrefs стоит помнить, что они записываются без шифрования в реестр приложения. Любой пользователь может найти и изменить их (для мобильных платформ понадобятся права разработчика).

Возможными способами защиты от подобного рода уязвимостей являются:

- расширение класса PlayerPrefs для сохранения зашифрованных значений;
- обертка для базовых типов данных.

Оба способа представляют собой шифрование данных на разных уровнях.

В первом случае будет шифроваться группа игровых параметров переведенных в json формат. Недостатком этого способа будет являться возможность отслеживания изменения в оперативной памяти переменных, отвечающих за игровую логику.

Главной отличительной особенностью второго способа будет являться то, что при создании переменной такого типа и изменения его значения за set-методом скрыто шифрование. Каждый вызов get-метода связано с дешифрованием. Так как это просто обертка над примитивными типами int, string и т.д. его можно использовать без некрасивых cast-выражений. Недостатком этого способа будет являться производительность. Такие переменные не рекомендуется обходить в цикле, создавать огромные коллекции и осуществлять сложные вычислительные операции.

Изменение игровых параметров является не такой тривиальной задачей, как изменение сохранений. Для этого используют сторонние программы, позволяющие за счет перебора адресов памяти и изменения значений в игре выявить какой регистр памяти отвечает за ту или иную игровую переменную и ее можно одной кнопкой программы изменить. Для примера имея 5 жизней в игре можно умирать и искать в адресах памяти процесса значение 4, итеративно можно найти регистр памяти ответственный за ту или иную переменную.

Самыми часто используемыми программами являются ArtMoney / Cheat Engine.

Возможным решением является расширение базовых типов данных шифрованием, тогда выявить значение, хранимое в оперативной памяти будет почти невозможно ввиду отсутствия какой-либо связи между отображаемым пользователю значением и хранимым значением.

Читы использующие уязвимости движка. Такие как, Time Cheat; Wall Hack; Speed Hack. Данная проблема может решаться созданием “детекторов” стремительного изменения значения. Принцип работы заключается в том, что за равный промежуток времени берутся важные изменяемые игровые параметры (например скорость FixedUpdate \ время на телефоне) и находится дельта между текущим значением и предыдущим. Если Delta больше установленного Epsilon то вызывается call-back функция. Несколько плюсов их использования: для использования нужно просто подписаться на call-back. Они достаточно эффективно определяют читерство и имеют малый процент ложного срабатывания.

Декомпиляция приложения и «обратная разработка». Unity предоставляет 2 способа сборки приложения. Mono (just-in-time compilation) – Assembly-CSharp.dll; IL2CPP (ahead-of-time compilation) – C++ Native code.

Декомпиляция L2C++ позволяет просмотреть только следующие основные параметры:

- Прототипы методов;
- Значение констант;
- Адреса методов;
- Названия переменных и методов.

Приложение, собранное с помощью Mono имеет ряд критических недостатков. Основным является возможность полной декомпиляции приложения в Unity проект. Можно изменить любой метод. Перекомпилировать и переподписать с помощью нового ключа и приложение заработает. К тому же собранное приложение работает в среднем на 20 % медленнее чем при сборке в IL2CPP из-за JIT компиляции. Может использоваться только при разработке прототипа и последующего теста приложения в виду относительно недолгой сборки.

Извлечение графических элементов из приложения (текстуры, 3д модели). Собранное Unity приложение представляет собой набор папок. Здесь нельзя увидеть никаких, ресурсов, файлов текстур и т.п. Unity сжимает такие файлы и упаковывает в специальный файл-контейнер «бандл», откуда нельзя просто так достать ресурс.

Существует большое количество утилит способных распаковать или подменить «бандл» в готовой сборке. Одни из популярных: AssetBundelExtractor, Ripper, UnityEx и DevXUnityUnpackerDemo.

Возможным решением будет являться разбиение по «бандлам» всех важных для игры ресурсов и отдельное шифрование каждого.

Список литературы

1. Unity (игровой движок) // Википедия – свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Unity> (дата обращения: 10.02.2022).
2. PlayerPrefs // Unity Technologies Documentation. URL: <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/PlayerPrefs.html> (дата обращения: 01.02.2022).
3. Reverse engineering: обратная разработка приложений для самых маленьких // Хабр. URL: <https://habr.com/ru/company/pentestit/blog/555590> (дата обращения: 11.02.2022).

УДК 003.26

ОБЗОР ПРОГРАММ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАДАЧ ПРИ РАБОТЕ С АППАРАТУРОЙ С ФУНКЦИЕЙ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Павел Александрович Стенькин

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Представлена характеристика аппаратуры с функцией криптографической защиты информации. Определены задачи для автоматизации при работе с аппаратурой. Произведен обзор специфики работы нескольких популярных программ для автоматизации. Исследованы методы внедрения автоматизации в работу с аппаратурой криптографической защиты информации.

Ключевые слова: криптография, КЗИ, ИС, программа для автоматизации, автоматизация

Обозначения и сокращения.

МАПД – Малогабаритная аппаратура передачи данных.

© Стенькин П. А., 2022

КЗИ – Криптографическая защита информации.
УКЗД – Устройство криптографической защиты данных.
GUI – графический интерфейс.

В настоящее время в связи с развитием средств автоматизации и вычислительной техники в вооруженных силах всех армий мира возникает огромная потребность в передаче больших объёмов различной информации.

Средства криптографической защиты информации реализованные в качестве малогабаритной аппаратуры передачи данных с программной реализацией криптографических функций позволяют осуществлять криптографическую защиту данных, а также помехоустойчивую передачу по проводным каналам.

МАПД изготавливаются в виде плат или отдельных блоков с интерфейсами для подключения к оконечному оборудованию данных (далее по тексту – ООД), для подключения каналобразующих средств и для ввода/вывода ключей.

Данная аппаратура является актуальной исходя из ряда преимуществ:

- компактный размер;
- низкое энергопотребление;
- возможность реализации высокой скорости передачи данных;
- возможность реализации высокой скорости шифрования;
- малое искажение двоичного символа.

Работа с МАПД начинается с проверки креплений электрорадиоизделий (ЭРИ) на ячейке, в отсутствии механических повреждений проверяемой ячейки и ЭРИ, установленных на ней. Следующим шагом является проверка на наличие коротких замыканий, с помощью мультиметра цифрового. После приступаем к программированию ПЛИС и FLASH-памяти. После программирования вводим в изделие настроечные данные необходимые для работы с оконечным оборудованием данных, через имитатор ООД, в котором проводили завершающую проверку работоспособности ячейки используя сравнение контрольной суммы и внутренне тестирование, проверка работоспособности.

Независимо от сложности настройки аппаратуры, стратегия автоматизации может помочь улучшить существующие процессы. С помощью автоматизации можно сэкономить время, минимизировать количество ошибок. Так же за счёт автоматизации рутинных процессов повышается эффективность работы сотрудников.

Автоматизация – это использование программного обеспечения для выполнения задач с целью снижения затрат, сложности и количества ошибок.

Одним из самых популярных программ для автоматизации является – «AutoIT», моделирующий нажатия клавиш, щелканье мышкой и другие подобные действия, которые обычно выполняет пользователь при работе в GUI- приложениях. Все действия можно запрограммировать при помощи BASICподобного языка. Основные функции ПО: обращение к реестру, буферу обмена, файлам; создавать GUI, сообщения, формы для ввода данных. Следующая популярная программа, которая позиционируется, как программа для автоматизации задач системных администраторов – «Xsrarter». Главной особенностью данного ПО является – возможность старта при активации Windows. То есть определённые задачи можно выполнять согласно расписанию.

Следующая программа отличается в возможности создания задач без написания кода, благодаря удобному GUI – «Automate». Программа имеет более 230-ти предполагаемых действий для автоматизации, что упрощает процесс создания действий. Благодаря данной программе можно автоматизировать RGRоперации шифрования и цифровой подписи сообщений, файлов и другой информации.

Программа «AutoHotkey» является ответвлением «AutoIT». Предусматривается автоматизация повторяющихся задач, таких как: запуск программы, отправка

почты, редактирование реестра. Имеется поддержка работа с файлами, симуляция нажатий кнопок мыши, есть возможность создания GUI. Программа может отслеживать системные события и выполнять действия при их наступлении. Практически такой же функционал что и у «AutoIT», но имеется поддержка «горячих» клавиш. Данная функция помогает автоматизировать установку или открытие ПО одной или любой комбинацией клавиш.

«AUTOMATION ANYWHERE» предназначена для автоматизации любых повторяющихся действий, не прибегая к программированию. Программа позволяет записать действие пользователя, после чего можно отредактировать данное действие, наблюдая, как курсор мыши самостоятельно выполняет записанную задачу.

Представленные программы предоставляют возможность автоматизации ввода в изделие настроечных данных необходимых для полноценной работоспособности аппаратуры с КЗИ.

Список литературы

1. Nauduc L. Microsoft The automated enterprise. 2020. URL: <https://www.redhat.com/en> (дата обращения: 13.02.2022).
2. ГОСТ Р 52459.1–2009. Совместимость технических средств электромагнитная. Технические средства радиосвязи. Ч. 1. Общие технические требования и методы испытаний : введ. 01.01.2010. М. : Стандартинформ, 2010. 46 с.
3. URL: <https://www.autoitscript.com/site> (дата обращения: 13.02.2022).
4. URL: <https://www.xstarter.com> (дата обращения: 13.02.2022).
5. URL: <https://automate.io> (дата обращения: 13.02.2022).
6. URL: <https://www.autohotkey.com/> (дата обращения: 13.02.2022).
7. URL: <https://www.automationanywhere.com> (дата обращения: 13.02.2022).

УДК 004.056.5

КАЛЬКУЛЯТОР ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНТРОПИИ КОДОВ ОТКЛИКОВ НЕЙРОСЕТЕЙ НА ПРИМЕРЕ РУКОПИСНОГО ОБРАЗА «ЧУЖОЙ» В ПРОСТРАНСТВЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ ИХ РАЗРЯДОВ

Владислав Алексеевич Сумин

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Исследованы принципы работы биометрической аутентификации личности путем преобразования личных биометрических данных человека в его криптографический ключ.

Ключевые слова: биометрическая аутентификация, биометрический образ «Свой», биометрический образ «Чужой», коэффициент корреляции, расстояние Хемминга

Как известно больше половины мирового населения имеют аккаунты на одной или нескольких платформах. Как показывает практика, парольная защита доступа к личным интернет ресурсам имеет ряд уязвимостей. Пользователи обычно пользуются короткими, легко подбираемыми паролями. Для повышения безопасности парольной защиты в настоящее время желательно использовать биометрическую аутентификацию.

Биометрическая аутентификация – процесс доказательства и проверки подлинности заявленного пользователем имени, через предъявление пользователем своего биометрического образа и путём преобразования этого образа в соответствии с заранее определённым протоколом аутентификации.

Корректная работа биометрической аутентификации заключается в автоматическом обучении нейросетевого преобразователя по ГОСТ Р 52633.5–2011. Для обучения нейросетевого преобразователя биометрический код использует от 8 до 20 примеров образа «Свой» и не менее 256 примеров образа «Чужой».

Нейросетевой преобразователь – преобразователь, заранее обученный преобразовывать многомерные континуумы примеров биометрического образа «Свой» в почти однозначный выходной код криптографического ключа или длинного пароля доступа по ГОСТ Р 52633.0-2006. После каждого обучения нуждается в быстром автоматическом тестировании.

Биометрический образ «Свой» – биометрический образ человека, параметры которого порождают с высокой вероятностью от 0.92 до 0.95 на выходах обученной нейронной сети код его личного криптографического ключа.

Биометрический образ «Чужой» – случайный биометрический образ, параметры которого порождают на выходах обученной нейронной сети случайный выходной код.

Так как биометрические образы могут быть подвержены к атакам подбора, основным требованием является вычисление вероятности ошибок второго рода и выполнение процедур тестирования.

Ошибка второго рода – вероятность ложной идентификации пользователя, отсутствующего в базе данных. Такая ошибка должна оцениваться либо по международным рекомендациям стандарта ГОСТ Р ИСО/МЭК 19795-1–2007, либо ГОСТ 3 52633.3–2011.

Если производить оценку по ГОСТ Р ИСО/МЭК 19795-1-2007, то придется использовать тестовые базы с объемом тестовых образов «Чужой» в 30 раз больше, чем обратная величина предполагаемой стойкости к атакам подбора. Так, если будет тестироваться защита образа с вероятностью ошибок в 0.0000001, размер тестовой базы должен составлять более 30 миллионов образов «Чужой». Это является значительным юридическим барьером для выполнения лабораторных работ по биометрии для университетов. Во всех странах сбор, хранение и использовать большие базы биометрических образов ЗАПРЕЩЕНО. Именно по этой причине мы постоянно пишем СОГЛАСИЯ на обработку своих персональных данных.

Решить проблему возможно, если воспользоваться отечественным стандартом по быстрому тестированию на малых выборках. ГОСТ 3 52633.3–2011. Этот стандарт требует перехода от анализа обычных кодов к расстояниям Хэмминга между ними.

Метрика Хэмминга позволяет значительно сэкономить вычислительные ресурсы при реализации генетических алгоритмов направленного перебора. В рамках гипотезы нормального распределения расстояний Хэмминга позволяет вычислить математическое ожидание и стандартное отклонение [5]. По этим параметрам можно вычислить вероятность ошибок второго рода, что позволит определить процентное прохождение аутентификации биометрического образа «Чужой».

Немаловажно произвести логарифмические вычисления для поиска энтропии образа «Чужой». По результатам вычисления минимальная энтропия образа «Чужой» показывает насколько ближе к образу «Свой». Особенностью данных расчетов является оценка расстояний Хэмминга, которая в свою очередь требует данные в виде примеров образа «Свой» и данные о биокоде «Свой».

Корреляционная метрика среднего значения модулей коэффициентов парной корреляции способствует вычислению энтропии, минуя промежуточную оценку расстояний Хэмминга [6]. Экранная форма корреляционного калькулятора представлена на рис. 1. Каждый из образов будет иметь свое распределение корреляции, на основе которых будет сделан вывод о стойкость к атакам подбора.

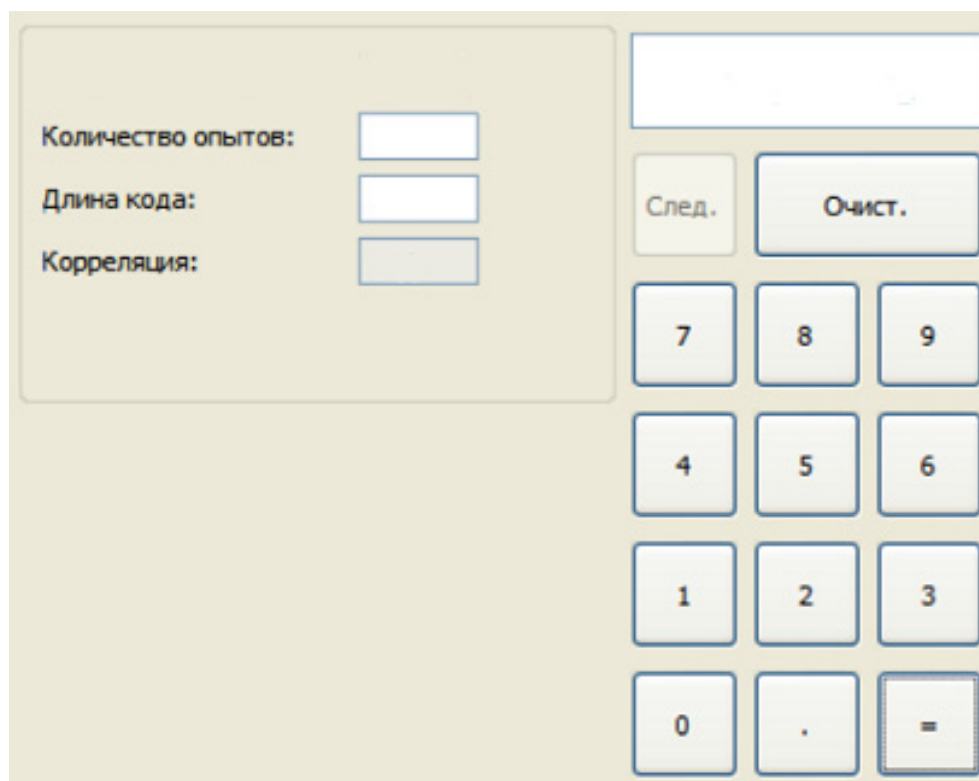


Рис. 1. Форма корреляционного калькулятора

Список литературы

1. ГОСТ Р 52633.5–2011. Защита информации. Техника защиты информации. Автоматическое обучение нейросетевых преобразователей биометрия–код доступа.
2. ГОСТ Р 52633.0–2006. Защита информации. Техника защиты информации. Требования к средствам высоконадежной биометрической аутентификации.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 19795-1–2007. Автоматическая идентификация. Идентификация биометрическая. Эксплуатационные испытания и протоколы испытаний в биометрии. Ч. 1. Принципы и структура.
4. ГОСТ 3 52633.3–2011. Защита информации. Техника защиты информации. Тестирование стойкости средств высоконадежной биометрической защиты к атакам подбора.
5. Иванов А. И. Тестирование нейронных сетей, обученных алгоритмом ГОСТ Р 52633.5–2022, в среде моделирования «БиоНейроАвтограф» : учеб.-метод. пособие. Пенза : Изд-во ПГУ, 2020. 36 с. URL: <https://tsib.pnzgu.ru/page/39329>
6. Иванов А. И., Захаров О. С. Среда моделирования «БиоНейроАвтограф» : программный продукт (создан лабораторией биометрических и нейросетевых технологий, размещен с 2009 г. на сайте АО «ПНИЭИ» для свободного использования университетами России, Белоруссии, Казахстана). URL: <http://пниэи.рф/activity/science/noc/bioneuroautograph.zip>

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДВЕРЖЕННОСТИ L-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПО ГОСТ 34.12–2015 С ДЛИНОЙ БЛОКА 128 БИТ АТАКАМ ПО ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ

*Кирилл Андреевич Шеманаев¹,
Ольга Андреевна Губанова²,
Олег Владимирович Липилин³*

^{1,2,3}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрена подверженность различных программных реализаций L-преобразования по ГОСТ 34.12–2015 атакам по времени выполнения. Составлена методика проведения исследования, разработаны тестовые наборы данных. Приведён сравнительный анализ времени выполнения L-преобразования для различных программных реализаций.

Ключевые слова: криптографическая защита информации, блочный шифр, линейное преобразование, атака по времени выполнения

Блочный шифр «Кузнечик» – симметричный алгоритм блочного шифрования с размером блока 128 бит и длиной ключа 256 бит. На сегодняшний день ведётся активное исследование стойкости данного шифра по всем возможным направлениям анализа. Разработчики шифра утверждают, что L-преобразование обладает стойкостью к атакам по времени выполнения, однако исследований в этой области не опубликовано.

Целью данной работы было выбрано исследование подверженности различных реализаций линейного преобразования к атакам по времени выполнения (timing attack). Данная атака предполагает наличие в алгоритме шифрования уязвимости, позволяющей скомпрометировать его с помощью анализа времени, затрачиваемого на исполнение криптографического алгоритма. Такой уязвимостью обладают преобразования, в которых временные затраты на выполнение одних и тех же операций меняется в зависимости от входных данных.

Методика исследования подверженности включает в себя формирование 30 тестовых наборов, которые в свою очередь делятся на четыре категории: HIVEST, LOWVEST, HIVYTE, LOWYTE.

Для каждой из категории был сформирован набор, содержащий 16, 32, 48, 64, 80, 96 и 112 единиц, а также два отдельных набора, содержащих минимальное и максимальное количество нулей.

Для исследования были разработаны две программные реализации:

– с использованием таблиц предварительных вычислений (далее – реализация 1) [1];

– с использованием таблиц всех возможных результатов логарифмирования и вычислений экспоненты в степени (далее – реализация 2).

В первом случае суть метода заключается в том, что L-преобразование представлено с помощью заранее посчитанной таблицы результатов преобразования, вычисленных по формуле:

$$L(y) = \sum_{i=1}^{128} A_i y_i ,$$

где A_i – номер строки из таблицы, y_i – бит входного вектора.

Вторая реализация предполагает замену умножения над полем Галуа по модулю неприводимого многочлена по формуле:

$$ab = e^{(\ln a + \ln b) \bmod 255},$$

где a и b – первое и второе слагаемое при умножении.

В исследованиях не рассматривался стандартный способ реализации L-преобразования, подробно описанный в ГОСТ 34.12–2015 [2], так как он заметно уступает исследуемым способам в скорости работы. При проведении вычислений не использовались оптимизаторы программного кода с целью исключить любое их возможное влияние на результаты эксперимента. Результаты исследований приведены на рис. 1, 2.

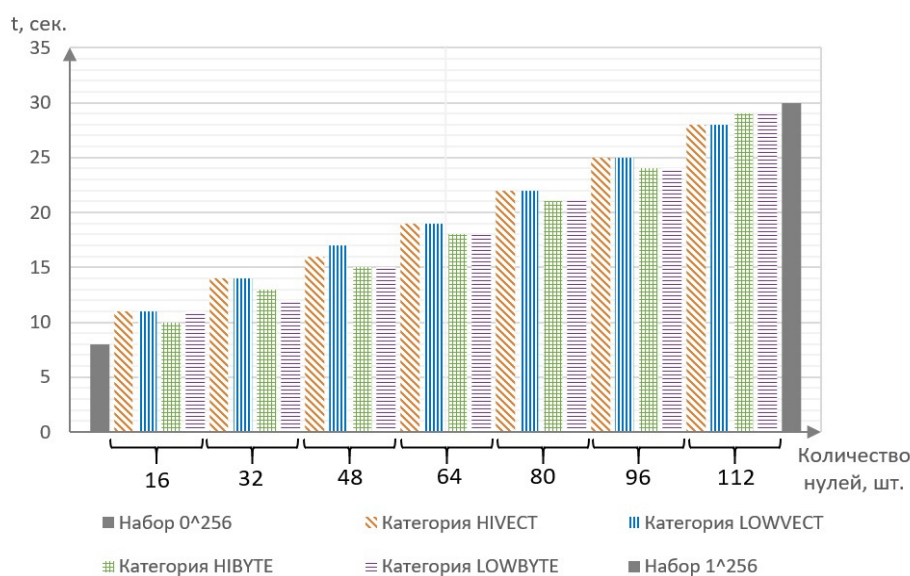


Рис. 1. Время выполнения тестового набора для реализации 1

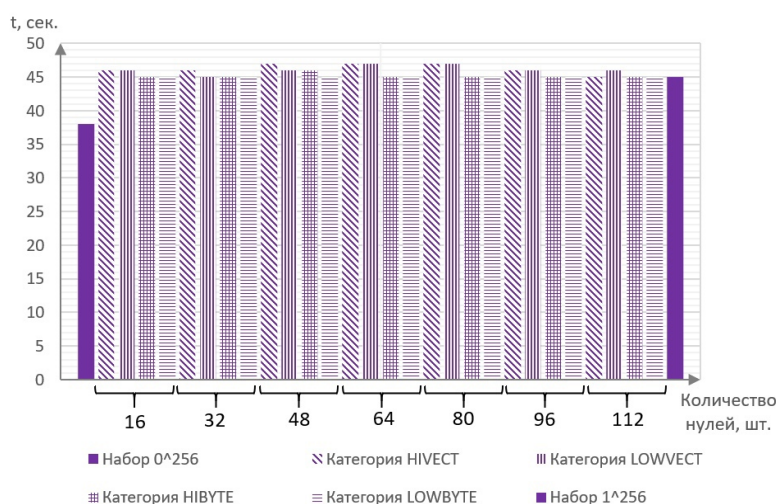


Рис. 2. Время выполнения тестового набора для реализации 2

Из результатов экспериментальных исследований, представленных выше, видно, что оба способа обладают исследуемой узвизимостью.

Для устранения уязвимости в реализации 1 необходимо убрать условные конструкции, введённые для ускорения выполнения алгоритма.

Для реализации 2 уязвимость возникает при поступлении на вход перемножения нулевых байтов. Решением данной проблемы будет добавление в условную конструкцию случайных операций, не влияющих на возвращаемое функцией перемножения, но выравнивающих время выполнения, если все входные байты имеют нулевые значения.

После модификации обеих реализаций при различных входных наборах время выполнения стало одинаково, что позволяет исключить подверженность реализаций атакам по времени выполнения.

По результатам исследования были получены следующие выводы:

– реализация, основанная на предварительно вычисленных таблицах, уязвима к атакам по времени выполнения. Для её устранения необходимо исключить использование условных операторов, позволяющих ускорить выполнение преобразования. Среднее время выполнения преобразования при этом может увеличиться до 3,75 раз;

– реализация, основанная на логарифмировании уязвима к атакам по времени выполнения при поступлении на вход вектора значений, содержащего только нулевые значения. Для устранения уязвимости в реализацию следует включать случайные операции, при этом среднее время выполнения преобразования практически не увеличивается.

Список литературы

1. Лось А. Б., Нестеренко А. Ю., Рожков М. И. Криптографические методы защиты информации для изучающих компьютерную безопасность : учебник для академического бакалавриата. 2-е изд., испр. М. : Юрайт, 2019. 473 с
2. ГОСТ Р 34.12–2015. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Блочные шифры. М. : Стандартинформ, 2015.

Секция 6

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ, ЭЛЕКТРОНИКЕ И ЭНЕРГЕТИКЕ

УДК 519.854.2

АЛГОРИТМ ПОИСКА МАКСИМАЛЬНЫХ ПАРОСОЧЕТАНИЙ

Владимир Сергеевич Александров

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Разработан алгоритм поиска максимальных паросочетаний на основе алгоритма Куна. Представлен псевдокод программы. Разработка программы осуществлена в среде Microsoft VisualStudio2019, на языке программирования C++.

Ключевые слова: максимальные паросочетания, граф, алгоритм Куна

Для реализации алгоритма поиска максимальных паросочетаний можно использовать различные виды обхода графа (в глубину или в ширину). Обход в графа в глубину заключается в обходе графа по некоторому пути в ходе, которого посещаются все вершины графа. Реализация может быть как рекурсивная, так и не рекурсивная. Во втором случае используется стек. Обход графа в ширину заключается в проходе по всем возможным смежностям в графе, при этом в каждый момент исполнения алгоритма, рассматривается одна вершина [1, 2].

Для поиска максимальных паросочетаний можно использовать алгоритм Куна, построенный на основе поиска в глубину [3].

Разработка программы осуществлена в среде Microsoft VisualStudio2019, на языке программирования C++.

Пусть дан неориентированный граф $G = (V, E)$. Паросочетанием (matching) называется подмножество ребер $M \in E$, такое что для всех вершин $v \in V$ в M содержится не более одного ребра, инцидентного v . Максимальное паросочетание – это такое паросочетание M в графе G , которое не содержится ни в каком другом паросочетании этого графа, то есть к нему невозможно добавить ни одно ребро, которое бы являлось несмежным ко всем рёбрам паросочетания.

Алгоритм можно описать так: сначала возьмём пустое паросочетание, а потом – пока в графе удаётся найти увеличивающую цепь, – будем выполнять чередование паросочетания вдоль этой цепи, и повторять процесс поиска увеличивающей цепи. Как только такую цепь найти не удалось – процесс останавливаем, – текущее паросочетание и есть максимальное.

В массиве matching хранятся паросочетания $(v, matching[v])$ (Если паросочетания с вершиной v не существует, то $matching[v]=-1$). А used – обычный массив "посещённостей" вершин в обходе в глубину (он нужен, чтобы обход в глубину не заходил в одну вершину дважды). Функция dfs возвращает true, если ей удалось найти увеличивающую цепь из вершины v , при этом считается, что эта функция уже произвела чередование паросочетания вдоль найденной цепи.

Внутри функции просматриваются все рёбра, исходящие из вершины v , и затем проверяется: если это ребро ведёт в ненасыщенную вершину to , либо если эта вершина to насыщена, но удаётся найти увеличивающую цепь рекурсивным запуском из `matching[to]`, то мы говорим, что мы нашли увеличивающую цепь, и перед возвратом из функции с результатом `true` производим чередование в текущем ребре: перенаправляем ребро, смежное с to , в вершину v .

В основной программе сначала указывается, что текущее паросочетание – пустое (массив `matching` заполняется числами -1). Затем перебирается вершина v , и из неё запускается обход в глубину `dfs`, предварительно обнулив массив `used`.

Стоит заметить, что размер паросочетания легко получить как число вызовов `dfs` в основной программе, вернувших результат `true`. Искомое максимальное паросочетание содержится в массиве `matching`. После того, как все вершины $v \in V$ будут просмотрены, текущее паросочетание будет максимальным.

Ниже представлен псевдокод программы:

```

main(){
    выбрать способ заполнения графа;
    если выбран случайный граф;
    {
        создать граф();
    }
    иначе{
        прочитать граф из файла
    }
    Если граф задан
    {
        Вывести граф на экран
        Если (Граф двудольный))
        Поиск максимальных паросочетаний();
        Иначе
            Вывести сообщение об ошибке
    }
    Иначе
        Вывести сообщение об ошибке
}
создать граф(){
    ввести размер 1 и 2 доли графа
    для ( i = 0; до size)
    {
        для( j = 0; до size; )
        {
            graph[i][j] = 1 или 0;
            graph[j][i] = graph[i][j];
        }
    }
    size3= размер 1 доли + 2 доли
    для(i = 0; до size3; )
    {
        для(j = 0; до size3; )
        {
            если (i < size1 и j < size1) {

```

```

        graph[i][j] = 0;
    }
}
}
для(int i = 0; до size3; )
{
    для(j = 0; до size3;)
    {
        Если (i >= size1 и j >= size1) {
            graph[i][j] = 0;
        }
    }
}
пока (!граф не двудольный) {
    создать граф();
}
для(i = 0; до size3;)
{
    для(j = 0; до size3;)
    {
        Если (i == j) {
            graph[i][j] = 0;
        }
        вывести на экран graph[i][j]
    }
    перейти на следующей строке
}
}
Алгоритм куна() {
Если (NUM[v] == 0)
    Если(matching[i] == -1 или dfs(matching[i]==0))
        вернуть false
used[v] = true
ДЛЯ всех i ИЗ g[i][j].
    matching[i] = v
    вернуть true
}
}
Поиск максимальных паросочетаний() {
ДЛЯ всех v matching[v] = -1;
NOMER = NOMER + 1;
ДЛЯ всех i ИЗ g[i][j]
    used[i] = false
    Алгоритм Куна();
}
}

```

Результат работы программы представлен на рис. 1.

В результате выполнения данной работы, написана программа, выполняющая поиск максимальных паросочетаний на основе алгоритма Куна. Программа может быть использована в прикладных задачах, например, при анализе графовых моделей взаимосвязей параметров материалов [4–7].

```

C:\Users\ale\source/repos\yrcosae\MaxBipartiteMatching\MaxBipartiteMatching\64\Debug\MaxBipartiteMatching.exe
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1
0 0 1 0 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0
1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0
1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0
1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0
0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 0 1 1 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0
Граф:
1: 11 12 13 14 16 17
2: 11 15 16
3: 10 13
4: 12 13 16 17
5: 10 11 14 16 17
6: 10 11 16 17
7: 10 11 14 15
8: 10 12 14 16 17
9: 10 11 12 14 17
10: 3 5 6 7 8 9
11: 1 2 5 6 7 9
12: 1 4 8 9
13: 1 3 4
14: 1 5 7 8 9
15: 2 7
16: 1 2 4 5 6 8
17: 1 4 5 6 8 9
Максимальное паросочетание:
8 - 10
7 - 11
4 - 12
3 - 13
1 - 14
2 - 15
6 - 16
5 - 17
Для продолжения нажмите любую клавишу . . .

```

Рис. 1. Результат функционирования программы

Список литературы

1. Александров В. С. Основные этапы развития архитектуры процессоров // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. ст. по материалам VIII Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. Пенза : Изд-во ПГУ, 2021. С. 267–269.
2. Волик А. В., Александров В. С. Этапы развития информационно-измерительных систем // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. ст. по материалам VIII Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. Пенза : Изд-во ПГУ, 2021. С. 275–277.
3. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы. Построение и анализ. М. : Вильямс, 2013. 1324 с.
4. Печерская Е. А., Зинченко Т. О., Антипенко В. В. [и др.]. Моделирование взаимосвязей технологических режимов и свойств оксидного покрытия, синтезированного методом спрей-пиролиза // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2020. № 3 (33). С. 69–77.
5. Систематизация взаимосвязей параметров прозрачных проводящих оксидов и технологических режимов их получения методом спрей-пиролиза : свидетельство о регистрации базы данных 2021620561 / Е. А. Печерская, Т. О. Зинченко, О. А. Мельников, В. С. Александров. № 2021620025 ; заявл. 13.01.2021 ; опубл. 24.03.2021.
6. Печерская Е. А. Математические модели предметной области при исследовании параметров материалов нано- и микроэлектроники // Университетское образование : сб. ст. XV Междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 50-летию полета первого космонавта Ю. А. Гагарина / под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. Пенза : Изд-во ПГУ, 2011. С. 436–438.
7. Zinchenko T. O., Gurin S. A., Pecherskaya E. A. [et al.]. Development of a graph model of the relationship between the parameters of the synthesis of transparent conductive coatings and properties of oxide coating // 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE 2020). Tomsk, 2020. P. 1304–1308.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА РАДИОЧАСТОТНОЙ АБЛЯЦИИ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ЭФФЕКТОМ ДОСТИЖЕНИЯ ТРАНСМУРАЛЬНОСТИ

*Владимир Викторович Антипенко¹,
Екатерина Анатольевна Печерская²*

^{1,2}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Метод радиочастотной абляции в настоящее время применяется при лечении врожденных и приобретенных пороков сердца, ишемической болезни сердца, осложненной аритмиями, а также при изолированных формах аритмии. Радиочастотная абляция – один из наиболее часто применяемых и эффективных методов лечения аритмий различного типа. Существующие аналоги обладают недостатками, связанными с некорректным выбором параметров воздействия, приводящим к недостоверному определению эффекта достижения трансмурального поражения. Рассмотрена структурная схема автоматизированного комплекса радиочастотной абляции с одновременным эффектом достижения трансмуральности.

Ключевые слова: ткань, трансмуральность, радиочастотная абляция

Метод радиочастотной абляции (РЧА) – это способ инвазивного лечения расстройств сердечного ритма. Цель метода создание на заданных участках сердечной ткани электрически непроводящих участков, которые препятствуют прохождению электрических импульсов, осуществляющих патологическое возбуждение сердечной мышца [1]. Деструкция проводится путем подачи на конкретные области миокарда радиочастотной энергии от аппарата с помощью расходного инструмента, включающего в себя электрические контакты. После проведения процесса деструкции прекращается аномальное распространение импульсов, возбуждающих миокард, что позволяет поддерживать правильный сердечный ритм [2,3]. Существующие аналоги обладают существенными недостатками. Основными недостатками являются некорректные алгоритмы выбора параметров воздействия, в ряде случаев неспособные обеспечить трансмуральное поражение ткани в процессе воздействия и недостоверное определение эффекта достижения трансмурального поражения в процессе воздействия, а также наступление таких нежелательных эффектов, как резкий рост температуры ткани, закипание внутриклеточной жидкости, разрушение клеточной структуры и перфорации [4,5]. При этом может наступить физическое разрушение участка ткани миокарда, требующее хирургического вмешательства для его восстановления. Предлагаемое решение заключается в использовании биполярного инструмента и методики его применения, а также обратной связи, необходимой для контроля параметров воздействия, новых алгоритмов измерения параметров миокарда, системы предусматривающей динамичное изменение параметров воздействия в зависимости от характеристик миокарда [6,7].

Автоматизированный комплекс радиочастотной абляции с одновременным эффектом достижения трансмуральности позволит повысить надежность образования непроводящих участков ткани, что в свою очередь приведет к сокращению времени операций и увеличению эффективности процедуры абляции [8, 9].

Согласно сформулированным требованиям необходимо, чтобы автоматизированный комплекс работал в биполярном режиме с диапазоном активных нагрузок от 10 до 400 Ом, обеспечивало мощность от 10 до 32,5 Вт, в соответствии с управляющими сигналами системы управления. Максимальное напряжение на нагрузке не более 77,5 В. Форма сигнала – квазисинусоида, частота 440 ± 11 КГц [7, 10, 11].

Структурная схема автоматизированного комплекса радиочастотной абляции с одновременным эффектом достижения трансмуральности представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема автоматизированного комплекса радиочастотной абляции с одновременным эффектом достижения трансмуральности

Разрабатываемый автоматизированный комплекс для абляции биологических тканей состоит из блока питания 1, соединенного с генератором высокой частоты 2, системой управления 3 и дисплеем 4, а также содержит выходную цепь 5 для согласования генератора 2 с рабочим инструментом для абляции и датчик напряжения 6 и датчик тока 7, подключённые к выходной цепи 5 и соединённые с системой управления 3.

Автоматизированный комплекс радиочастотной абляции в соответствии с применёнными алгоритмами, оценивает характеристики обрабатываемой ткани и устанавливает индивидуальные параметры воздействия для каждого конкретного случая, позволяя определить с более высокой достоверностью момент и факт наступления трансмурального поражения миокарда.

Список литературы

1. Bender J. M., Adams W. R., Mahadevan-Jansen A. [et al.]. Radiofrequency ablation alters the microstructural organization of healthy and enzymatically digested porcine mitral valves // *Experimental Mechanics*. 2021. № 61 (1). P. 237–251.
2. Lall Shelly C. [et al.]. The effect of ablation technology on surgical outcomes after the Cox-maze procedure: A propensity analysis // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2007. № 133 (2). P. 389–396.
3. Rubinsky B., Onik G., Mikus P. Irreversible electroporation: A new ablation modality – Clinical implications // *Technology in Cancer Research and Treatment*. 2007. № 6 (1). P. 37–48.

4. Antipenko V. V., Pecherskaya E. A., Zinchenko T. O. [et al.]. Development of an automated bioimpedance analyzer for monitoring the clinical condition and diagnosis of human body diseases // Journal of Physics: Conference Series. 2020. № 1515 (5). P. 152075.
5. Antipenko V. V., Pecherskaya E. A., Kulkov V. N. [et al.]. Development of a radiofrequency ablation device with simultaneous determination of the transmural effect achievement // 2021 IEEE 22nd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM). 2021. Vol. 9507588. P. 385–389.
6. Golubkov P. E., Pecherskaya E. A., Karpanin O. V. [et al.]. Automated system for bioimpedance measuring // International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM-2018. Proceedings. IEEE Computer Society, 2018. P. 641–644.
7. Антипенко В. В., Печерская Е. А., Антипенко С. А. Схема для одновременного измерения биоимпеданса кожи, восприимчивости и потенциала // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы 2021. Пенза : Изд-во ПГУ, 2021. С. 270–272.
8. Грачев А. Ю., Карпанин О. В., Печерская Е. А. Аппаратно-программный комплекс для автоматизированных измерений биоимпеданса // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2017. № 1 (21). С. 96–108.
9. Воробьева Е. Ю., Крайнова К. Ю., Печерская Е. А., Бибарсова А. М. Факторы, влияющие на точность биоимпедансного анализа // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. VI Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. / под ред. Л. Р. Фионовой. Пенза : Изд-во ПГУ, 2019. С. 178–179.
10. Антипенко В. В., Печерская Е. А. Основы биоимпедансного анализа для мониторинга клинического состояния заболеваний // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. ст. по материалам VII Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. / под ред. Л. Р. Фионовой. Пенза : Изд-во ПГУ, 2020. С. 221–224.
11. Antipenko V. V., Pecherskaya E. A., Zinchenko T. O. [et al.]. Analysis of methodological errors in measuring a digital automated bio-impedance meter // Journal of Physics: Conference Series. 2020. № 1695 (1). P. 012051.

УДК 681.325.5

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛА

Артём Вячеславович Волик

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Сформулированы преимущества цифровой обработки сигналов по сравнению с аналоговыми методами. Рассмотрена и проанализирована последовательность цифровой обработки сигналов. Изложены ограничения использования средств цифровой обработки.

Ключевые слова: цифровая обработка, сигнал, аналого-цифровой преобразователь

Основой технологий цифровой обработки сигналов является комплекс, содержащий ЭВМ, специализированные устройства ввода и соответствующее программное обеспечение. Цифровая обработка сигналов – это предмет, охватывающий технические и программные средства для обработки входных сигналов с использованием численных методов. Цифровой анализ включает в себя сбор данных, преобразование сигналов, синтез, фильтрацию, оценку и идентификацию

и т.д. для извлечения полезной информации. По сравнению с традиционным аналоговым методом обработки информации, цифровая обработка имеет несравнимые преимущества. Системы цифровой обработки сигналов могут обрабатывать как цифровые, так и аналоговые сигналы. Аналоговый сигнал предварительно должен быть преобразован в цифровой сигнал, прежде чем он сможет быть обработан системой цифровой обработки сигналов. Подобные преобразования реализуются при измерении не только электрических величин, но при измерении температуры, линейных перемещений [1–4]. На рис. 1 представлена структурная схема, включающая преобразование аналогового сигнала (инициализирующий сигнал) в цифровой, блок анализа цифрового сигнала и цифроаналоговое преобразование, с выдачей на выход управляющего сигнала в аналоговой форме.

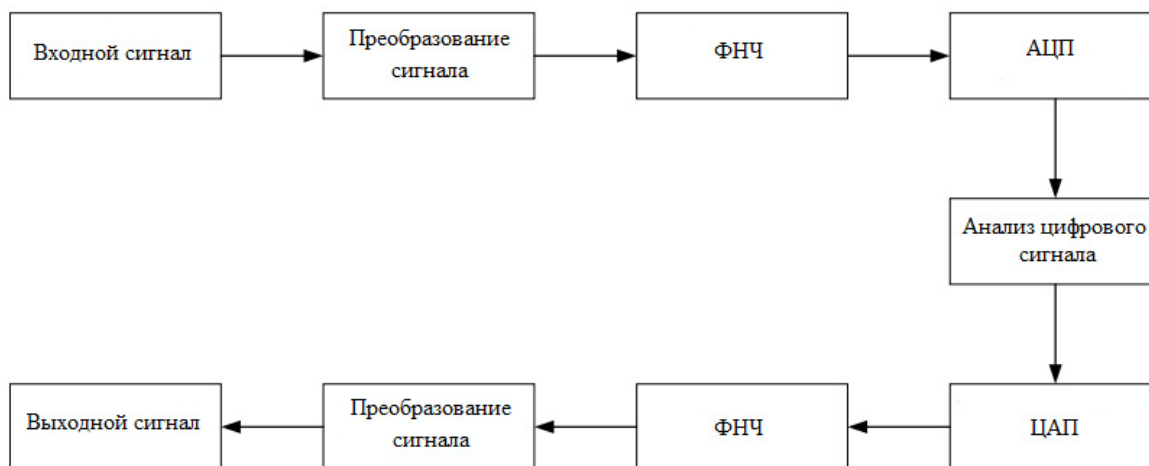


Рис. 1. Последовательность цифровой обработки сигналов

Например, автоматизированные системы, применяемые при контроле параметров технологических процессов, представленные в работах [5–10], включают в состав измерительные каналы, на выходе которых аналоговый сигнал преобразуется в цифровой код.

Базовая теория цифровой обработки сигналов включает в себя следующее:

Предварительная обработка аналоговых сигналов: фильтрация нежелательных частотных составляющих и шумов во входных аналоговых сигналах во избежание спектрального искажения после дискретизации;

Дискретизация и восстановление аналоговых сигналов во временной области: технология аналого-цифрового преобразования, теорема дискретизации, анализ ошибок квантования;

Анализ временных дискретных сигналов и систем: представление и работа с сигналами, различные преобразования, описание и анализ временных и частотных областей дискретных сигналов и систем во временной области;

Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов: быстрое преобразование Фурье, быстрая свертка и др.;

Проектирование и реализация аналоговых фильтров и цифровых фильтров;

Технология обработки сигналов с множественной частотой дискретизации: основной принцип системы преобразования частоты дискретизации и эффективный метод ее реализации.

Система обработки квазисигналов может выполнять только некоторую обычную простую обработку сигналов, в то время как цифровая обработка сигналов

использует числовые операции для реализации обработки сигналов, а многие сложные алгоритмы могут выполняться с использованием ЭВМ. Следовательно, приложения цифровой обработки сигналов будут более обширными.

Обработка сигналов в цифровой форме имеет следующие преимущества по сравнению с аналоговой обработкой сигналов:

Гибкость. Цифровые сигналы подходят для компьютерной обработки, а также могут быть реализованы программируемыми устройствами. Параметры систем цифровой обработки сигналов легко изменить с помощью программирования, чтобы система могла реализовать различные функции обработки.

Высокая точность обработки. Внутренние шумы аналоговой схемы и внешней среды будут влиять на точность обработки, а цифровая система работает в двоичном состоянии, поэтому внутренние шумы на нее практически не влияют.

Легко шифровать и расшифровывать. С ростом требований информационной безопасности алгоритмы шифрования и дешифрования становятся все более сложными, и решить эту проблему может только цифровая обработка.

Облегчение крупномасштабной интеграции и миниатюризации. Поскольку к цифровым схемам предъявляются низкие требования к согласованности параметров схемы, базовые узлы и базовые модули, составляющие цифровую систему, имеют высокую степень согласованности, поэтому она удобна для крупномасштабной интеграции и крупносерийного производства.

Простота автоматизации и многофункциональность. Цифровые системы могут легко выполнять соответствующие операции на основе различных состояний, а система может выполнять несколько функций.

Использование средств цифровой обработки имеет ряд недостатков. Цифровой тракт передачи данных требует более высокую пропускную способность по сравнению с аналоговой передачей той же информации. Обработка сигнала в цифровой форме на высоких скоростях требует больше внутренних аппаратных ресурсов. Это приводит к более высокому рассеиванию мощности по сравнению с аналоговой обработкой сигналов, которая включает в себя пассивные компоненты, потребляющие меньше энергии.

Список литературы

1. Печерская Е. А., Метальников А. М., Бобошко А. В. Структура интеллектуальной системы поддержки исследований параметров сегнетоэлектрических материалов // Нано- и микросистемная техника. 2011. № 6 (131). С. 21–24.
2. Печерская Е. А., Соловьев В. А., Метальников А. М., Бобошко А. В. Методы исследования температурных зависимостей диэлектрических параметров сегнетоэлектриков // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2012. № 2 (94). С. 77–81.
3. Голубков П. Е., Мартынов А. В., Печерская Е. А. Методы измерения температуры в процессе микродугового оксидирования // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. / под ред. Л. Р. Фионовой. Пенза : Изд-во ПГУ, 2018. С. 245–248.
4. Печерская Е. А. Математические модели предметной области при исследовании параметров материалов нано- и микроэлектроники // Университетское образование : сб. ст. XV Междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 50-летию полета первого космонавта Ю. А. Гагарина / под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. Пенза : Изд-во ПГУ, 2011. С. 436–438.
5. Artamonov D. V., Golubkov P. E., Pecherskaya E. A. [et al.]. Methods of applying the reliability theory for the analysis of micro-arc oxidation process // Journal of Physics: Conference Series. 2018. № 1124 (8). P. 081014.
6. Печерская Е. А., Соловьёв В. А., Метальников А. М. [и др.]. // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2013. № 2 (100). С. 84–88.

7. Печерская Е. А. Методы и средства исследования активных диэлектриков для наноиндустрии: системный подход : монография. Пенза : ИИЦ ПГУ, 2008. 129 с.
8. Печерская Е. А. Метрологический анализ установки для измерений электрофизических свойств сегнетоэлектрических образцов с линейными размерами микрометрового диапазона // Нано- и микросистемная техника. 2007. № 12. С. 43–47.
9. Golubkov P. E., Pecherskaya E. A., Karpanin O. V. [et al.]. Automation of the micro-arc oxidation process // Journal of Physics: Conference Series. 2017. № 917(9). P. 092021.
10. Грачев А. Ю., Карпанин О. В., Печерская Е. А. Аппаратно-программный комплекс для автоматизированных измерений биоимпеданса // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2017. № 1 (21). С. 96–108.

УДК 007.52

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОИЗВОДСТВА «ПОВЫШЕННОГО РИСКА»: ТЕНДЕНЦИЯ ВНЕДРЕНИЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

**Максим Витальевич Гресик¹,
Татьяна Сергеевна Полонская²**

¹*Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия,*

²*Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, г. Орёл, Россия*

Аннотация. Исследованы последствия рисков на предприятии и связь с количеством пострадавших. Рассмотрены актуальные проблемы обеспечения безопасности человека. Проанализированы возможности использования автоматических систем контроля и мониторинга. Предложены оптимальные варианты для внедрения моделей машинного обучения и их интеграции в системы интеллектуальной поддержки производства.

Ключевые слова: система контроля, производство, машинное обучение, модель, датчики, снижение риска, измерение, мониторинг, интеллектуальные системы, качество

В процессе производственной деятельности предприятия могут столкнуться с ситуациями, когда сбои в работе оборудования возникают вследствие ненадлежащего качества выполненной работы. Для промышленного предприятия самым критичным производственным риском считается происшествие с летальным исходом или аварийная ситуация. По оценке Международной организации труда, более двух миллионов людей ежегодно погибают в результате несчастных случаев на рабочем месте, в том числе каждый год регистрируется более трехсот миллионов несчастных случаев на производстве [1]. Крупные цифры говорят о глобальной проблеме и срочной необходимости свести к минимуму возникновения неблагоприятных ситуаций.

Наиболее распространенными методами снижения производственных рисков являются:

- установка опор или барьеров,
- разработка технических и инженерных решений,
- использование средств индивидуальной защиты (СИЗ),
- обучение и профессиональная переподготовка сотрудников, и т.д. [2].

Однако, если ориентироваться на опасные производства, где СИЗ является жизненной необходимостью, то возникает вопрос, как свести известные риски к минимуму и можно ли вообще исключить непосредственное участие человека из этой деятельности?

На производствах высокого риска необходимо постоянно вести контроль за огромным числом параметров для предотвращения внештатных ситуаций. На сбор информации от каждого отдельного датчика зачастую требуется слишком много времени. Также следует учитывать тот фактор, что на исправление неполадок в сложных условиях придется выступать человеку – по причине слабой роботизации производства в нашей стране. Также не стоит забывать о небрежности некоторых рабочих, которая может привести к ужасным последствиям. На предприятиях газо- и нефтедобычи, с воздействием ионизирующего излучения, высоким содержанием строительной пыли или химикатов необходимо постоянно следить за огромным количеством параметров, сопоставлять их влияние на технологический процесс и делать своевременные корректировки. Небольшое промедление может привести как к потере ресурсов, так и к экономическим издержкам. Все это указывает на актуальность внедрения в технологические процессы автоматизированных систем контроля и сбора информации с целью прогнозирования состояния систем и внесения корректирующих мероприятий самостоятельно, имея доступ к энергетическим ресурсам блока. Например, в работах [3, 4] изложены методы прогнозирования и автоматизированного контроля временной нестабильности диэлектрических параметров сегнетоэлектриков, которые целесообразно применять в технологических процессах синтеза изделий нано- и микроэлектроники на основе сегнетоэлектрических материалов. В работах [5–9] на основе системного подхода, теории надежности, исследовано влияние технологических параметров процесса микродугового оксидирования на свойства оксидных покрытий и предложена структура интеллектуальной системы синтеза оксидных покрытий методом микродугового оксидирования, которая позволяет в режиме реального времени измерять и контролировать технологические режимы и параметры получаемых покрытий.

Таким качественным шагом на пути модернизации и улучшения условий труда может стать автоматизированная система на основе внедрения машинного обучения [10]. Используя известные параметры, компьютер способен прогнозировать вероятность сбоя оборудования или возникновения опасной ситуации. Однако, для моделей машинного обучения подобной системы необходимы полные данные обо всех возможных характеристиках, поскольку, в противном случае, модель может неправильно интерпретировать ситуацию. Если ответы моделей будут обрабатываться оператором, то вследствие субъективных факторов, возможен неправильный прогноз.

Производства повышенного риска – это та отрасль, в которой необходимо применять возможности технологий искусственного интеллекта и машинного обучения. Ведь сбой в работе, вероятность чрезвычайных ситуаций и повышенные риски отказа мощностей влекут за собой серьезные финансовые потери, что крайне негативно влияет на экономику в целом. Решения, в основе которых стоит машинное обучение, позволяют сделать процессы производства более прозрачными и управляемыми, сводят ошибку человека к минимуму. На данный момент существует огромное количество точных датчиков, которые можно легко интегрировать даже на рудодобывающие предприятия, не создавая помехи процессу. Эти датчики подключаются посредством микроконтроллера с компьютеру, где обработка информации занимает время многое меньше, чем ручная обработка того же объема человеком вручную.

Автоматизированная система интеллектуальной поддержки (АСИП) позволит прогнозировать возможные отказы и аварии, а также помогать разрабатывать оптимальные режимы работы оборудования. Таким образом, не остается сомнений в необходимости внедрения АСИП в производства повышенного риска, увеличивая

производительность и улучшая работу предприятия в целом. И очевидный результат развития данной технологии – полностью автоматизированная система, которая самостоятельно, без участия человека, сможет без колебаний принимать управленческие решения в чрезвычайных ситуациях.

Список литературы

1. Мировая статистика // International Labour Organization. URL: <https://clck.ru/arbbs> (дата обращения: 31.01.2022).
2. Евдакова А. А., Гелев А. А. Производственные риски и мероприятия по их снижению // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2017. Т. 2, № 13. С. 616–618.
3. Печерская Е. А., Соловьёв В. А., Метальников А. М. [и др.]. Контроль временной нестабильности диэлектрических параметров сегнетоэлектриков // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2013. № 2 (100). С. 84–88.
4. Печерская Е. А. Методы и средства исследования активных диэлектриков для nanoиндустрии: системный подход : монография. Пенза : ИИЦ ПГУ, 2008. 129 с.
5. Artamonov D. V., Golubkov P. E., Pecherskaya E. A. [et al.]. Methods of applying the reliability theory for the analysis of micro-arc oxidation process // Journal of Physics: Conference Series. 2018. № 1124 (8). P. 081014.
6. Голубков П. Е., Печерская Е. А., Мартынов А. В. Применение инструментов контроля качества для анализа процесса микродугового оксидирования // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : тез. докл. третьей Всерос. молодеж. науч. конф. Тамбов : Тамбов. гос. техн. ун-т, 2018. С. 111–113.
7. Печерская Е. А., Голубков П. Е., Карпанин О. В. [и др.]. Исследование влияния технологических параметров процесса микродугового оксидирования на свойства оксидных покрытий // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2019. Т. 24, № 4. С. 363–369.
8. Печерская Е. А., Голубков П. Е., Карпанин О. В. [и др.]. Интеллектуальная система управляемого синтеза оксидных покрытий // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2019. № 2 (28). С. 99–107.
9. Голубков П. Е., Мартынов А. В., Печерская Е. А. Методы измерения температуры в процессе микродугового оксидирования // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. / под ред. Л. Р. Фионовой. Пенза : Изд-во ПГУ, 2018. С. 245–248.
10. Плоская О. Машинное обучение в промышленности – формула успеха // Открытые системы. URL: <https://www.osp.ru/os/2018/03/13054409> (дата обращения: 01.02.2022).

УДК 621.315.61

ЗАВИСИМОСТЬ ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ И ПРОВОДИМОСТИ ПОСТОЯННОГО ТОКА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ СЕМЕЙСТВА ЛАНГАСИТА

Ангелина Евгеньевна Журина

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Исследовано влияние различных температур на физические свойства кристаллов семейства лангасита. Построен объемный график зависимости проводимости постоянного тока и энергии активации от температуры. Показано, что с ростом температуры уменьшаются проводимость электрического тока и энергия активации.

Ключевые слова: пьезоэлектрик, лангасит, температура, проводимость постоянного тока, энергия активации

Довольно часто электромагнитный сигнал в частотном диапазоне 10 кГц – 300 МГц стабилизируется при помощи пьезоэлектрических резонансных элементов из кристаллического кварца. Кристаллический кварц уже давно выступает в качестве основы пьезоэлектроники, но он является слабым пьезоэлектриком и несмотря на наличие термостабильных ориентаций и отличных упругих свойств, многие учёные занимаются поиском идеального пьезоэлектрического монокристалла как основы устройств стабилизации и селекции частот радиодиапазона. Авторы [1] отметили преимущества лангасита (ЛГС) и изоморфных ему кристаллов и сделали вывод, что эти соединения во многих отношениях превосходят кварц. Семейства лангасита обладают редким сочетанием удивительных и полезных свойств для практического использования. В работе [1] выделены преимущества монокристаллов ЛГС, которые позволяют широко применять их, ЛГС такие же стабильные, как кварц, но более сильные пьезоэлектрики с низкой скоростью сдвиговых объёмных и поверхностных волн и редкой для кристаллов высокой акустической добротностью, не имеющие сегнетоэлектрических или структурных фазовых переходов вплоть до температуры плавления. Из-за развития технологий синтеза кристаллов появилась возможность получить монокристаллы ЛГС высокого оптического качества, и использовать их для лазерной техники, а также их используют при производстве датчиков давления. Благодаря уникальным свойствам лангасит и изоморфные ему кристаллы получили широкое применение в современных технологиях [2–5].

Многие ученые занимаются изучением характеристик кристаллов ЛГС, например, в работе [6] были исследованы границы фундаментального поглощения в ближней УФ спектральной области в кристалле ЛГС, определена ширина запрещенной зоны, а также измерена квадратичная нелинейная восприимчивость. В связи с ростом интереса к кристаллам семейства ЛГС актуальна задача изучения их физических свойств. К тому же, промышленное выращивание высококачественных, однородных монокристаллов лангасита с заданными свойствами является сложной задачей. Для упрощения процесса создания кристаллов ЛГС необходимо оценить структурное качество кристаллов, а также их оптические и электрические свойства. Например, методы и средства автоматизированных измерений электрофизических свойств рассмотрены в работах [7–12]. Так же важно изучать влияние различных температур на физические свойства кристаллов ЛГС.

Авторы [13] исследовали анизотропию теплового напряжения, возникающую на пьезоэлектрических кристаллах типа лангасита, из-за несоответствия коэффициентов теплового расширения и модулей Юнга при высоких температурах. А в работе [14] исследовали зависимость изменения проводимости постоянного тока от температуры 20–500 °С.

На основе эксперимента [14] построен объёмный график зависимости проводимости постоянного тока и энергии активации от температуры (рис. 1). Проводимость σ была рассчитана [14]:

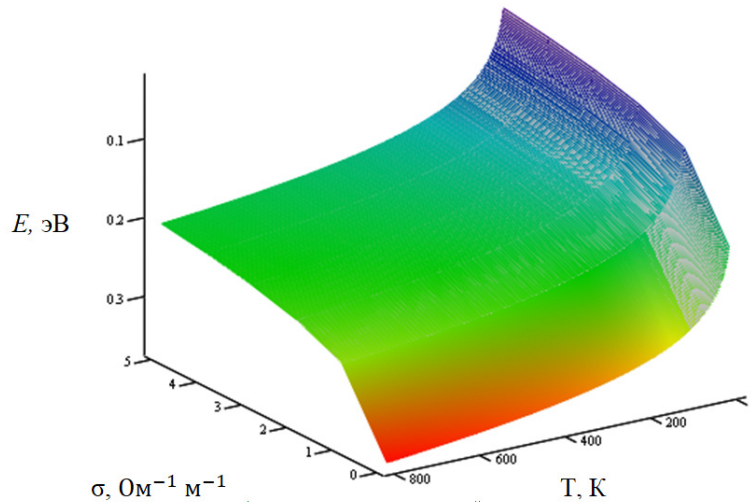
$$\sigma = \frac{d}{lhR}, \quad (1)$$

где d – толщина образца, l – длина электрода, h – ширина электрода, R – сопротивление образца.

Энергия активации E электрического транспорта [4]:

$$E = \frac{2.3k(\log\sigma_1 - \log\sigma_2)}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}}, \quad (2)$$

где T_1 и T_2 – температура начальная и конечная, соответственно, σ_1 и σ_2 – значения проводимости, а k – постоянная Больцмана.



Рису. 1. Объемный график зависимости проводимости постоянного тока и энергии активации от температуры

Из графика видно, что для кристаллов лангасита рост температуры оказывает заметное влияние как на величину проводимости, так и на энергию активации носителей тока. С ростом температуры заметно уменьшается проводимость электрического тока и энергия активации, это обусловлено тепловой деформацией пьезоэлектрика. Необходимо работать над снижением влияния температуры в кристаллах ЛГС, так, например, в работе [14] предложили подбирать концентрацию кислорода так, чтобы увеличить проводимость кристалла независимо от точки, взятой в температурном диапазоне эксперимента.

Список литературы

1. Андреев И. А. Монокристаллы семейства лангасита – необычное сочетание свойств для применений в акустоэлектронике / Журнал технической физики. 2006. Т. 76, вып. 6. С. 80–86.
2. Печерская Е. А. Метрологические аспекты исследования активных диэлектриков для микро- и наноиндустрии // Нано- и микросистемная техника. 2007. № 7. С. 41–44.
3. Печерская Е. А., Соловьев В. А., Метальников А. М., Бобошко А. В. Методы исследования температурных зависимостей диэлектрических параметров сегнетоэлектриков // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2012. № 2 (94). С. 77–81.
4. Печерская Е. А., Рябов Д. В., Якушова Н. Д. Метрологические аспекты модели активного диэлектрика // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2012. № 1. С. 208–213.
5. Pecherskaya E. A., Golubkov P. E., Fimin A. V. [et al.]. Intelligent system for active dielectrics parameters research // Procedia Computer Science. International Conference on Computational Intelligence and Data Science, ICCIDS 2018. Gurugram : Elsevier B.V., 2018. P. 1163–1170.
6. Иванова В. Г., Зверев П. Г., Шилова Г. В. Исследование оптических и нелинейных свойств кристаллов лангасита // Огарёв-online. 2014. № С3 (41). С. 6.
7. Ryabov D. V., Pecherskaya E. A., Shepeleva J. V., Pecherskaya R. M. Automated method of measuring the temperature dependences of the dielectric parameters of ferroelectrics with second kind phase transition // Journal of Physics: Conference Series. 2014. Vol. 541, № 1. P. 012012.

8. Golubkov P. E., Pecherskaya E. A., Karpanin O. V. [et al.]. // Journal of Physics: Conference Series. 2017. № 917 (9). P. 092021.
9. Печерская Е. А. Метрологические аспекты исследования активных диэлектриков для микро- и наноиндустрии // Нано- и микросистемная техника. 2007. № 7. С. 41–44.
10. Печерская Е. А., Попченков Д. В., Соловьев В. А. Систематизация показателей качества высокотемпературных тонкопленочных тензорезисторов // Инновационные информационные технологии. 2012. № 1. С. 302–305.
11. Печерская Е. А. Методы и средства исследования активных диэлектриков для наноиндустрии: системный подход : монография. Пенза : ИИЦ ПГУ, 2008. 129 с.
12. Печерская Е. А., Соловьёв В. А., Метальников А. М. [и др.]. Контроль временной нестабильности диэлектрических параметров сегнетоэлектриков // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2013. № 2 (100). С. 84–88.
13. Usui H., Tokuda M., Sugiyama K. [et al.]. Control of Thermophysical Properties of Langa-site-Type $\text{La}_3\text{Ta}_{0.5}\text{Ga}_{5.5}\text{O}_{14}$ Crystals for Pressure Sensors // Crystals. 2020. № 10. 936 p.
14. Buzanov O. A., Kozlova N. S., Zabelina E. V. [et al.]. Optical Transmission Spectra and Electrical Properties of Langasite and Langatate Crystals as Dependent on Growth Conditions // Russian Microelectronics. 2011. Vol. 40, № 8. P. 562–566.

УДК 001.89

РАЗВИТИЕ ЗАИНТЕРЕСОВАННОСТИ В НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЯХ

***Ангелина Евгеньевна Журина¹,
Диана Евгеньевна Тузова²***

^{1,2}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрено развитие научного потенциала студентов Политехнического института ПГУ. Отмечены наиболее важные аспекты осуществления плодотворной популяризации научной деятельности. Приведены мероприятия, способствующие повышению вовлеченности студентов в науку.

Ключевые слова: научно-технологическая деятельность, популяризация науки, молодые ученые

Развитие у студентов грамотности в сфере научной деятельности - важная задача, которая во многом обусловлена активно развивающимся научно-техническим прогрессом, возникновением качественно новых по объему и сложности научно-технологических задач. Таким образом, перед преподавателями и научными организациями университетов остро стоит задача заинтересовать молодежь, замотивировать ее на получение в будущем профессий, ориентированных на наукоемкие и высокотехнологические отрасли, необходима активная популяризация науки, распространение научных знаний в современной и доступной форме [1].

Будущим ученым важно донести понятным для них образом, что такое наука, кто такой ученый, зачем заниматься наукой. Для того, чтобы у студентов сложился образ о научной деятельности нужно подойти системно к популяризации науки. Для решения данного вопроса необходимо определить, какими мерами и в каких формах возможно заинтересовать современных студентов и молодых ученых заниматься

наукой, добиваться результатов в быстроменяющемся мире, и какие имеются для этого рычаги воздействия [2].

Стоит отметить, что способы воздействия на научную популяризацию у студентов, обучающихся на технических специальностях, имеет свою специфику. Это происходит из-за того, что техническая деятельность – это особый вид научной деятельности, которая является неотъемлемой частью общественной жизни, продуктами технической деятельности человечество пользуется каждый день, в современных условиях без технических достижений для большинства людей не представляется возможной. Ученые, которые осуществляют свою деятельность в технической сфере, должны обладать специальными знаниями, умениями и качествами личности, которые могут способствовать созданию технического объекта [3].

В Пензенском государственном университете активно ведется работа по вовлечению студентов в научную деятельность, а для студентов технических специальностей разработаны способы становления науки, благодаря чему активно идет развитие научного потенциала студентов. Студенческое научное общество (СНО) ПГУ было образовано в 2013 году. Сейчас оно включает в себя 12 отделений на факультетах, 180 студенческих научных кружков, 8 студенческих конструкторских бюро, центр проектного общества. СНО является добровольной организацией студентов, которые стремятся осваивать методику исследовательской деятельности, совершенствовать, углублять и расширять свои знания в области профессиональных наук, приобретать умения и навыки научно-исследовательской работы. Рассмотрим студенческое научное общество Политехнического института (СНО ПИ).

СНО политехнического института (ПИ) представляет собой объединение, направленное на: помощь студентам в учёбе; создание условий для раскрытия студентом научного потенциала; развитие навыков публичного выступления; содействие в получении практических навыков и учений; представление пи в межвузовских студенческих научно-исследовательских мероприятиях; повышение качества подготовки студентов и выпускаемых специалистов, способных творчески и эффективно применять в своей практической деятельности достижения современной науки.

Для достижения этих целей СНО ПИ проводит ряд мероприятий: научные семинары; студенческие научные конференции; олимпиады; викторины; конкурсы; выездные мероприятия; деловые игры и многое другое.

В таблице ниже приведены наиболее значимые мероприятия, которые были проведены за последние 3 года в политехническом институте, указаны показатели вовлеченности студентов в мероприятия.

К тому же на базе Политехнического института ежегодно проходит серия мероприятий «Неделя науки». «Неделя науки Политехнического института» является традиционным мероприятием, которое впервые было проведено в 2014 году и по нарастающей развивается по сей день, с каждым годом, привлекая все большее количество студенческой молодежи в новые мероприятия научной направленности [6–8]. Неделя науки Политехнического института – это насыщенные научными событиями дни для студентов, магистров, аспирантов, преподавателей, приглашённых учёных, а также представителей предприятий – работодателей. Участникам, согласно программе «Недели науки», которая меняется из года в год, предлагаются конференции, выставки научных достижений, круглые столы, мастер – классы, различные научные конкурсы и викторины. По итогам мероприятий традиционно проводятся торжественные награждения победителей и призёров научных конкурсов.

Проведение массовых мероприятий, являются эффективным рычагом воздействия в социальной среде: благодаря им студенты могут проявить свой научный потенциал и проявлять себя как творческие личности, профессионалы своего дела.

У студентов развиваются коммуникативные и конструктивные умения и навыки, оттачивается мастерство, проявляется профессиональное самосознание [4, 7]. Проведение некоторых мероприятий стало уже традиционным – они проводятся из года в год, это важно, потому что отсутствие системности проведения мероприятий приводит к снижению активности и научного потенциала студентов, снижению конкурентоспособности [5, 9, 10].

Таблица 1

Мероприятия ПИ, за период с 2019-2022 гг.

Наименование мероприятия	Сроки проведения	Количество вовлеченных студентов
Заседание студенческого научного общества ФПИТЭ «Студенты ФПИТЭ, включайтесь в науку!»	Ежегодно. По 2022 г. включительно	80–100 человек
Викторина «Политехник»	Ежегодно. По 2022 г. включительно	От 70 до 100 человек
Интерактив. Серия физических экспериментов для школьников	27 – 28 сентября 2019 г.	100–150 человек.
Всероссийский фестиваль науки «НАУКА 0+»	Ежегодно. По 2022 г. включительно	200 человек
Представители Студенческого научного общества ФПИТЭ приняли участие в организации и проведении научно-образовательной школы развития профессиональных компетенций молодежи в области промышленного дизайна «ID-Lab»	с 5 по 9 ноября 2019 г.	150–200 человек.
На базе Политехнического института ПГУ состоялся очный тур XI областной научно-практической конференции учащихся по конструкторской, научно-исследовательской и изобретательской деятельности «Эврика», в которой члены совета СНО ФИТЭ приняли участие в качестве организаторов	29 января 2020 г.	200–300 человек
ONLINE акция, посвященная значимым открытиям и изобретениям в годы Великой Отечественной Войны	С 27 апреля по 9 мая 2020 г.	475 человек
Онлайн викторина в честь 75-й годовщины дня Великой Победы	3 мая 2020г.	Участники и организаторы 35–40 человек, охват просмотров трансляции – 580 человек
Информационная поддержка группы СНО ФИТЭ «ВКонтакте»	На протяжении всего времени	476 человек
Студенческая научная online-викторина «НаукаTime»	20 марта 2021 г.	100–150 человек

Благодаря проведению ряда мероприятий, которые проводятся на базе Политехнического института ПГУ, у студентов появляется понятие о научной деятельности. Студенты знают, что такое проектная деятельность, что из себя представляют

научные проекты и понимают какую работу нужно проводить для успешной реализации научного проекта. Участие в конкурсах готовит студентов к выступлениям с научными докладами на конференциях различных уровнях.

Список литературы

1. Журавлева Е. В., Фурсов С. В. Популяризация науки в современной России // Россия и современный мир. Размышления. Сообщения. Комментарии. 2018. № 4 (101). С. 233–237.
2. Воронов А. С. Управление образованием // Государственное управление. Электронный вестник. 2020. Вып. № 78. С. 198–228.
3. Сертакова И. Н. Специфика творческой деятельности специалиста технической сферы // Аналитика культурологии. 2008. № 1 (10). С. 107–111.
4. Прохорова О. Г. Технологии проведения открытых мероприятий : метод. пособие. М. : ИПК ДСЗН, 2011. 30 с.
5. Барина Н. В. Практические вопросы организации научных мероприятий в вузе // Проблемы современной науки и образования. 2017. № 15 (97). С. 86–90.
6. Печерская Р. М., Вареник Ю. А., Карпанин О. В. [и др.]. Работа студентов в команде – важный аспект успешного освоения основных профессиональных образовательных программ высшего образования и взаимодействия «вуз–производство» // Университетское образование : сб. XVIII Междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 200-летию со дня рождения М. Ю. Лермонтова. Пенза : Изд-во ПГУ, 2014. С. 444.
7. Печерская Е. А., Артамонов Д. В., Полосина Е. В. [и др.]. Методика оценивания эффективности модуля электронной информационно-образовательной среды «вуз+работодатель» // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2018. № 3 (27). С. 96–107.
8. Печерская Е. А., Савеленок Е. А., Артамонов Д. В. Вовлечение студентов в научно-исследовательскую работу в университете: механизм и оценка эффективности // Инновации. 2017. № 8 (226). С. 96–104.
9. Печерская Е. А. О роли технического образования в вузах в условиях экономики знаний // Университетское образование (МКУО-2015) : сб. ст. XIX Междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 70-летию Победы в Великой Отечественной войне : в 2 т. / под ред. А. Д. Гулякова, Р. М. Печерской. Пенза : Изд-во ПГУ, 2015. С. 179–180.
10. Артемов И. И., Кузнецова М. В., Печерская Е. А. [и др.]. Поиск решений для повышения эффективности научно-исследовательской работы в Пензенском государственном университете // Кейсы российских университетов : сборник / сост. К. В. Зиньковский, Е. А. Савелёнок. Екатеринбург, 2016. С. 201–228.

УДК 546.3

МЕТОДЫ МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ ОКСИДОВ НА ОСНОВЕ ЦИНКА

Тимур Олегович Зинченко

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Прозрачные проводящие оксиды активно применяются в полупроводниковых и оптоэлектронных приборах, в том числе и в солнечных элементах. При синтезе важно понимать, как прозрачный проводящий оксид взаимодействует с соседними слоями и насколько он будет стабилен в условиях эксплуатации (окружающей среды). При этом

производство цинковых слоев в больших масштабах влечет за собой и высокие затраты. Рассмотрены основные методы синтеза прозрачных проводящих оксидов в промышленных масштабах.

Ключевые слова: прозрачные проводящие оксиды, оксид цинка, солнечные элементы, галлий, алюминий

Важнейшими вопросами при синтезе прозрачных проводящих оксидов (ППО), применяемых в качестве прозрачных электродов в светодиодах и фотоэлектрических солнечных элементах являются совместимость ППО с соседними слоями, требования к обработке (производству) для всего устройства, и стабильность ППО с условиями окружающей среды, в которой они будут эксплуатироваться [1–4]. В солнечных батареях, как правило, ППО наносят на стеклянные и / или прозрачные полимерные подложки. Полимерные подложки, как правило, имеют меньше дефектов, чем стекло и, следовательно, применять их более целесообразно. В обычных светодиодах на основе *GaN*, как правило, ППО наносятся на *p-GaN* и используются в качестве токопроводящего слоя [5–7].

ППО на основе *ZnO* можно использовать на стеклянных подложках в солнечных батареях и на *p-GaN* слое в светодиодах на основе *GaN*. Обработка *ZnO* также относительно проста, поскольку оксид цинка легко поддается травлению с кислотой или основанием. Это делает ППО на основе оксида цинка-галлия (*GZO*) и на основе оксида цинка-алюминия (*AZO*) подходящим для применения их в качестве прозрачных электродов, благодаря использованию процесса фотолитографии в технологическом процессе. Кроме того, слои нанесенные на *p-GaN* показали высокую электрическую стабильность после отжига при температуре около 650 °С. Хотя *GZO* или *AZO* не настолько стабильны в сравнении с оксидом индий-олова (*ITO*) и оксидом олова-фтора (*FTO*) в влажной окружающей среде, стоит отметить, что пленки с толщиной более 200 нм являются относительно стабильными и, следовательно, подходят для применения в таких устройствах, как ЖК и сенсорные панели, а также для использования в солнечных батареях и светодиодах.

Основная проблема, для применения *GZO* и *AZO* – это затраты на массовое производство. Эпитаксиальные методы, такие как импульсное лазерное осаждение (*PLD*) и молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ), способные производить высококачественные *ZnO* не подходят для массового производства из-за высокой стоимости, включая затраты на необходимую энергию. Таким образом, должны быть разработаны недорогие методы синтеза пленок, подходящие для массового производства. Методы ионного распыления (на постоянном токе), с учетом удешевления мишени, позволили бы проводить осаждение на большой площади подложки, с учетом качества получаемого материала. Один из вариантов – использование металлических вместо керамических мишеней, с целью уменьшения стоимости для массового производства. Также в работе [1] выявлено, что метод магнетронного распыления является одним из лучших методов для осаждения *AZO*. Другие методы, перечисленные ниже, также показали потенциал для массового производства.

Катодное распыление широко используется для нанесения *AZO* на подложках большой площади. Плазменное испарение применяется для получения слоев *GZO*. Следовательно, этот метод также подходит для производства *GZO* в масштабах массового производства, в том числе из-за его высокой скорости осаждения покрытий на подложках большого диаметра. Химическое парофазное осаждение (*CVD*) представляет собой метод, широко используемый для производства тонких пленок требуемого состава. Большие стеклянные подложки, покрытые *FTO* с помощью *CVD*, коммерчески выгодны при изготовлении солнечных элементов. LPCVD (*CVD* при

давлении ниже атмосферного) также подходит для синтеза *GZO* и *AZO* покрытий в больших масштабах. Другой способ, основанный на *CVD*, является спрей-пиролиз.

Этот метод используется для нанесения пленок на основе оксида олова на большие стеклянной подложки [2]. *GZO* синтезированные путем спрей – пиролиза также широко изучены [3].

Одним из основных направлений последних исследований, процесс осаждения *ZnO* методом атомно-слоевого осаждения (*ALD*), который позволяет получать однородные и высококачественные тонкие пленки на поверхности большой площади при низких температурах [4, 8–10]. Большинство тонких пленок *ZnO*, полученных методом *ALD* применяются в солнечных батареях [11].

Реактивная ионно – плазменное осаждение является еще одним перспективным методом для синтеза *GZO* и / или *AZO*. Метод позволяет синтезировать покрытия на большой площади подложки (шириной 1 м) при низких температурах (200 °С) и высокой скорости [9, 12].

Из-за высокой стоимости современного производства ППО на поверхности большого размера идут активные исследования и поиск методов синтеза тонкопленочных прозрачных проводящих оксидов, которые способствуют удешевлению. Самыми перспективными являются методы спрей – пиролиза, химического осаждения из газовой фазы и магнетронного распыления.

Список литературы

1. Minami T., Sato H., Ohashi K. [et al.]. Conduction mechanism of highly conductive and transparent zinc-oxide thin-films prepared by magnetron sputtering // Journal of Crystal Growth. 1992. № 117. С. 370–374.
2. Beh H., Hiller D., Zacharias M. Optimization of ALD-ZnO Thin films toward higher conductivity // Physica Status Solidi. 2018. № 215. P. 1700880.
3. Зинченко Т. О., Печерская Е. А. Анализ материалов, используемых для производства прозрачных проводящих покрытий // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. / под ред. Л. Р. Фионовой. Пенза : Изд-во ПГУ, 2018. P. 256–258.
4. Кондрашин В. И., Печерская Е. А. Исследование влияния концентрации примеси на поверхностное сопротивление в ППП (полученных методом спрей-пиролиза) на основе диоксида олова // Актуальные проблемы физической и функциональной электроники : материалы 19-й Всерос. молодеж. науч. школы-семинара. Ульяновск : Ульяновск. гос. техн. ун-т, 2016. С. 175–176.
5. Печерская Р. М., Печерская Е. А., Метальников А. М. [и др.]. Синтез и свойства нанокристаллических пленок диоксида олова, полученных методом пиролиза аэрозолей // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. 2012. № 4 (24). С. 237–241.
6. Ракша С. В., Кондрашин В. И., Печерская Е. А., Николаев К. О. Функциональные материалы для сенсibilизированных красителем солнечных элементов // Физика и технология наноматериалов и структур : сб. науч. ст. 2-й Междунар. науч.-практ. конф. Курск : Университетская книга, 2015. С. 143–146.
7. Raksha S. V., Kondrashin V. I., Pecherskaya E. A., Nikolaev K. O. Functional materials for dye-sensitized solar cells // Журнал нано- и электронной физики. 2015. Т. 7, № 4. С. 04062.
8. Зинченко Т. О., Печерская Е. А. Анализ методов получения прозрачных проводящих покрытий // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. / под ред. Л. Р. Фионовой. Пенза : Изд-во ПГУ, 2018. С. 258–260.
9. Zinchenko T., Pecherskaya E., Artamonov D. The properties study of transparent conductive oxides (TCO) of tin dioxide (ATO) doped by antimony obtained by spray pyrolysis // AIMS Materials Science. 2019. Т. 6, № 2. С. 276–287.

10. Зинченко Т. О., Печерская Е. А., Кондрашин В. И., Булкин П. В. Метод спрей-пиролиза для синтеза прозрачных проводящих оксидов // Методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации («Шляндинские чтения – 2020»): материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. с элементами науч. школы и конкурсом науч.-исслед. работ для студентов, аспирантов и молодых ученых. Пенза: Изд-во ПГУ, 2020. С. 315–318.
11. Печерская Е. А., Зинченко Т. О., Антипенко В. В. [и др.]. Моделирование взаимосвязей технологических режимов и свойств оксидного покрытия, синтезированного методом спрей-пиролиза // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2020. № 3 (33). С. 69–77.
12. Prasada Rao T., Santhosh Kumar M. C., Sooraj Hussain N. Effects of thickness and atmospheric annealing on structural, electrical and optical properties of GZO thin films by spray pyrolysis // Journal of Alloys and Compounds. 2012. № 541. P. 495–504.

УДК 546.3

РАССЕЯНИЕ В ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ ОКСИДАХ

Тимур Олегович Зинченко

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Один из основных показателей качества прозрачных проводящих оксидов – это сопротивление. На него активно влияет подвижность носителей заряда, которая зависит от их рассеяния. Несколько механизмов рассеяния электронов может действовать в прозрачных проводящих оксидах, таких как рассеяние на ионизированных примесях, нейтральных центрах (точечные дефекты и их комплексы), тепловых колебаний решетки (акустические и оптические фононы), структурных дефектах (вакансии, дислокации, дефекты упаковки) и границах зерен, в зависимости от концентрации носителей и качества кристаллов материала. Преобладающим механизмом, как правило (но не всегда), является рассеяние на ионизированной примеси.

Ключевые слова: прозрачные проводящие оксиды, подвижность, сопротивление, механизмы рассеяния, тонкие пленки

Как правило, сопротивление, $\rho = 1 / \sigma$, а не проводимость (σ), используется в качестве показателя качества прозрачных проводящих оксидов (ППО) [1]. В то время как концентрация носителей заряда в ППО ограничивается растворимостью примесей, то подвижность (μ), рассеянием носителей заряда в кристаллической решетке. В ППО может действовать несколько механизмов рассеяния электронов, таких как рассеяние на ионизированных примесях, на нейтральных центрах (точечных дефектах и их комплексов), тепловых колебаниях решетки (акустических и оптических фононах), структурных дефектах (вакансиях, дислокациях, дефектах «упаковки») и на границах зерен, в зависимости от концентрации носителей и качества кристаллов материала [2]. Кроме того, для дегенеративно легированных полупроводников такие факторы, как непараболичность проводимости и образование примесных кластеров оказывают влияние на процессы рассеяния.

Как правило, доминирующий механизм рассеяния может быть обнаружен из температурной зависимости подвижности Холла. Например, $ln\mu \sim -T^{-1}$ является свидетельством того, что подвижность ограничена рассеянием на границах зерен, $\mu \sim T^{-1}$ точки рассеяния на фононах, подвижность, ограниченная рассеянием ионизированной примесью, в основном зависит от температуры в вырожденном ППО

и показывает ярко выраженную температурную зависимость $\mu \sim T^{3/2}$ для невырожденных материалов.

В вырожденных ППО, рассеяние на ионизированных примесях является, по-видимому, основным механизмом ограничения подвижности носителей [2]. Например, в работе [3, 6–8] исследовали взаимосвязь между концентрацией электронов и подвижностью в оксиде индий-олова (*ITO*), нанесенных посредством высокочастотного магнетронного распыления при различных условиях синтеза. Зависимость концентрации носителей от подвижности показала две различные области: (I) при концентрациях ниже $9^{-10} \times 10^{20} \text{ см}^{-3}$, подвижность увеличивается с ростом концентрации носителей и (II) область, где концентрация носителей выше $9^{-10} \times 10^{20} \text{ см}^{-3}$, подвижность носителей снижается по мере дальнейшего увеличения концентрации носителей [9, 10].

Это различное поведение концентрации носителей и подвижности связано с переходом доминирующего механизма рассеяния электронов. В области (I) с низкой температурой процесса и степень кристалличности была низкой, соответственно рассеяние по границам (на границах) зерен было доминирующим, а в области (II) при высокой температуре синтеза, *ITO* покрытия были высоко (сильно) кристаллизованными, и рассеяние на ионизированной примеси из-за высокой концентрации носителей было доминирующим. Рисунок 1, а, б иллюстрирует рассеяние на границах зерен в пленке *ITO* с низкой степенью кристалличности и рассеяние на ионизированной примеси в слое *ITO* с высокой степенью кристалличности и высокой концентрацией носителей соответственно [11].

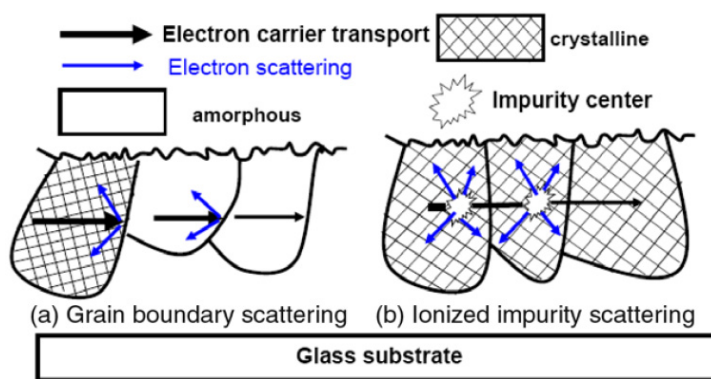


Рис. 1. Рассеяние носителей заряда на *ITO* покрытиях

Также сообщается, что рассеяние на ионизированной примеси будет доминирующим механизмом в оксиде олова-фтора (*FTO*) с высокой концентрацией носителей [4].

В 1992 году, Беллингом с учеными [5] применили модель рассеяния на ионизированной примеси к In_2O_3 , SnO_2 , ZnO , и другими ППО пленками. В результате выявлено, что существует предел достижимой подвижности электронов в результате рассеяния электронов независимо от материала пленки и способа получения.

Нижний предел подвижности оценивается в $90 \text{ см}^2/\text{В с}$ для всех рассмотренных материалов ППО (In_2O_3 , SnO_2 , ZnO). Предполагается, что, в дополнение к рассеянию на ионизированным примесях, кристалличность является важным фактором, влияющим на подвижность в поликристаллических пленках AZO с концентрацией электронов порядка 10^{20} – 10^{21} см^{-3} .

Зависимость подвижности от толщины тесно связана с кристалличностью оцененной из полной ширины на половине максимума дифракционного пика. Подробная информация о росте и характеристики этих GZO пленках можно найти в другом месте [12].

Рассеяние электронов оказывает сильное влияние на подвижность, которая в свою очередь влияет на сопротивление ППО [13–15]. Основным механизмом рассеяния является рассеяние на ионизированных примесях. Но также стоит учитывать и другие механизмы, связанные с толщиной покрытия, кристалличностью и др.

Список литературы

1. Zinchenko T. O., Kondrashin V. I., Pecherskaya E. A [et al.]. Electrical properties of transparent conductive ATO coatings obtained by spray pyrolysis // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017. № 225 (1). P. 012255.
2. Зинченко Т. О. Рассеяние электронов в прозрачных проводящих оксидах // Современные проблемы естествознания : материалы IV регион. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых. Махачкала : Чечен. гос. пед. ин-т, 2020. С. 325–331.
3. Zhang K., Zhu F., Huan C. H. A., Wee A. T. S. Indium tin oxide films prepared by radio frequency magnetron sputtering method at a low processing temperature // Thin Solid Films. 2000. Vol. 376, № 1-2. P. 255–263.
4. Bisht H., Eun H., Mehrrens A., Aegerter M. Comparison of spray pyrolyzed FTO, ATO and ITO coatings for flat and bent glass substrates // Thin Solid Films. 1999. Т. 351, № 1. P. 109–114.
5. Bellingham J., Phillips W., Adkins C. J. Intrinsic performance limits in transparent conducting oxides // Journal of Materials Science Letters. 1992. № 11. P. 263–265.
6. Зинченко Т. О., Печерская Е. А. Анализ материалов, используемых для производства прозрачных проводящих покрытий // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. / под ред. Л. Р. Фионовой. Пенза : Изд-во ПГУ, 2018. С. 256–258.
7. Печерская Р. М., Печерская Е. А., Метальников А. М. [и др.]. Синтез и свойства нанокристаллических пленок диоксида олова, полученных методом пиролиза аэрозолей // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. 2012. № 4 (24). С. 237–241.
8. Ракша С. В., Кондрашин В. И., Печерская Е. А., Николаев К. О. Функциональные материалы для сенсibilизированных красителем солнечных элементов // Физика и технология наноматериалов и структур : сб. науч. ст. 2-й Междунар. науч.-практ. конф. Курск : Университетская книга, 2015. С. 143–146.
9. Raksha S. V., Kondrashin V. I., Pecherskaya E. A., Nikolaev K. O. Functional materials for dye-sensitized solar cells // Журнал нано- и электронной физики. 2015. Т. 7, № 4. С. 04062.
10. Зинченко Т. О., Печерская Е. А. Анализ методов получения прозрачных проводящих покрытий // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. / под ред. Л. Р. Фионовой. Пенза : Изд-во ПГУ, 2018. С. 258–260.
11. Zinchenko T., Pecherskaya E., Artamonov D. The properties study of transparent conductive oxides (TCO) of tin dioxide (ATO) doped by antimony obtained by spray pyrolysis // AIMS Materials Science. 2019. Vol. 6, № 2. С. 276–287.
12. Печерская Е. А., Голубков П. Е., Карпанин О. В. [и др.]. Интеллектуальная система управляемого синтеза оксидных покрытий // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2019. № 2 (28). С. 99–107.
13. Печерская Е. А., Зинченко Т. О., Кравцов А. Н. [и др.]. Разработка технологии спрей-пиролиза для синтеза прозрачных проводящих покрытий на основе диоксида олова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2020. № 4 (56). С. 92–103.
14. Печерская Е. А., Зинченко Т. О., Антипенко В. В. [и др.]. Моделирование взаимосвязей технологических режимов и свойств оксидного покрытия, синтезированного методом спрей-пиролиза // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2020. № 3 (33). С. 69–77.
15. Зинченко Т. О., Печерская Е. А., Кондрашин В. И. [и др.]. Управление свойствами прозрачных проводящих оксидов в зависимости от параметров раствора // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2021. № 3 (37). С. 64–72.

УРОВЕНЬ НЕЙТРАЛЬНОСТИ ЗАРЯДА В ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ ОКСИДАХ

Тимур Олегович Зинченко

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Для анализа прозрачных проводящих оксидов при использовании в солнечных элементах и органических светодиодах важно понимать, как расположены зоны проводящих оксидов к полупроводнику и какова высота барьера Шоттки. Для этого используются как практические, так и теоретические методы. Часто используемый метод заключается в сравнении работы проводника ϕ_M с сродством к электрону (EA) полупроводника (для случая *n*-типа), χ , каждый из которых измеряется по уровню вакуума. Существуют более подробные методы расчета смещений зон, основанные на расчетах явных структур полупроводника CNL, а именно – по структуре оксидной зоны.

Ключевые слова: прозрачные проводящие оксиды, барьер Шоттки, сродство к электрону, уровень нейтральности заряда

Важным применением прозрачных проводящих оксидов является использование их в качестве электродов в полупроводниковых устройствах, таких как солнечные элементы или органические светодиоды [1–4]. Ключевым критерием является то, что эти электроды образуют омические, а не инжекционные контакты. Это зависит от расположения зон проводящих оксидов к полупроводнику, высоты барьера Шоттки. Высота барьера может быть измерена с помощью фотоэмиссии, внутренней фотоэмиссии или с помощью электрических средств [5–7]. Это можно оценить с помощью различных теоретических средств. Часто используемый метод заключается в сравнении работы проводника ϕ_M с сродством к электрону (EA) полупроводника (для случая *n*-типа), χ , каждый из которых измеряется по уровню вакуума. Затем высота барьера принимается за разницу,

$$\phi_n = \phi_M - \chi$$

Это приближение является так называемым правилом сродства к электрону. Оно может работать с полупроводниками с очень широкими зазорами или с ван-дер-ваальсовыми связями в органических полупроводниках. На рис. 1 показаны рабочие функции для различных ППО, данные взяты из статьи [8]. Интересно, что ППО *n*-типа имеют очень высокие рабочие функции, их минимумы зоны проводимости лежат значительно ниже уровня вакуума. Рабочие функции оксидных пленок часто максимизируются за счет обогащения кислородом внешней поверхности путем обработки. Минимумы зоны проводимости SnO_2 и In_2O_3 лежат глубже уровня Ферми исходного металла. Такое поведение отличает ППО *n*-типа от обычных оксидов металлов.

На самом деле правило сродства к электрону не работает для металлов на типичных полупроводниках [9–11]. Это связано с тем, что полупроводники обладают промежуточными состояниями, которые имеют тенденцию фиксировать уровень Ферми металла от изменений высоты барьера.

Состояния средней щели полупроводника на нейтральной поверхности заполнено до некоторого уровня энергии, которое мы будем называть уровнем нейтральности заряда (CNL). Задача этих состояний состоит в попытке привязать

функцию обработки металла к этому CNL . Степень закрепления зависит от плотности этих состояний и их проникновения в полупроводник.

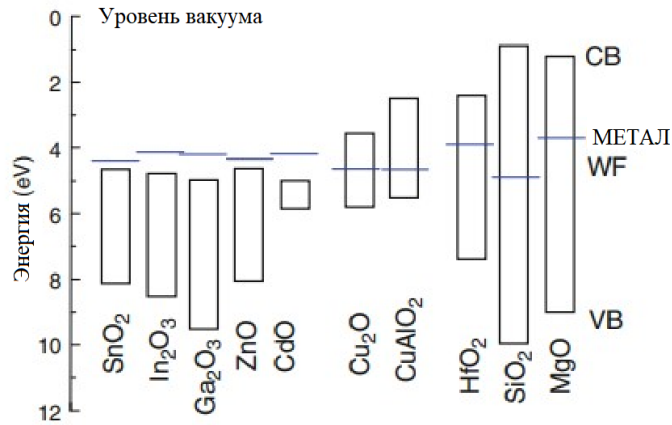


Рис. 1. Рабочие функции и средство к электрону различных оксидов по сравнению с рабочими функциями их исходного металла

Конечный эффект описывается высотой барьера Шоттки, который, как правило, соответствуют уравнению:

$$\phi_n = S(\phi_M - \phi_S) + (\phi_S - \chi_S)$$

Здесь ϕ_S – энергия CNL , измеренная по уровню вакуума. S – коэффициент закрепления барьера Шоттки. $S = 1$ для сильно закрепленного корпуса, полупроводника с узким зазором, и $S = 0$ для незакрепленного корпуса, такого как SiO_2 , как в правиле сродства к электрону. В работе [9] обнаружено, что S имеет эмпирическую зависимости от электронной диэлектрической проницаемости ϵ_∞

$$S = \frac{1}{1 + 0.1(\epsilon_\infty - 1)^2}$$

Эта модель также может быть применена для определения смещений зон полупроводников, где смещение электронного барьера ϕ_n или зоны проводимости (CB) между полупроводниками а и b задается:

$$\phi_n = (\chi_a - \phi_{S,a}) - (\chi_b - \phi_{S,b}) + S(\phi_{S,a} - \phi_{S,b})$$

Существуют более подробные методы расчета смещений зон, основанные на расчетах явных структур полупроводника CNL . может быть рассчитан по структуре оксидной зоны как энергия, при которой простая функция Грина равна нулю

$$G(E) = \int_{BZ} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{N(E') dE'}{E - E'} = 0$$

CNL может быть рассчитан по зонам, рассчитанным методом приближения локальной плотности/псевдопотенциала, после приведения ширины запрещенной зоны в соответствие с экспериментальным значением. CNL обычно находится вблизи центра запрещенной зоны. Для большинства ионных оксидов энергия CNL имеет тенденцию изменяться в зависимости от валентности металла, поскольку большое количество валентных состояний, связанных с кислородом, отталкивает CNL вверх в зазоре [12]. Прозрачные оксиды бывают разными. CNL фактически

является средней точкой среднего разрыва по зоне Бриллюэна [13, 14]. Но оксиды s-диапазона имеют широкий минимум CB , который значительно ниже средней энергии CB . Это приводит к тому, что CNL лежит либо близко к CB , как в ZnO , либо даже выше минимума CB , как в SnO_2 и In_2O_3 (рис. 2). Это необычная ситуация. Значение S рассчитывается по их экспериментальному показателю преломления ($\epsilon_\infty = n^2$). Средство к электрону взято из эксперимента для поликристаллических оксидных пленок; средство к диэлектрикам приведено в таблице в работе [12].

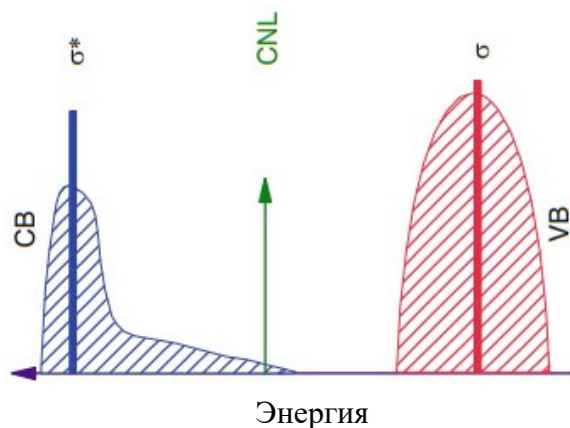


Рис. 2. Схема уровня зарядовой нейтральности в оксиде с глубоким s-подобным минимумом зоны проводимости низкой плотности состояний

Для анализа ППО при использовании в солнечных элементах и органических светодиодах важно понимать как расположены зоны проводящих оксидов к полупроводнику и какова высота барьера Шоттки [15–18]. Это можно доказать как практическими, так и теоретическими методами.

Список литературы

1. Зинченко Т. О., Печерская Е. А. Анализ материалов, используемых для производства прозрачных проводящих покрытий // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. / под ред. Л. Р. Фионовой. Пенза : Изд-во ПГУ, 2018. С. 256–258.
2. Кондрашин В. И., Печерская Е. А. Исследование влияния концентрации примеси на поверхностное сопротивление в ППП (полученных методом спрей-пиролиза) на основе диоксида олова // Актуальные проблемы физической и функциональной электроники : материалы 19-й Всерос. молодеж. науч. школы-семинара. Ульяновск : Ульяновск. гос. техн. ун-т, 2016. С. 175–176.
3. Печерская Р. М., Печерская Е. А., Метальников А. М. [и др.]. Синтез и свойства нанокристаллических пленок диоксида олова, полученных методом пиролиза аэрозолей // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. 2012. № 4 (24). С. 237–241.
4. Ракша С. В., Кондрашин В. И., Печерская Е. А., Николаев К. О. Функциональные материалы для сенсibilизированных красителем солнечных элементов // Физика и технология наноматериалов и структур : сб. науч. ст. 2-й Междунар. науч.-практ. конф. Курск : Университетская книга, 2015. С. 143–146.
5. Печерская Е. А., Бобошко А. В., Соловьев В. А. Методики принятия решений как составная часть интеллектуальной системы поддержки исследований материалов функциональной электроники // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2011. № 1. С. 229–231.
6. Печерская Е. А. Математические модели предметной области при исследовании параметров материалов нано- и микроэлектроники // Университетское образование : сб. ст.

- XV Междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 50-летию полета первого космонавта Ю. А. Гагарина / под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. Пенза : Изд-во ПГУ, 2011. С. 436–438.
7. Raksha S. V., Kondrashin V. I., Pecherskaya E. A., Nikolaev K. O. Functional materials for dye-sensitized solar cells // Журнал нано- и электронной физики. 2015. Т. 7, № 4. С. 04062.
 8. Robertson J., Falabretti B. Electronic structure of transparent conducting oxides // Handbook of Transparent Conductors / ed. by David S. Ginley. Springer, 2010. P. 27–50.
 9. Mönch W. Role of virtual gap states and defects in metal-semiconductor contacts // Phys. Rev. Lett. 1987. № 58. P. 1260.
 10. Mönch W. Semiconductor surfaces and interfaces. Berlin : Springer-Verlag, 1993. P. 366.
 11. Tersoff. J. Theory of semiconductor heterojunctions: The role of quantum dipoles // Phys. Rev. 1984. № 30. P. 4874.
 12. Robertson J. Band offsets of wide-band-gap oxides and implications for future electronic devices // J Vac Sci Technol. 2000. № 18. P. 1785–1791.
 13. Зинченко Т. О., Печерская Е. А. Анализ методов получения прозрачных проводящих покрытий // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. / под ред. Л. Р. Фионовой. Пенза : Изд-во ПГУ, 2018. С. 258–260.
 14. Zinchenko T., Pecherskaya E., Artamonov D. The properties study of transparent conductive oxides (TCO) of tin dioxide (ATO) doped by antimony obtained by spray pyrolysis // AIMS Materials Science. 2019. Vol. 6, № 2. P. 276–287.
 15. Зинченко Т. О., Печерская Е. А., Паличев А. М. [и др.]. Прозрачные проводящие оксиды и их применение в умных стеклах // Методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации («Шляндинские чтения – 2019») : материалы XI Междунар. науч.-техн. конф. с элементами научной школы и конкурсом науч.-исслед. работ для студентов, аспирантов и молодых ученых. Пенза : Изд-во ПГУ, 2019. С. 315–318.
 16. Печерская Е. А., Зинченко Т. О., Кравцов А. Н. [и др.]. Разработка технологии спрей-пиролиза для синтеза прозрачных проводящих покрытий на основе диоксида олова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2020. № 4 (56). С. 92–103.
 17. Зинченко Т. О., Печерская Е. А., Кондрашин В. И. [и др.]. Управление свойствами прозрачных проводящих оксидов в зависимости от параметров раствора // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2021. № 3 (37). С. 64–72.
 18. Зинченко Т. О., Печерская Е. А., Козлов Г. В. [и др.]. Анализ влияния характеристик раствора на электрофизические параметры прозрачных проводящих оксидов // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2021. № 3 (37). С. 73–79.

УДК 534.6

ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЧАШИ АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

***Кирилл Алексеевич Ильин¹,
Андрей Анатольевич Максов²,
Дмитрий Иванович Нефедьев³***

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Представлено решение задачи о нахождении геометрических размеров чаши и определении ее формы. Рассмотрены процессы возмущений в стенке чаши, а также во внутреннем объеме газа. Для определения параметров колебания в разных средах были выведены формулы, которые описывают характеристики волны в определенный момент

времени. Определение геометрии происходит путем анализа полученного спектра сложного движения акустической волны, вызванного множеством отражений о внутреннюю поверхность чаши.

Ключевые слова: измерение геометрии, акустические колебания, спектр частот, интерференция колебаний, отражение волн

Измерение геометрических величин является одним из первичных параметров оценивания различных физических тел. Определение таких параметров, необходимо для изучения физических процессов, происходящих в материале при внешних воздействиях на него. Оценка таких процессов находит место в различных инженерно-прикладных задачах для описания свойств и характеристик различных объектов исследования.

В данной работе описывается процесс измерения геометрии чаши при неразрушающей деформации одной из ее частей. Внешняя деформация становится причиной колебания стенки чаши. Возмущения стенок чаши становится причиной колебания внутреннего объема газа. Сложное движение газа внутри чаши описывается акустической волной, которая состоит из различных колебаний разной частоты и амплитуды. Измеряя спектр конечной волны, прошедший через разные среды, можно оценить параметры, влияющие на нее. Анализируя расчеты и результаты спектра, делается вывод о геометрии измеряемой чаши, ее размерах и форме.

Весь процесс создания спектра можно разделить на три части:

1. Создание акустических колебаний (деформаций) внутри стенок чаши.
2. Возбуждение акустических колебаний газа внутри чаши.
3. Получение колебаний акустических волн, которые создает чаша, и волн, созданных в объеме газа, находящегося в чаши.

Рассмотрим, как происходят колебания в стенке чаши, которая подверглась внешней деформации. Любое тело в той или иной степени обладает упругостью, т.е. способностью восстанавливать свою форму, измененную в результате кратковременного действия силы. Эта способность является причиной того, что любое механическое воздействие передается телам с конечной скоростью. Скорость распространения механических колебаний зависит, прежде всего, от таких свойств среды, как плотность и упругость материала.

Нанесем перпендикулярный поверхности стенки чаши кратковременный удар. Под действием силы слой расположенный ближе к месту удара приобретает ускорение, направленное по направлению прилагаемой силы. Последующие слои, расположенные более удаленно от места удара, начнут сопротивляться колебаниям менее удаленного слоя, и в них будут возникать силы упругости. Под действием сил упругости первый слой частиц будет терять скорость, а слой частиц, который противодействовал движению частиц сам приобретает скорость. Из этого следует то, что движение частиц распространяется от слоя к слою, поглощая деформации в предыдущем слое и возбуждая ее в последующем. Скорость распространения волны в стенке чаши состоящей с однородного материала, например, стекло, алюминий, фарфор. Для этого рассмотрим, как ведет себя поверхность чаши в определенный момент времени после нанесения удара. При распространении вдоль стержня (по оси x) продольной волны в любом его поперечном сечении возникает напряжение σ , являющееся функцией координаты x и времени t [2, с. 82–83; 3, с. 21–25, 142–144].

Рассмотрим слои dx чаши и возникающие напряжения в определенный момент времени в разных точках стенки чаши $\sigma(x)$ и $\sigma(x + dx)$. Тогда амплитуду колебания частиц в разных слоях запишем в виде уравнения $\xi(x)$ и $\xi(x + dx)$ соответственно. Сила, действующая в момент времени на слой dx равна разности двух сил,

оказываемых слоев, колеблющимся в одну сторону, и слоем, который сопротивляется этим колебаниям. Тогда выражение действующей силы будет иметь вид:

$$F_x = S * (\sigma(x + dx) - \sigma(x)),$$

где S – взаимодействующая площадь поперечного сечения стенки чаши.

Выражая массу m взаимодействующего слоя чаши через плотность ρ , поперечное сечение S и длину слоя dx и обозначая ускорение, которым обладает слой $a = \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$, по второму закону Ньютона запишем уравнение:

$$S\rho dx \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = S(\sigma(x + dx) - \sigma(x)).$$

При малых значениях dx выражение принимает вид:

$$\rho \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = \frac{\partial \sigma}{\partial x}. \quad (1)$$

Тогда по закону Гука, обозначив изменения длины слоя $\delta(dx)$, запишем:

$$\sigma = E * \frac{\delta(dx)}{dx},$$

где E – модуль Юнга, который определяет упругие свойства вещества.

Модуль Юнга для определенных веществ представлен во многих справочных материалах, к которым можно обратиться, если потребуются сделать расчет. Изменение длины участка слоя чаши характеризуется разностью изменений смещений соседних слоев. Зная выше сказанное, запишем уравнение характеризующее изменение колебания стенки чаши:

$$\delta(dx) = \xi(x + dx) - \xi(x) = \frac{\partial \xi}{\partial x} dx.$$

Тогда закон Гука для нашего случая будет иметь вид:

$$\sigma = E \frac{\partial \xi}{\partial x}.$$

Продифференцировав выражение по координате x и подставив его в выражение 1, получим волновое уравнение, которое описывает процесс распространения возмущений в стенке испытываемой чаши:

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = \frac{E}{\rho} \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2}.$$

Размерность отношения E/ρ , которое присутствует в выведенном волновом уравнении совпадает с размерностью квадрата скорости: $[E/\rho] = \text{Н} \cdot \text{м}^{-2} / \text{кг} \cdot \text{м}^{-3} = \text{м}^2 / \text{с}^2$. Обратим внимание на решение волнового уравнения для одномерного случая [3] и сравним его с полученным волновым уравнением. Сравнив два уравнения, делаем вывод, что продольная скорость распространения волны в испытываемом упругом твердом теле определяется выражением:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}.$$

Также стоит рассмотреть процесс распространения поперечной волны в стенке испытываемой чаши при внешней деформации [2].

$$v = \sqrt{\frac{G}{\rho}},$$

где G – модуль сдвига; ρ – плотность материала

Получив конечную формулу волнового уравнения и уравнения скоростей можно сказать, что скорость распространения колебаний в различных материалах будет зависеть от свойств материала к сопротивлению на сжатие и растяжение (модуля Юнга), а также от его плотности.

Механическая волна, прошедшая через стенку чаши, встречает на своем пути следующую среду. Попадая в газ, волна начнет распространяться по другим законам и зависимостям. Акустическая волна в газообразной среде - это упорядоченные продольные колебания молекул газа, которые совершают колебательные движения в направлении распространения волны, которое, в свою очередь, задается продольной волной возмущений чаши. Волна в газообразной среде представляет собой области повышенного и пониженного давления. Давление в газе само по себе зависит от температуры и плотности среды $P = (\rho, T)$. В силу малой теплопроводности газа переходящий процесс движения волны по газу, т.е. повышения и понижения давления по направлению движения происходит без теплообмена с соседними участками. Предположим, что процесс происходит адиабатически и зависит только от плотности газа, тогда запишем:

$$\Delta P = \left(\frac{dP}{d\rho} \right) \Delta \rho$$

Из выше написанного выражения следует, что масса газа в двух рассматриваемых участках газа остается неизменной, меняется лишь ее расположение, в одном оно становится больше, а в другом меньше. Тогда запишем следующие выражения:

$$m = \rho V = (\rho + \Delta \rho)(V + \Delta V)$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \varepsilon \approx \frac{\Delta \rho}{\rho}$$

Если мы считаем процесс адиабатическим, то справедливо записать формулу Лапласа, которая описывает скорость движения звуковой волны через газ. Представим ее в виде уравнения состояния идеального газа:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}},$$

где $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ – показатель адиабаты газа; R – газовая постоянная; M – молярная масса газа; T – температура газа в Кельвинах.

Средой могут выступать различные газы и смеси газов. Характеристики волны в каждом случае будут изменяться в зависимости от параметров газа и внешних параметров среды.

Как показывает уравнение, что по порядку величины скорость звука в газе совпадает с тепловой скоростью молекул. Скорость звука, вычисленная таким образом, с высокой точностью согласуется с опытными данными.

Зная характеристики волны, распространяющейся в газообразной среде и твердом теле, а также зависимости, влияющие на параметры акустической волны, рассмотрим эффект отражения и рассмотрим параметры, влияющие на этот процесс [5–8].

Сама чаша может иметь различную форму начиная от простых таких как цилиндр, имея различные сечения и высоты, сферы с различным радиусом, конусообразные и т.д. В каждом случае волна будет иметь разную траекторию распространения, а также параметры отражения и поглощения.

Для отражение механической волны от стенок чаши с формами, которые имеют вид приближенных к ровной плоскости с очень малыми шероховатости справедлив закон Снеллиуса. Он описывает отражение волны и ее частичное поглощение в стенках чаши на которую падает первоначальная волна из газообразной среды. Тогда выражение для отражения и преломления акустической волны, на границе стенок чаши и газообразной среды, для нашего случая, будет иметь вид [4, с. 14–16]:

$$\frac{\sin a_l}{c_l} = \frac{\sin \beta_l}{c_l} = \frac{\sin \gamma_l}{c_l} = \frac{\sin \gamma_t}{c_t}$$

где c_l – скорость падающей и отраженной продольных волн, c_l – скорость поглощенной продольной волны, c_t – скорость поглощенной поперечной волны, l – продольная волна, t – поперечная волна, $a_l, \beta_l, \gamma_l, \gamma_t$ – углы падения, отражения и преломления

Конечно, геометрия поверхности, на которую падает волна может иметь различную форму и шероховатость. После поглощения волны и отражения от поверхности чаши возникает, новые колебательные процессы, это приводит к появлению диффузного поля, которое будет возникать из-за неравномерного прохождения отраженных волн через пространство чаши. После многих отражений образуются области повышенного и пониженного давления газа, которые приводят к сложному движению газа в чаше и ее стенок. На это влияет предрасположенность материала к поглощению энергии акустической волны, (характеризуется упругими свойствами), геометрическими размерами, однородностью, шероховатостью и его формами [1, с. 212–220; 344–355]. Для таких процессов характерно возникновение поля, в котором колебания частиц, в газообразной среде, не когерентны. Из-за этого колебания, по большей своей части слабо интерферируют друг с другом. В связи с этим появляется спектр частот, который описывает колебательные процессы. Формулы и зависимостей для сложных поверхностей и форм чаши будут иметь более сложный вид и для каждого случая будут индивидуальны.

Измерения спектра частот производится микрофоном. Его расположение определяется верхней плоскостью измеряемой чаши. Анализ спектра производится с помощью программной обработки. Для каждой формы чаши характерна определенный вид спектра, который изменяется от геометрических размеров чаши. Место приложения удара для каждой формы подбирается экспериментально. При изменении линейных размерах могут возникать новые места сводов, где больше проявляется явление поглощения энергии волны [9]. Сопоставив расчеты с получившимися спектрами сложного движения частиц в объеме чаши, делаем вывод о размерах чаши и ее форме.

Список литературы

1. Лепендин Л. Ф. Акустика : учеб. пособие. М. : Высш. шк., 1978. 448 с.
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика : учеб. пособие : в 10 т. Т. 7. Теория упругости. 5-е изд., стер. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. 259 с.

3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика : учеб. пособие : в 10 т. Т.1. Механика. 5-е изд., стер. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. 222 с.
4. Коротков М. М. Ультразвуковая толщинометрия : учеб. пособие. Томск : Изд-во ТПУ, 2008.
5. Печерская Е. А. Метрологический анализ установки для измерений электрофизических свойств сегнетоэлектрических образцов с линейными размерами микрометрового диапазона // Нано- и микросистемная техника. 2007. № 12. С. 43–47.
6. Печерская Е. А. Применение методологии функционального и метрологического анализа к качеству исследования материалов микро- и наноэлектроники // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. 2007. Т. 7, № 2. С. 9–98.
7. Печерская Е. А. Математические модели предметной области при исследовании параметров материалов нано- и микроэлектроники // Университетское образование : сб. ст. XV Междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 50-летию полета первого космонавта Ю. А. Гагарина / под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. Пенза : Изд-во ПГУ, 2011. С. 436–438.
8. Голубков П. Е., Печерская Е. А., Мартынов А. В. Применение инструментов контроля качества для анализа процесса микродугового оксидирования // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : тез. докл. третьей Всерос. молодеж. науч. конф. Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2018. С. 111–113.
9. Artamonov D. V., Golubkov P. E., Pecherskaya E. A. [et al.]. Methods of applying the reliability theory for the analysis of micro-arc oxidation process // Journal of Physics: Conference Series. 2018. № 1124 (8). P. 081014.

УДК 621.314.58

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ДАЛЬНИЕ РАССТОЯНИЯ

*Кирилл Алексеевич Ильин¹,
Андрей Анатольевич Максов²,
Дмитрий Иванович Нефедьев³*

^{1,2,3}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Представлен обзор уже существующих технологий и видов оборудования для высококачественной передачи электроэнергии на дальние расстояния. Рассмотрены вопросы, связанные с использованием данных технологий на практике как в России, так и за рубежом, а также потенциальные тенденции развития таких видов технологий во второй четверти XXI в.

Ключевые слова: тенденции, перспективы, электроэнергия, линии электропередач, постоянный ток, переменный ток

Системы электроэнергетического кластера, размещённые не только в России, но и за рубежом, развивались и продолжают своё развитие: от индивидуальных локальных систем, которые питают местные нагрузки, к мощным энергетическим объединениям, в состав которых включают взаимосвязанные концентрированные и распределённые источники электроэнергии, а также потребители, размещённые в сетях переменного тока [1, 4].

Объединение электроэнергетических систем и необходимость передачи энергии электрического тока от удалённых источников к центрам электропотребления – преимущества, повлиявшие на появление дальних линий электропередач.

Развитие атомной энергии на электростанциях повлияло на строительство энергосистем и линий электропередач. При эксплуатации атомных электростанций (АЭС) главным вопросом остаётся безопасность деятельности данного комплекса. Тщательное изучение руководством всех проблем приводит к пересмотру укоренившихся концепций покрытия дефицита мощности и строительства АЭС вблизи от центров нагрузки. В итоге приходится считаться с необходимостью вынесения АЭС на значительные расстояния от стратегических пунктов.

Целью данной работы является прогноз тенденций развития и использования технологий передачи электрической энергии на дальние расстояния с помощью различных видов линий электропередач как с технической точки зрения, так и с экономической во второй четверти XXI века.

Для проведения дальнейшего анализа и построения прогнозируемой картины необходимо выделить важнейшие тренды развития методик и способов передач электрической энергии на дальние расстояния, а также соответствующие ей системные вызовы [6–8].

В настоящее время ключевым приоритетным направлением деятельности магистрального сетевого комплекса является – поддержка и развитие инфраструктуры, включающая в себя линии и трансформаторы, позволяющая обеспечить надёжность выработки мощности станций и передачи электроэнергии в распределительные сети.

Помимо приоритетного направления, изложенного выше, существуют и другие стратегические приоритеты развития магистрального электросетевого комплекса на долгосрочную перспективу [2, 9]. К ним относят:

- эксплуатационная надёжность;
- конкурентоспособные тарифы на электроэнергию;
- развитие инфраструктуры;
- развитие научного и инновационного потенциала электросетевого комплекса [10].

Одним из главных трендов развития энергетической отрасли, определяющим ход развития электрических сетей в России, соответственно, является рост спроса на электроэнергию. Каждый год спрос на электроэнергию растёт и составляет приблизительно 2–3 %. Такие темпы обусловлены постепенным повышением энергоэффективности в государстве. Согласно прогнозам, энергоёмкость российской экономики, определяемая на базе ВВП, должна снизиться более чем на 35 %. В скором времени (в ближайшие 10–15 лет) России предстоит внедрять технологии, которые уже применяются в сетевых комплексах развитых стран. Эти технологии позволяют повысить пропускную способность и стабильность сетей, сократить потери, а также издержки на передачу электроэнергии. Но стабильность энергосистем в определённой степени зависит и от их размеров, как следствие, необходимо избегать необоснованного увеличения систем энергоснабжения переменного тока, а в качестве межсистемных связей использовать высоковольтные линии электропередач постоянного тока [2, 4].

В ближайшее время для реализации наиболее перспективных научно-технологических направлений развития магистральных линий электропередач можно признать следующие варианты:

1. Магистральные линии электропередач на постоянном токе. Такие линии возможно реализовать и по высоковольтным кабельным линиям, расположенные в подземной или подводном варианте. Кабельные линии, в основном, прокладываются в местах, где строительство воздушных линий электропередач затруднено. Пропускная

способность кабельных линий электропередач преимущественно рассчитана на напряжение до 500 кВ [3].

В кабельной линии постоянного тока мощность зарядного процесса отсутствует, как следствие, не создаёт дополнительного нагрева кабеля. Поэтому кабельные линии постоянного тока могут сооружаться достаточно длинными и использоваться для решения задач, которые невозможно решить иными путями, например, для пересечения больших водных пространств.

Тенденция развития технологии передачи электроэнергии постоянного тока следующая: необходимо производить транспортировку электроэнергии из энергоизбыточных регионов Сибири в центр, на юг и Дальний Восток страны. Такая тенденция связана с тем, что в Единой электрической сети России существуют объективные предпосылки для применения линий электропередач постоянного тока. Данными предпосылками являются:

- большая протяженность территории России;
- неравномерное распределение энергоресурсов и промышленных зон;
- большое число удалённых от центров потребления перспективных створов для сооружения гидроэлектростанций;
- формирование Единой электрической сети страны в виде крупных региональных объединений, связанные между собой сравнительно слабыми связями.

А объединение новых технологий передач электроэнергии на постоянном токе и участков кабельных высоковольтных линий электропередач и дальнейшее прокладывание под землёй позволит реализовать проекты создания энергетических комплексов и систем в течении несколько месяцев. Если сравнивать, то при прокладывании воздушных линий электропередач уходило годы [5].

Подземные кабельные сети не только исчезают из визуального пространства, но и сокращают стоимость обслуживания по сравнению с воздушными линиями. В случае повреждения кабеля вследствие перегрузки или внешнего воздействия система мониторинга с точностью до метра определит место повреждения, что значительно сократит время на устранение аварии.

2. Развитие магистральных линий электропередач на переменном токе с использованием жил или жгутов из углеродных нанотрубок. Большая часть проводимых исследований, касающихся углеродных нанотрубок, в настоящее время сосредоточены в области небольших приложений этой технологии. Нанотрубки большой длины могут стать основой для создания линий передачи электроэнергии, которые обладают меньшими потерями и более высокой механической прочностью, чем высоковольтные используемые линии электропередач в настоящее время.

Группа ученых из университета Райса (США), закончив исследования в области производства углеродных нанотрубок, разработали технологию, позволяющую изготавливать нанотрубки толщиной 50 микрон и практически с неограниченной длиной. Так как углеродные нанотрубки обладают высокой электропроводностью, в несколько раз превосходящей электропроводность меди, был осуществлен успешный эксперимент по созданию на основе этих нанотрубок участков линий электропередачи. У ученых на данный момент пока еще нет готового решения, с помощью которого они смогут производить нанотрубки без полупроводниковой составляющей. С другой стороны, исследования в этой области продолжаются, результаты некоторых научных экспериментов позволяют надеяться, что прорыв в этой области произойдет в ближайшее время.

Одной из причин такого активного исследования учёными углеродных нанотрубок является сокращение массы проводников. В результате чего можно получить кабель, имеющий массу в несколько раз меньше металлического аналога. Например, масса кабеля RG-58 составляет 38,8 г/м. Применение углеродных нанотрубок

в качестве оплетки из медных проволок приведёт к уменьшению массы кабеля до 11,5 г/м, а если полностью заменить медную оплетку и проводник углеродным материалом, то масса уменьшится до 7,3 г/м, что в итоге будет соответствовать 80 % экономии.

А вот основная тенденция технического развития в области сверхдальних электропередач переменного тока с применением полуволновой технологии передачи электроэнергии связана с использованием напряжения 1150 кВ.

Таким образом, развитие и использование технологий передач электроэнергии на дальние расстояния с использованием линий электропередач во второй четверти XXI века может достигнуть своего пика. Можно предположить, что в большинстве случаев будут использоваться технологии передачи электроэнергии постоянного тока. Это связано с тем, что данная технология является более изученной, безопасной для эксплуатации и экономически целесообразной. А технология передачи электроэнергии на переменном токе с использованием жил из углеродных нанотрубок требует дополнительных исследований и доработок. Учёные данной технологии стремятся к уменьшению массы электропроводимых кабелей, как следствие, это приведёт к уменьшению экономических затрат на производство данных линий электропередач.

Список литературы

1. Миронов Н. А., Дивуева Н. А. Актуальные вопросы привлечения экспертного сообщества научно-технической сферы к прогнозированию и решению научно-технологических задач социально-экономического развития // Инноватика и экспертиза: научные труды. 2016. № 1 (16). С. 98–107.
2. Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации : проект распоряжения Правительства РФ от 25.02.2013 (1/2).
3. Ильиченко Я. А., Бузулкин А. В., Мет Ш. А. Повышение эффективности систем передачи электрической энергии с помощью вставок постоянного тока высокого напряжения // Computational Nanotechnology. 2018. № 3. С. 59–64.
4. Латушко О. А. Экономические проблемы и перспективы развития инвестиционной деятельности электросетевого комплекса // Вопросы управления и экономики: современное состояние актуальных проблем : сб. ст. по материалам XXX Междунар. науч.-практ. конф. М. : Интернаука, 2019. С. 50–54.
5. Мифтиев Д. З., Мифтиев Р. Д. Замена высоковольтных и сверхвысоковольтных ВЛЭП на подземные (траншейные) ЛЭП как перспективная и эффективная мера снижения отрицательного электромагнитного воздействия // Актуальные проблемы современной науки. 2016. № 2 (87). С. 227–231.
6. Печерская Е. А., Печерская Р. М., Рябов Д. В., Кузнецова О. К вопросу об эффективности измерений в технологических процессах // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2013. Т. 2. С. 98–99.
7. Raksha S. V., Kondrashin V. I., Pecherskaya E. A., Nikolaev K. O. Functional materials for dye-sensitized solar cells // Журнал нано- и электронной физики. 2015. Т. 7, № 4. С. 04062.
8. Zinchenko T., Pecherskaya E., Artamonov D. The properties study of transparent conductive oxides (TCO) of tin dioxide (ATO) doped by antimony obtained by spray pyrolysis // AIMS Materials Science. 2019. Vol. 6, № 2. P. 276–287.
9. Печерская Е. А., Попченков Д. В., Соловьев В. А. Систематизация показателей качества высокотемпературных тонкопленочных тензорезисторов // Инновационные информационные технологии. 2012. № 1. С. 302–305.
10. Листюхин В. А., Печерская Е. А. Автоматизированная информационно-измерительная система контроля параметров воздушных линий электропередачи // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. ст. по материалам VIII Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. Пенза : Изд-во ПГУ, 2021. С. 319–321.

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕМЕННОГО РЕЗИСТОРА ПРИ ПРИЕМКЕ НА ИСПЫТАНИЯ

Кристина Сергеевна Качурина

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрены переменный подстроечный резистор, его характеристики и параметры, контролируемые перед испытаниями.

Ключевые слова: переменный резистор, контроль, испытание

В процессе производства изделия электронной техники подвергаются типовым, приемо-сдаточным, периодическим испытаниям. Испытания проводятся с целью установления соответствия изделий установленным к ним требованиям. НИИЭМП производит ряд изделий электронной техники с уникальными техническими характеристиками. Испытания этих изделий проводятся отделом надежности и испытаний. Некоторые виды испытаний являются дорогостоящими и длительными. Поэтому экономически целесообразно проводить контроль изделий перед проведением испытаний, чтобы исключить испытания неисправных образцов [1–2].

Одним из видов продукции НИИЭМП являются переменные подстроечные резисторы, среди которых своими характеристиками выделяется резистор РП1-319.

Переменный резистор – радиоэлектронный компонент, в отличие от постоянного, его сопротивление изменяется от нуля до номинального значения сопротивления. Данные резисторы применяются в измерительных устройствах, медицинском и техническом оборудовании, высокочастотных системах, робототехнике, радиоаппаратуре, аппаратуре специального назначения.

Резистор помимо сопротивления может характеризоваться рядом других физических характеристик: предельным значением рассеиваемой мощности, допустимым приложенным напряжением и т.п. [3–5].

Резистор РП1-319 – переменный подстроечный резистор, предназначенный для работы в цепях постоянного и переменного токов в качестве подстроечных элементов, делителей напряжения и ограничителей тока.

Основные характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики переменного резистора РП1-319

Характеристика	Значение
Диапазон номинальных сопротивлений $R_{ном}$, Ом	$10^{-5} \cdot 10^6$
Допускаемое отклонение сопротивления от номинального значения $\delta R_{ном}$, %	± 10 ± 20
Температурный коэффициент сопротивления, $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$	не более ± 150
Номинальная мощность рассеяния $P_{ном}$, Вт	0,5
Количество оборотов подвижной системы $n_{об}$	25
Количество циклов перемещения подвижной системы $n_{ц}$, цикл	не менее 200
Сопротивление изоляции $R_{из}$, МОм	не менее 1000
Предельное значение рабочего напряжения, В	150

Для контроля качества изделий в процессе производства, резисторы проходят периодические испытания. Периодические испытания проводят для подтверждения качества продукции и стабильности технологического процесса в установленный период с целью подтверждения возможности продолжения изготовления продукции по действующей конструкторской и технологической документации и продолжения ее приемки [6].

Испытания проводятся в соответствии с требованиями государственных стандартов, технических условий, отраслевых стандартов на продукцию и методы испытаний.

При поступлении резистора РП1-319 на периодические испытания у резистора контролируют полное сопротивление, сопротивление изоляции, минимальное сопротивление, плавность изменения сопротивления, момент трогания резистора.

Допуск показывает на сколько процентов реальное сопротивление резистора, может отклоняться от заявленного значения [7].

Полное сопротивление переменного резистора – электрическое сопротивление между крайними выводами переменного резистора, измеренное на постоянном токе [8]. Полное сопротивление должно соответствовать номинальному значению с учётом допускаемого отклонения.

Минимальное сопротивление резистора – сопротивление между одним из крайних выводов и выводом подвижного контакта при подведении его к соответствующему упору переменного резистора [8]. Минимальное сопротивление РП1-319 не должно превышать 1 Ом.

Момент трогания подвижной системы переменного резистора - минимальный момент, необходимый для обеспечения начала перемещения подвижной системы резистора [8]. Для переменных резисторов оно может быть от единиц до сотен грамм-сантиметров. Момент трогания определяют в трех положениях: 10, 50 и 90 % полного механического угла поворота подвижной системы.

Плавность изменения сопротивления – монотонное изменение сопротивления переменного резистора при перемещении его подвижной системы [8]. В ходе контроля подвижную систему резистора приводят в действие и следят за характером изменения сопротивления. Изменение сопротивления при перемещении должно быть плавным.

Если данные параметры соответствуют требованиям, указанным в нормативной документации, то далее изделия принимаются на испытания.

Список литературы

1. Печерская Е. А., Печерская Р. М., Попченков Д. В. Методика определения оптимального технологического процесса на примере изготовления тонкопленочных тензорезисторов // Инновационные информационные технологии. 2013. Т. 2, № 2. С. 339–345.
2. Baranov V. A., Myasnikova M. G., Pecherskaya E. A. [et al.]. Impedance measurement: transformation of the probability density function of the results uncertainty // JOP Conference Series. 2020. № 1515 (5). P. 052024.
3. Гендин Г. С. Все о резисторах. Справочное издание. М. : Горячая линия–Телеком, 2000. Вып. 1239. 192 с.
4. Artamonov D. V., Baranov V. A., Pecherskaya E. A. [и др.]. Application of a hyper-complex impedance model for indirect measurements of materials parameters of functional electronics // International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM. IEEE Computer Society. 2019. P. 760–764.
5. Artamonov D. V., Golubkov P. E., Pecherskaya E. A. [et al.]. Methods of applying the reliability theory for the analysis of micro-arc oxidation process // Journal of Physics: Conference Series. 2018. № 1124 (8). P. 081014.

6. ГОСТ 21414–75. Резисторы. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2005. 13 с.
7. ГОСТ 15.309–98. Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения. М. : Стандартинформ, 2010. 16 с.
8. Утлов А. С. Резистор – как это работает // Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. 2018. № 10. С. 214–216.

УДК 681.518.5

К ВОПРОСУ О ВНЕДРЕНИИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

***Владислав Александрович Листюхин¹,
Екатерина Анатольевна Печерская²***

^{1,2}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Проведен анализ причин технологических нарушений (аварий) на воздушных линиях электропередачи. Обоснована актуальность разработки информационно-измерительных систем контроля параметров воздушных линий электропередачи. Предложены структура и функционал разрабатываемой информационно-измерительной системы контроля параметров воздушных линий электропередачи.

Ключевые слова: цифровизация, воздушные линии электропередачи, мониторинг параметров, Smart Grid, информационно-измерительная система

Сегодня практически все ведущие электросетевые организации РФ активно работают в направлении внедрения цифровых технологий в производство. Расширяется количество теоретических и практических исследований, появляются новые международные стандарты, образцы оборудования и опытные полигоны. Это открывает возможности инновационных подходов к решению задач автоматизации и управления в электроэнергетике.

Одна из основных задач внедрения информационных технологий на объекты электросетевого комплекса – это повышение надёжности электроснабжения потребителей. Бесперебойное функционирование электроэнергетических систем (ЭЭС) является важнейшим условием эффективного развития экономики любого современного государства. Поэтому вопрос повышения надёжности ЭЭС всегда являлся актуальным [3]. Одним из наиболее слабых узлов электроэнергетических систем являются воздушные линии электропередачи распределительных сетей напряжением 0,4–110 кВ переменного тока (ВЛ). Именно на ВЛ этого класса напряжения происходит основная часть технологических нарушений (аварий). Высокий уровень аварийности ВЛ связан с их большой протяжённостью, а также связан с тем, что ВЛ подвержены постоянному воздействию природно-климатических факторов. В процессе эксплуатации ВЛ на их конструктивные элементы оказывают воздействие следующие факторы: механические нагрузки от давления ветра; механические нагрузки от веса проводов и грозозащитных тросов; механические нагрузки от веса гололёдно-изморозевых отложений (ГИО) и снега; воздействие коронных разрядов на провода и изоляторы ВЛ; воздействие атмосферных перенапряжений (гроза).

Воздействие на конструктивные элементы ВЛ вышеуказанных факторов оказывает негативное влияние на надёжное функционирование ВЛ, а именно приводит к образованию следующих дефектов: обрыв проводов и грозозащитных тросов; излом опор; схлест проводов между собой и с грозозащитным тросом; вибрация проводов (колебание проводов с высокой частотой и незначительной амплитудой); «пляска» проводов (колебание проводов с малой частотой и большой амплитудой); потере электрической энергии на корону и в результате нагрева провода; несимметрия токов и напряжений (определяется различием сопротивлений фазных проводов ВЛ); несинусоидальность тока и напряжения; нарушение (пробой) электрической изоляции в результате воздействия частичных разрядов.

На рис. 1 представлен анализ причин аварий на воздушных линиях электропередачи распределительных сетей.

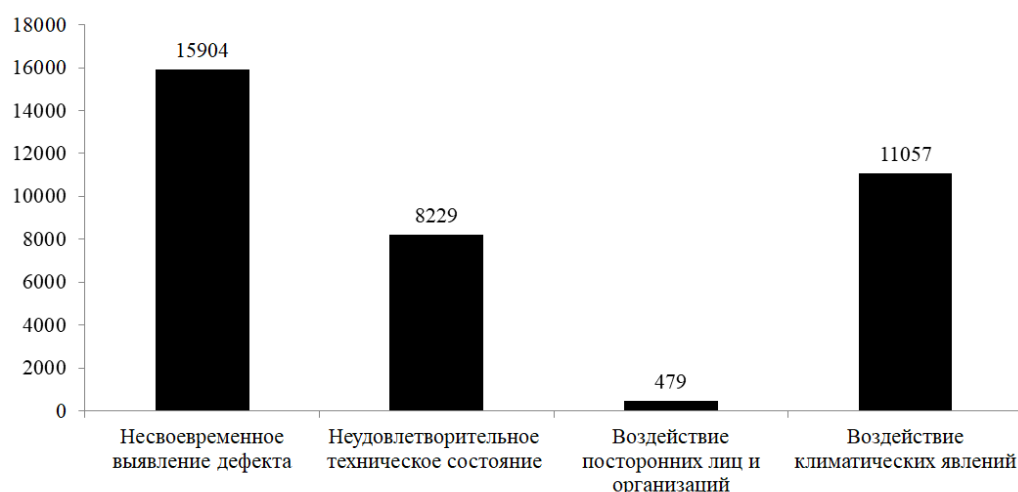


Рис. 1. Анализ причин аварий на воздушных линиях электропередачи распределительных сетей

В целях реализации задач развития цифровой экономики РФ, в целях снижения высокого уровня аварийности ВЛ распределительных сетей предлагается разработать информационно-измерительную систему контроля параметров ВЛ распределительных электрических сетей (далее – ИИС).

При эксплуатации ИИС будет производиться контроль следующих параметров:

- отклонение стрелы провеса провода;
- значение температуры окружающего воздуха и скорости воздушных потоков;
- индикация места короткого замыкания (КЗ) в сети (для всех видов КЗ).

Конструктивно устройство представляет датчик в который интегрированы: лазерный дальномер, термоанемометр, индикатор короткого замыкания (ИКЗ) и GSM модуль.

Принцип работы данного устройства реализуется на измерении расстояния от провода до земли лазерным датчиком расстояния (дальномером). Параллельно производится измерение скорости ветра и температуры окружающего воздуха, а также контроль направления токов КЗ в сети. Результаты измерений в режиме реального времени через встроенный в измерительное устройство GSM модуль передаются на диспетчерский пункт, где производится обработка данных в нейро-нечётком контроллере. На основе входных значений в нейро-нечётком контроллере производится анализ данных и оповещение оперативного персонала о режиме работы контролируемого объекта [1].

Установка устройства производится непосредственно на токоведущих частях (проводах) ВЛ, в месте наименьшего провеса провода (центр пролёта опор). В связи со сложностью топологии трасс ВЛ распределительных сетей целесообразна установка ИИС на ответвлениях (отпайках).

Основными требованиями, предъявляемыми к разрабатываемому устройству, являются:

- бесконтактный способ питания устройства - питание «паразитным» методом (питание от электромагнитного поля провода);
- возможность измерения скорости ветра, температуры окружающего воздуха, а также определение места короткого замыкания (интеграция термоанометра и индикатора короткого замыкания (ИКЗ) в составе разрабатываемого устройства) [4–7];
- анализ результатов измерения с применением нейро-нечёткого контроллера (система поддержки принятия решения) [8, 9];
- устойчивость к воздействию внешних природных явлений.

На рис. 2 представлена принципиальная схема разрабатываемой ИИС.

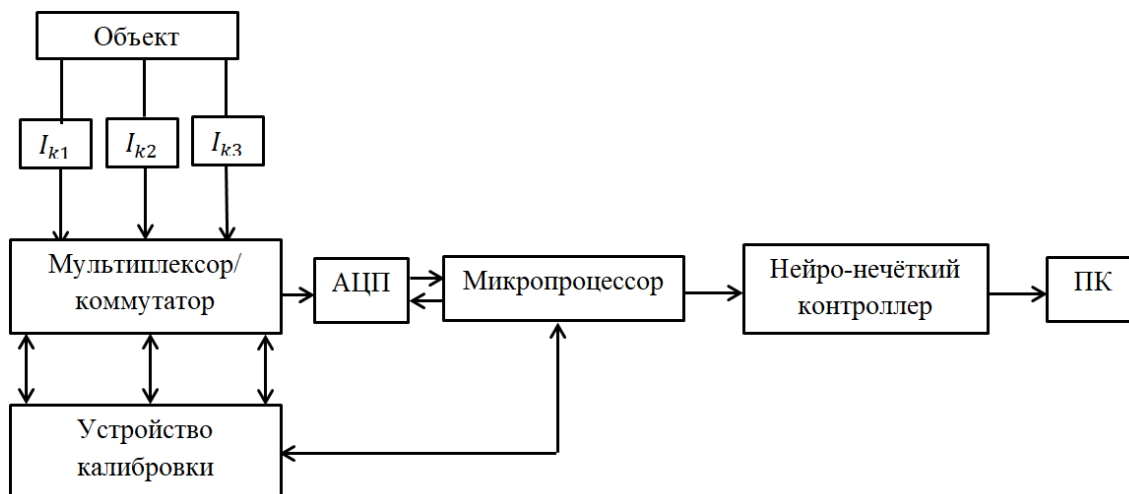


Рис. 2. Принципиальная схема разрабатываемой ИИС

Внедрение данной ИИС на электросетевые объекты позволит решить ряд эксплуатационных задач, а именно [2]:

- минимизация времени перерыва электроснабжения потребителей;
- минимизация времени поиска места повреждения;
- сокращение числа коммутаций выключателями, разъединителями и другими коммутационными аппаратами;
- определение объёма ремонтов за счёт выявления дефектов на ранних стадиях его образования;
- повысить уровень оперативно-технологического управления распределительными электрическими сетями;
- снижение показателей аварийности на воздушных линиях электропередачи распределительных сетей.

Список литературы

1. Власенко С. А., Тряпкин Е. Ю. Элементы автоматизированных устройств : учеб. пособие. Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2015. 89 с.
2. Концепция «Цифровая трансформация 2030» / ПАО «Россети». М., 2018. 31 с.

3. Савоськин Н. Е. Надежность электрических систем : учеб. пособие. Пенза : Изд-во ПГУ, 2004. 102 с.
4. Печерская Е. А., Соловьев В. А., Метальников А. М., Бобошко А. В. Методы исследования температурных зависимостей диэлектрических параметров сегнетоэлектриков // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2012. № 2 (94). С. 77–81.
5. Печерская Е. А., Бобошко А. В., Соловьев В. А. Методики принятия решений как составная часть интеллектуальной системы поддержки исследований материалов функциональной электроники // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2011. № 1. С. 229–231.
6. Голубков П. Е., Мартынов А. В., Печерская Е. А. Методы измерения температуры в процессе микродугового оксидирования // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. / под ред. Л. Р. Фионовой. Пенза : Изд-во ПГУ, 2018. С. 245–248.
7. Печерская Е. А., Попченков Д. В., Соловьев В. А. Систематизация показателей качества высокотемпературных тонкопленочных тензорезисторов // Инновационные информационные технологии. 2012. № 1. С. 302–305.
8. Печерская Е. А. Математические модели предметной области при исследовании параметров материалов нано- и микроэлектроники // Университетское образование : сб. ст. XV Междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 50-летию полета первого космонавта Ю. А. Гагарина / под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. Пенза : Изд-во ПГУ, 2011. С. 436–438.
9. Печерская Е. А., Голубков П. Е., Карпанин О. В. [и др.]. Интеллектуальная система управляемого синтеза оксидных покрытий // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2019. № 2 (28). С. 99–107.

УДК 681.518.5

ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

*Владислав Александрович Листюхин¹,
Екатерина Анатольевна Печерская²*

^{1,2}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Проведен анализ текущего состояния электросетевого комплекса Российской Федерации. Изучен вопрос необходимости и перспектив внедрения цифровых технологий на объекты электроэнергетики. Рассмотрены ключевые направления и цели реализации структуры цифрового района электрических сетей.

Ключевые слова: электроэнергетика, мониторинг параметров, Smart Grid, цифровизация, цифровой район электрических сетей

Техническое состояние электрических сетей Российской Федерации характеризуется высокой степенью износа [2], поэтому на сегодняшний день остро стоит вопрос обеспечения высокого уровня надёжности отечественного электросетевого комплекса [5]. Практически все ведущие электросетевые компании и предприятия по производству электроэнергетического оборудования активно работают в направлении развития и внедрения цифровых технологий на объекты электроэнергетики. Расширяется количество теоретических и практических исследований, появляются новые международные стандарты, образцы оборудования и опытные полигоны [3]. Данная тенденция развития электросетевого комплекса получила название «цифровизация». Цифровизация открывает возможности для создания совершенно новой

структуры электросетевого комплекса. Говоря конкретно, электросетевой комплекс будет представлять собой совокупность объектов электросетевого хозяйства, ключевым фактором управления которыми являются данные в цифровом виде, и на цифровых технологиях будет основываться вся система управления производственной деятельностью в электросетевых компаниях [1].

Одним из основных этапов реализации задач цифровизации электросетевого комплекса является разработка и внедрение структуры Цифрового района электрических сетей (ЦРЭС). Согласно [4] ЦРЭС – это высокоавтоматизированный район электрических сетей, обеспечивающий наблюдаемость и управляемость посредством цифровых систем связи и оборудования, обеспечивающего поддержку протоколов МЭК, управляемый в режиме on-line и отслеживающий параметры и режимы работы всех участников процесса передачи и потребления электроэнергии, поддерживающий функции самодиагностики и самовосстановления, обеспечивающий функционирование системы управления энергопотреблением, интеллектуальную адаптацию режимов работы и автоматическую синхронизацию с режимами работы потребителей и устройствами распределенной генерации, а также интеллектуальный учет потребляемой и вырабатываемой электроэнергии.

Ключевыми направлениями реализации структуры ЦРЭС являются:

- реализация единой информационной модели сети;
- внедрение интеллектуальных систем автоматизации и управления [6–8];
- внедрение систем дистанционного мониторинга основного силового оборудования;
- переход к комплексной автоматизации систем учёта потребления электроэнергии;
- применение новых технологий и материалов в электроэнергетике [8–10].

Реализация структуры ЦРЭС позволит:

- снизить риск травматизма производственного персонала при выполнении оперативных переключений и при обслуживании электроустановок;
- прогнозировать остаточный ресурс оборудования и потребления электрической энергии потребителями;
- снизить количество аварий (сбоев) в работе электрических сетей;
- повысить срок эксплуатации оборудования за счёт проведения его «online» диагностики.

Основными целями внедрения структуры ЦРЭС являются:

- повышение надёжности электроснабжения потребителей;
- повышение энергоэффективности;
- обеспечение безопасных условий труда;
- снижение затрат на эксплуатацию оборудования.

Анализируя перспективы цифровизации распределительных электрических сетей можно сделать вывод – это приоритетное направление развития электроэнергетики, обладающее рядом существенных эксплуатационных, экономических и технологических преимуществ по сравнению с существующей моделью электросетевого комплекса РФ.

Список литературы

1. Главные инженеры электросетевых компаний обсудили вопросы цифровизации электрических сетей // Электроэнергия. Передача и распределение. 2018. № 6 (51). С. 12–15.
2. Усачева И. В., Волкова А. В. Разработка программного обеспечения для оценки экономической эффективности эксплуатации и последствий модернизации оборудования электросетевых компаний // Математическая физика и компьютерное моделирование. 2017. Т. 20, вып. 5. С. 63–75.

3. Казымов И. М., Компанеев Б. С. Методика определения требуемого числа устройств сбора и передачи информации для создания цифрового представления распределительной электрической сети низкого и среднего уровня напряжений // Вестник НГИЭИ. 2021. № 1 (116). С. 41–53.
4. Методические рекомендации по цифровизации объектов электросетевого хозяйства и организации эксплуатации электроустановок на базе цифровых технологий : [утв. Решением Электроэнергетического совета СНГ; протокол № 57 от 25.12.2020]. М., 2020. 36 с.
5. Концепция «Цифровая трансформация 2030» / ПАО «Россети». М., 2018. 31 с.
6. Печерская Е. А., Печерская Р. М., Рябов Д. В., Кузнецова О. К вопросу об эффективности измерений в технологических процессах // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2013. Т. 2. С. 98–99.
7. Печерская Е. А., Метальников А. М., Бобошко А. В. Структура интеллектуальной системы поддержки исследований параметров сегнетоэлектрических материалов // Нано- и микросистемная техника. 2011. № 6 (131). С. 21–24.
8. Листюхин В. А., Печерская Е. А. Автоматизированная информационно-измерительная система контроля параметров воздушных линий электропередачи // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. ст. по материалам VIII Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. Пенза : Изд-во ПГУ, 2021. С. 319–321.
9. Печерская Е. А., Бобошко А. В., Соловьев В. А. Методики принятия решений как составная часть интеллектуальной системы поддержки исследований материалов функциональной электроники // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2011. № 1. С. 229–231.
10. Печерская Е. А. Применение методологии функционального и метрологического анализа к качеству исследования материалов микро- и нанoeлектроники // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. 2007. Т. 7, № 2. С. 94–98.

УДК 612.172

БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА

***Дмитрий Иванович Нефедьев¹,
Александр Дмитриевич Анисимов²,
Антон Эдуардович Каташов³***

^{1,2,3}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрена блок-схема алгоритма определения фрактальной размерности, обеспечивающая возможность постановки предварительного диагноза на основе полученной фрактальной размерности и позволяющая определить состояние сердечно-сосудистой системы. Данный алгоритм дает возможность повысить достоверность параметров электрокардиосигнала, на основе которых ставится диагноз.

Ключевые слова: электрокардиосигнал, фрактальная размерность, электрокардиоанализатор, кардиоцикл, сердечно-сосудистая система

Развитие медицины на сегодняшний день позволяет использовать все больше новых методов для своевременного определения состояния пациента. Одним из основных методов выявления заболеваний сердца является электрокардиодиагностика. Болезни системы кровообращения занимают первое место среди причин смертности населения [1]. Поэтому применение новых методов и усовершенствование имеющихся кардиографов более чем актуально [2–7].

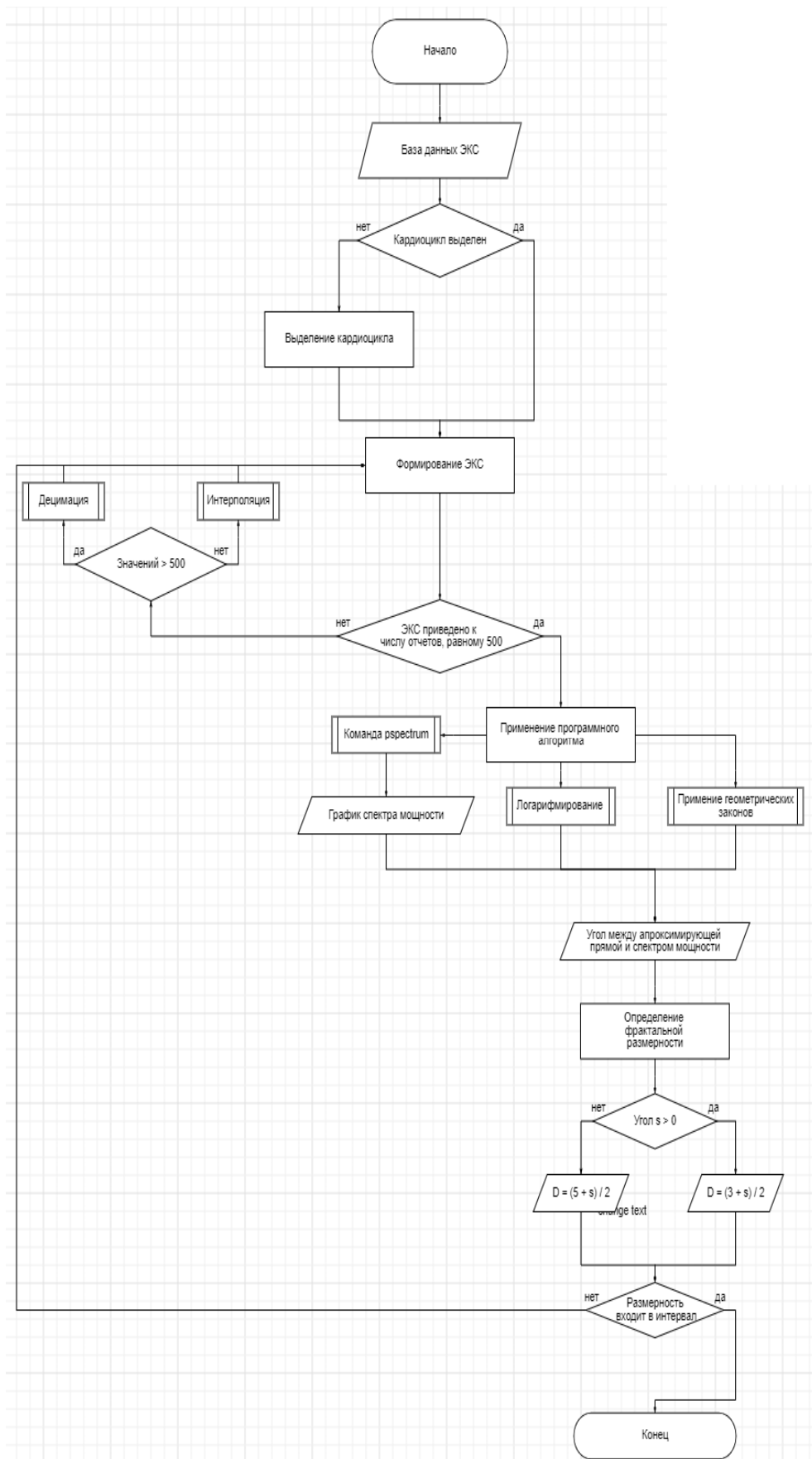


Рис. 1. Алгоритм определения фрактальной размерности электрокардиосигнала пациента

Одним из новейших методов диагностики электрокардиограмм является метод фрактальной размерности электрокардиосигнала. Фрактальная размерность – числовая характеристика некоторого компакта, определяемая с помощью покрытия «эталоном меры», число которых и определяет данную размерность [8].

Для определения фрактальной размерности необходима электрокардиограмма, находящаяся на устройстве обработки в цифровом виде. Получить такую электрокардиограмму можно двумя способами: снять при помощи кардиоанализатора в режиме реального времени, либо использовать уже готовые базы данных. У каждого из этих способов есть свои достоинства и недостатки. Например, при снятии электрокардиограммы необходимо соблюдать множество правил установки электродов и щипчиков – зажимов, а также обладать знаниями о расположении электродов на пациенте [9]. Работа с базой данных намного проще, она не требует углубленных медицинских знаний. Поэтому (при разработке алгоритма) в данной работе в качестве основного источника электрокардиосигналов была выбрана ДКС «Кардиовид».

После того как электрокардиограмма готова к цифровой обработке, в ДКС «Кардиовид» необходимо выделить кардиоцикл. Выделение кардиоцикла производится путём использования параллельных прямых линий, которым указаны позиция вырезки, а также отметок на электрокардиограмме, которые отделяют один кардиоцикл от другого.

После того, как кардиоцикл выделен, его необходимо привести к единому количеству значений. Так как у всех пациентов ритм сердца индивидуальный, количество значений у всех кардиоциклов различно. Для единства параметра дискретизации было принято, что число значений на один кардиоцикл равно 500. Чтобы добиться этого, применяем интерполяцию и децимацию сигнала.

Приведя все кардиоциклы к одному числу дискретизации, необходимо получить их спектр мощности. Для этого в программной среде MATLAB используем плагин Signal Analyzer.

Для получения фрактальности электрокардиосигнала пациента необходимо применить метод определения фрактальной размерности при помощи спектра мощности. Суть метода состоит в оценке спектра сигнала, его логарифмировании, построении аппроксимирующих прямых и применении геометрических законов, для определения угла наклона [10].

После применения программного алгоритма к кардиоциклу, прошедшему предварительную обработку, получаем его фрактальность. На рис. 1 представлена блок-схема алгоритма определения фрактальной размерности электрокардиосигнала пациента.

Предложенный алгоритм найдет свое применение в медицинской практике, поскольку обеспечивает возможность постановки предварительного диагноза на основе полученной фрактальной размерности, позволяет определить состояние сердечно-сосудистой системы.

Список литературы

1. Бодин О. Н., Логинов Д. С., Моисеев А. Е., Рябчиков Р. В. Концепция виртуальной медицинской диагностической системы // Датчики и системы. 2011. № 4. С. 13–18.
2. Грачев А. Ю., Карпанин О. В., Печерская Е. А. Аппаратно-программный комплекс для автоматизированных измерений биоимпеданса // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2017. № 1 (21). С. 96–108.
3. Печерская Е. А. Математические модели предметной области при исследовании параметров материалов нано- и микроэлектроники // Университетское образование : сб. ст. XV Междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 50-летию полета первого космонавта

- Ю. А. Гагарина / под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. Пенза : Изд-во ПГУ, 2011. С. 436–438.
4. Воробьева Е. Ю., Крайнова К. Ю., Печерская Е. А., Бибарсова А. М. Факторы, влияющие на точность биоимпедансного анализа // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. VI Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. / под ред. Л. Р. Фионовой. Пенза : Изд-во ПГУ, 2019. С. 178–179.
 5. Antipenko V. V., Pecherskaya E. A., Zinchenko T. O. [et al.]. Development of an automated bioimpedance analyzer for monitoring the clinical condition and diagnosis of human body diseases // Journal of Physics: Conference Series. 2020. № 1515 (5). P. 052075.
 6. Печерская Е. А., Антипенко В. В., Карпанин О. В. [и др.]. Метрологические аспекты автоматизированного метода измерения биоимпеданса // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2020. № 3 (33). С. 78–84.
 7. Golubkov P. E., Pecherskaya E. A., Karpanin O. V. [et al.]. Automated system for bioimpedance measuring // International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM-2018. Proceedings. IEEE Computer Society, 2018. P. 641–644.
 8. Божокин С. В., Паршин Д. А. Фракталы и мультифракталы. М. : Бином, 2001. 128 с.
 9. Воробьев Л. В. ЭКГ Анализ сердечной деятельности здорового человека // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 10-4. С. 549–553.
 10. Овсянников В. Е., Остапчук А. К. Применение теории фракталов в математическом моделировании и технике : учеб. пособие. Курган : Изд-во Курган. гос. ун-та, 2009. 64 с.

УДК 62-03

ПРИРОДА ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСТВА НА МОНОКРИСТАЛЛАХ

Екатерина Алексеевна Рассыпнова

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрены вопросы природы пьезоэлектричества на монокристаллах, история, свойства и особенности монокристаллов. Наиболее глубоко описаны основные виды кристаллов, используемых в пьезоэлектрике.

Ключевые слова: пьезоэффект, пьезоэлектрические элементы, монокристаллы, природные материалы, кристаллическая решетка, кварц, турмалин, сегнетова соль, ниобат лития

На сегодняшний день, в основе работы датчиков давления, силы и вибрации лежит прямой пьезоэффект. Основной частью таких датчиков являются пьезоэлектрические элементы [1–4]. Прецизионная точность изготовления датчиков в совокупности со стабильностью параметров пьезоэлектрических элементов позволяют добиться высокой точности самого датчика. Большое значение имеют и материалы, из которых изготавливаются пьезоэлементы [5, 6]. Для совершения необходимых колебаний и излучения звуковых волн, которые находят применение в ультразвуковых и прочих устройствах (преобразователях), необходимо приложить определенное переменное напряжение к пьезоэлектрическим кристаллам.

Образование электрических зарядов на гранях кристалла: положительного на одной грани и отрицательного заряда на другой, является основой прямого пьезоэффекта. Происходит это из-за сжатия пластинки, которая вырезается с получением определенной кристаллографической ориентации из кристалла. Образование зарядов также происходит и в обратном направлении, т.е. при растяжении, однако в данном случае знак заряда на грани меняется на противоположный.

Прямой пьезоэлектрический эффект возникает при поляризации твердого тела, т.е. должен возникнуть общий дипольный момент при упругой деформации кристалла [7, 8].

Для возникновения обратного пьезоэлектрического эффекта необходимо такое искажение распределения зарядов, вызванное внешним электрическим полем, которое вызовет геометрические искажения, проявляющиеся в виде деформаций.

Отсутствие центра симметрии в кристаллической решетке присуще ионным кристаллам, обладающим пьезоэлектрическими свойствами. В настоящее время известно 32 кристаллических класса, 21 из которых отличается неимением центра симметрии. Однако один из них обладает иным сочетанием элементов симметрии, что приводит к невозможности возникновения пьезоэффекта. В результате, только 20 классов могут характеризоваться пьезоэлектрическими свойствами.

В качестве материала для первых экспериментов с пьезоэлектричеством использовались кристаллы. В 1880 году братья Кюри, Пьер и Жак впервые смогли доказать пьезоэлектрический эффект.

Кристаллы были первым материалом, использованным в ранних экспериментах с пьезоэлектричеством. Братья Кюри, Пьер и Жак впервые доказали прямой пьезоэлектрический эффект в 1880 году. Исследователям удалось расширить свои практические знания о кристаллических структурах и пьезоэлектрических материалах (материалах, которые порождают электрический заряд в ответ на изменение температуры).

Они провели измерения поверхностных зарядов следующих конкретных кристаллов, а именно:

- тростникового сахара,
- турмалина,
- кварца,
- топаза,
- соли Рошеля (натрий-калиевая соль винной кислоты).

В результате самые высокие показания пьезоэффекта показали кварц и соль Рошеля.

Тем не менее братья Кюри не предсказали наличие обратного пьезоэффекта. Годом позже его получилось вывести другому ученому – Габриэлю Липпманому. После этого Кюри подтвердили эффект и предоставили количественное доказательство обратимости электрических, упругих и механических деформаций в пьезоэлектрических кристаллах.

В 1910 году в Lehrbuch Der Kristallphysik – «Учебнике физики кристаллов» были опубликованы все 20 определенных кристаллических класса, с наблюдаемым в них пьезоэлектрическим эффектом. Однако это не обрело большую популярность, а также технологического или коммерческого применения и до определенного времени оставалось лишь высокотехнологичной нишевой областью физики.

Существование пьезоэлектрического эффекта обусловлено наличием в кристаллах элементарной ячейки с отсутствием центра симметрии.

Пьезоэффект присущ ацентричным монокристаллам, которые в свою очередь делятся на природные и синтетические.

В природе встречаются такие материалы, обладающие пьезоэффектом, как кварц, а также его производные: бесцветный кварц – горный хрусталь, фиолетовый – аметист, дымчатый – раухтопаз, черный – морион, золотистый – цитрин и др. Примесные атомы, входящие в состав кристаллов, оказывают влияние на их различную окраску. Наличие посторонних минералов в структуре кристалла приводит к его более сложному окрашиванию. Например: включение микрокристаллов

актинолита или хлорита даёт зеленоватый оттенок и такой кристалл – зеленый пра-зем; золотистый мерцающий авантюрин получается благодаря включению слюды или гематита, и др.

Турмалин. В переводе с сингальского «турмали» означает «камень, притягивающий пепел». В 1703 году турмалин впервые доставили в Европу голландские купцы с острова Цейлон (Шри-Ланка). Примеси магния, железа или щелочных металлов образуют достаточно сложный химический состав данного кристалла. Цветовая гамма турмалина довольно обширна, реже всего встречается бесцветная окраска. Нагрев или охлаждение турмалина приводит к образованию электрических зарядов на его поверхности, что является свойством пьезоэлектриков. Изменение температуры кристалла приводит к изменению существующей поляризации, это обусловлено тем, что нагрев заряжает один конец пьезоэлектрика положительно, а охлаждение – отрицательно. Трение приводит к электризации, что усиливает пьезоэлектрический эффект. В пьезоэлектрических резонаторах используются только бездефектные кристаллы, однако встретить такие кристаллы в природе достаточно сложно. Использование турмалина при изготовлении резонаторов обусловлено его большой механической прочностью. Тем не менее, на сегодняшний день при изготовлении пьезоэлектрических резонаторов турмалин используется редко.

Сегнетова соль. Отходы виноделия служат источником кристаллов сегнетовой соли. В 1920 году на кристаллах сегнетовой соли впервые наблюдали явление сегнетоэлектричества, что в дальнейшем послужило образованию целого класса сегнетоэлектриков. Спонтанная поляризация сегнетоэлектриков обусловлена резкой анизотропией их свойств, т.е. эти свойства наблюдаются лишь вдоль одной из осей кристалла. Разделение сегнетика на целые области, электрические домены, возможно в связи с достаточно сильным взаимодействием частиц. Домен обладает особенностью: в нем может возникнуть электрический момент при отсутствии внешнего поля. В кристалле они расположены достаточно хаотично, из-за чего суммарная поляризованность близка к нулю. Остаточная поляризация сохраняется даже при отсутствии поля, а при наличии внешнего поля поляризованность домена сонаправлена с ним.

Сегнетова соль обладает гигроскопичностью. Покрытие пьезоэлементов сегнетовой соли тонкими пленками лака защищают их от возможного влияния влаги. Использование пьезоэлементов из сегнетовой соли позволяло работать в узком температурном диапазоне, но на сегодняшний день керамические пьезоэлементы заменили их.

Синтетические и пьезоэлектрические материалы начали использовать из-за хрупкости естественных кристаллов, а также из-за потери пьезоэлектрических свойств с невозможностью их восстановления.

Ниобат лития. На рис. 1 представлен синтетический монокристалл – ниобат лития. Благодаря своей структуре, содержащей соединения ниобия, кислорода и лития, кристалл обладает высокой механической прочностью, устойчивостью к высоким температурам, а также не разлагается в воде. Ниобат лития также обладает сегнетоэлектрическими свойствами (с температурой Кюри примерно 1200 градусов Цельсия).

Достаточно весомый ряд преимуществ ниобата лития позволяет использовать его для изготовления различных устройств. Например, в излучателях или приемниках ультразвуковых колебаний СВЧ-диапазона используются ориентированные поликристаллические текстуры, т.е. тонкие пленки ниобата лития, которые получают с помощью катодного распыления в вакууме.

На сегодняшний день, все важные пьезоэлектрические монокристаллы, такие как: дигидрофосфат аммония, ортофосфат галлия и сложные оксиды лантана и галлия выращиваются искусственно.

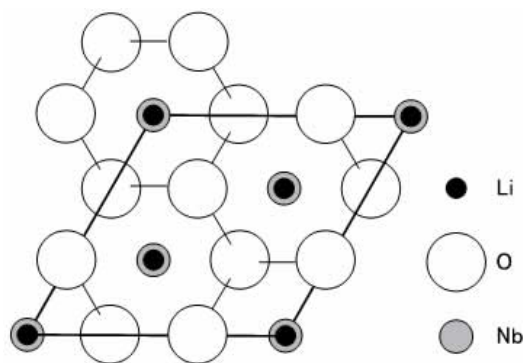


Рис. 1. Кристаллическая решетка ниобата лития

Таким образом, природные пьезоэлектрические монокристаллы благодаря своим уникальным свойствам пользуются большим спросом во многих областях. Методы и средства измерения электрофизических параметров сегнетоэлектриков изложены в работах [9–13]. Однако существует достаточно весомый недостаток данных материалов – высокая стоимость. Именно поэтому в настоящее время с целью удешевления продукции удовлетворяются синтетическими пьезоэлектрическими монокристаллами, выращенными в специальных установках.

Список литературы

1. Леммлейн Г. Г., Цинобер Л. И. Некоторые особенности морфологии кристаллов искусственного кварца // *Материалы по изучению искусственного кварца*. М. : Госгеолтехиздат, 1962. С. 13–30. (Труды ВНИИ пьезооптического минерального сырья; Вып. 6).
2. Иоффе А. Ф. Пьер Кюри // *Успехи физических наук*. Российская академия наук. 1956. Т. 58, № 4. С. 572–579.
3. Шука А. А. *Функциональная электроника : учебник*. М. : МИРЭА, 1998. 260 с.
4. Баранский К. Н. *Физическая акустика кристаллов*. М. : Ленанд, 2017. 144 с.
5. Радченко Г., Радченко М., Тарасевич Д. *Магнитоэлектричество, пьезоэффект и магнитострикция в композитах*. М. : LAP Lambert Academic Publishing, 2013. 60 с.
6. Зубцов В. *Контроль физических свойств материалов с применением пьезоэлектриков*. М. : LAP Lambert Academic Publishing, 2013. 272 с.
7. Пьезоэлектрический эффект, пьезоэлектрические материалы и их свойства. Инженерные решения. URL: <https://engineering-solutions.ru/ultrasound/piezomaterials/> (дата обращения: 07.02.2022).
8. Печерская Е. А., Рябов Д. В., Якушова Н. Д. Метрологические аспекты модели активного диэлектрика // *Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий*. 2012. № 1. С. 208–213.
9. Печерская Е. А., Соловьев В. А., Метальников А. М., Бобошко А. В. Методы исследования температурных зависимостей диэлектрических параметров сегнетоэлектриков // *Известия высших учебных заведений. Электроника*. 2012. № 2 (94). С. 77–81.
10. Печерская Е. А. Метрологические аспекты исследования активных диэлектриков для микро- и микроиндустрии // *Нано- и микросистемная техника*. 2007. № 7. С. 41–44.
11. Печерская Е. А. Применение методологии функционального и метрологического анализа к качеству исследования материалов микро- и наноэлектроники // *Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения*. 2007. Т. 7, № 2. С. 94–98.
12. Печерская Е. А., Метальников А. М., Бобошко А. В. Структура интеллектуальной системы поддержки исследований параметров сегнетоэлектрических материалов // *Нано- и микросистемная техника*. 2011. № 6 (131). С. 21–24.
13. Печерская Е. А., Метальников А. М., Вареник Ю. А., Бобошко А. В. Метод измерения тока переключения и диэлектрических параметров сегнетоэлектриков // *Нано- и микросистемная техника*. 2012. № 1 (138). С. 24–26.

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕКСТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

***Алексей Анатольевич Трофимов¹,
Сергей Александрович Здобнов²
Татьяна Николаевна Попченкова³
Денис Вячеславович Токарев⁴***

^{1,2,3,4}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Важнейшим стимулом к исследованию пьезокерамических материалов служат возрастающие требования к расширению диапазона рабочих температур, улучшению метрологических характеристик, устойчивости к воздействию дестабилизирующих факторов устройств, создаваемых на их основе. При этом наряду с поиском новых перспективных материалов и отработкой технологии их изготовления, направленными на решение отмеченных проблем, все более необходимой является разработка высокотемпературных текстурированных материалов для изготовления многослойных пьезоэлементов преобразователей. Методы исследования выбраны исходя из возможности получения наиболее полной информации об изменении структуры и свойств материала после спекания и поляризации изделий. Применены рентгеноструктурный, рентгенографический, металлографический и электронно-микроскопический анализы. Проведены измерения механической и электрической прочности, трещиностойкости, диэлектрической проницаемости, пьезоэлектрических и сегнетоупругих характеристик изделий. Разработана технология изготовления многослойных пьезопакетов, получены результаты отработки технологии получения пьезокерамики системы твердых растворов, проведены исследования структуры, диэлектрических и пьезоэлектрических свойств керамики в интервале температур 20–600 °С. Изготовлены экспериментальные образцы многослойных пьезоэлементов.

Ключевые слова: пьезочувствительность, пьезокерамический элемент, пьезопривод, технология изготовления, многослойная структура

Пьезокерамика находит широкое применение в различных областях народного хозяйства и специальной техники. Пьезокерамические элементы могут быть использованы в различных акустических устройствах, в датчиках для измерения давлений, вибраций и ускорения, датчиках для ультразвуковых линий задержки, в фильтровой технике, системах зажигания, гироскопах, пьезотрансформаторах. Находят применение в телефонах, микрофонах, звукоснимателях, в ультразвуковых устройствах, предназначенных для интенсификации технологических процессов, сейсмоприемниках, аппаратах медицинской диагностики, гироскопах и многих других устройствах.

Пьезокерамические элементы в составе многослойной структуры достаточно широко используются для создания чувствительных элементов датчиков высокой чувствительности, микроконденсаторов переменной емкости, микрофазовращателей, переключателей, пьезоприводов, управляемых микрозеркалами для адаптивной оптики и других устройствах микро и нано электроники.

Производство многослойных пьезокерамических элементов, состоящих из чередующихся слоев, обладает рядом преимуществ:

- очень тонкие керамические слои позволяют создавать большие перемещения при низких напряжениях возбуждения (20–100 В) [1];
- высокая интенсивность электрического поля (до 3000 В/мм) позволяет получить большую величину перемещения на единицу объёма;
- малая мощность потребления;
- надёжная работа в жестких условиях благодаря использованию встроенных электродов.

Разнообразие областей применения пьезокерамики приводит к большому разнообразию требований на ее свойства. Например: для специальных пьезодатчиков требуется керамика, способная работать в широком интервале температур, для фильтровых резонаторов необходима высокая стабильность параметров в широком интервале температур и в течении длительного промежутка времени, для гидроакустических применений необходима пьезокерамика способная работать в сильных электрических полях и при больших давлениях, для гидроакустики и сейсмоприемников требуется высокоэффективная пьезокерамика (с большими значениями пьезомодулей). Требования, предъявляемые к пьезокерамике непрерывно повышаются. Это заставляет искать новые пьезокерамические материалы и исследовать их свойства.

К изыскиваемым в этой работе пьезоэлектрическим материалам для работы их в качестве преобразователя в специальных пьезодатчиках предъявляются следующие требования:

- работоспособность в диапазоне температур от минус 60 до +600 °С;
- высокая чувствительность;
- минимальное изменение чувствительности от времени, температуры, давления;
- минимальный температурный гистерезис чувствительности;
- высокая прочность пьезокерамики.

Создание сегнето-пьезоэлектрических материалов с оптимальными свойствами для различных применений является важной материаловедческой задачей. Параметры пьезоэлементов в значительной степени определяются составом пьезокерамического материала, из которого они изготавливаются.

К настоящему времени практическое применение нашли в основном три группы пьезокерамических материалов. К ним относятся: титанат бария и его производные материалы на основе титаната свинца и ниобатные материалы. Эти материалы наиболее полно исследованы и именно для них в литературе известны характеристики, определяющие возможность использования их в качестве пьезоэлектрических преобразователей. Так известно, что применение в пьезодатчиках керамики титаната бария ограничено температурами порядка 70–80 °С.

Введение добавок Са и Рb повышает рабочие температуры до 110–130 °С, но вдвое снижает чувствительность. Введение кобальта в твердый раствор титаната бария-кальция $(\text{BaCa})\text{TiO}_3$ повышает устойчивость состава к воздействию сильных электрических полей и больших механических напряжений. Низкий верхний предел рабочих температур и низкотемпературные фазовые переходы ограничивают применение керамик на основе титаната бария в широком температурном интервале.

С целью расширения интервала рабочих температур были разработаны пьезодатчики с керамикой $(\text{PbBa})\text{Nb}_2\text{O}_6$. Эти пьезодатчики работают на сдвиг, чувствительность их характеризуется пьезомодулем d_{15} , верхний предел рабочих температур до 200°С.

Пьезокерамика на основе твердых растворов $(\text{PbBa})\text{Nb}_2\text{O}_6$ по ряду показателей эффективнее составов системы титаната бария, однако пока не удается определить условия для получения стабильных составов.

Сейчас в пьезоэлектрических датчиках применяются пьезокерамические материалы системы ЦТС. Семейство пьезокерамик ЦТС (цирконат-титанат свинца) имеет температуры Кюри до 350–400 °С рабочие температуры порядка 250 °С, хорошую пьезочувствительность, но требуют тщательных исследований с учетом предъявляемых требований [2].

В последние годы интенсивно ведется разработка новых пьезокерамических материалов. Сейчас известны составы, у которых достаточно хорошие пьезосвойства сохраняются до 400 °С. Это материалы на основе титаната свинца, метаниобата свинца, метаниобатов натрия и калия.

При проведении исследований решались следующие задачи:

- поиск и исследование новых пьезокерамических материалов, работоспособных в интервале рабочих температур от минус 60 до +600 °С;
- исследование возможности повышения температурной стабильности пьезокерамики [4, 5];
- поиск путей увеличения пьезочувствительности пьезоматериалов;
- разработка теоретических основ влияния дефектов структуры на стабильность рабочих параметров пьезоматериалов;
- получение и исследование диэлектрических свойств и стабильности рабочих параметров при воздействии дестабилизирующих факторов, в том числе при воздействии повышенных температур [5–7];
- внедрение разработанной технологии изготовления высокотемпературных текстурированных материалов пьезоэлементов при изготовлении пьезоприводов на основе пьезоэлектрических пластин, полученных методом холодного полусухого прессования для систем структурного мониторинга работоспособности объектов специальной техники. Укрупненная структурная схема технологического процесса производства пьезокерамических элементов методом холодного полусухого прессования представлена на рис. 1.

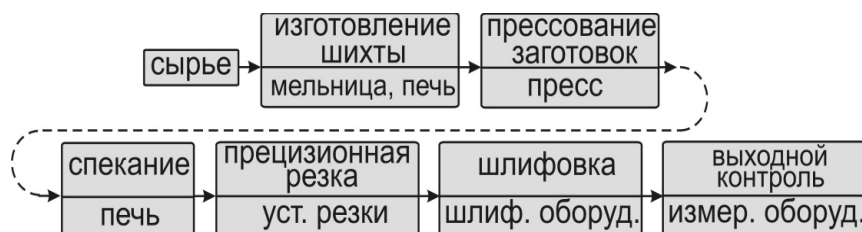


Рис. 1. Укрупненная структурная схема технологического процесса производства пьезокерамических элементов

При проведении исследований рассмотрены известные сейчас сегнетоэлектрики и твердые растворы на их основе, перспективные для получения пьезокерамики [8, 9]. Проведен обзор кристаллохимических принципов поиска новых составов, работоспособных в диапазоне температур от минус 60 до +600 °С, проанализированы экспериментальные данные относительно возможности управления электрофизическими свойствами материала, проанализированы возможности повышения пьезоактивности.

Рассмотрены вопросы технологии производства пьезокерамики, влияние отдельных технологических факторов на ее электрофизические и механические свойства. Исследованы режимы термообработки и поляризации, проведен рентгеноструктурный анализ.

Получены зависимости, показывающие влияние примесных атомов на стабильность пьезоэлектрических свойств пьезокерамики. Проведен анализ основных механизмов, связанных с диффузией примесей к доменным границам, определены

характерные времена таких процессов, предложены рекомендации по улучшению стабильности рабочих параметров пьезоматериалов. Получены результаты отработки технологии получения пьезокерамики системы твердых растворов $(1-x)\text{PbTiO}_3 + x\text{Bi}(\text{Zn}_{0,5}\text{Zr}_{0,5})\text{O}_3$. Проведены исследования структуры, диэлектрических и пьезоэлектрических свойств этой керамики в интервале температур 20–600 °С, стабильности пьезосвойств при циклическом изменении температуры от 20 до 600 °С. Изготовлены экспериментальные образцы многослойных пьезоэлементов с техническими характеристиками, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики экспериментальных образцов многослойных пьезоэлементов

Наименование характеристики	Значение
Длина a , мм	от 5 до 50
Ширина b , мм	от 5 до 50
Толщина H , мм	от 1 до 10
Толщина слоя h , мкм	от 30 до 50
Количество слоев n , шт.	определяется толщиной одного слоя и толщиной пьезоэлемента
Пьезочувствительность d_{33} , не менее, пКл/Н	250
Температура Кюри, °С, не менее	260
*Максимальное напряжение, В	200
Максимальная деформация, %	0,1
**Электрическая емкость, мкФ	не менее 1
Максимальное электрическое поле, кВ/мм	2

В результате проработки вопросов по изготовлению пьезопакетов разработана и отработана технология изготовления многослойных пьезопакетов с линейной деформацией до 15 мкм при высоте пьезоэлемента 30 мм и управляющем напряжении 200 В [3].

Дальнейшее улучшение технических характеристик (увеличение линейной деформации при заданном управляющем напряжении) возможно при отработке технологии соединения (склеивания) пьезоэлементов в пьезоэлементах. В частности:

- при отработке возможности изготовления пьезокерамических элементов толщиной менее 100 мкм;
- при выборе клея с пониженной вязкостью, обеспечивающего минимально возможную толщину клеевого слоя.

Для выполнения технических требований необходимо применение технологии изготовления монолитных многослойных пьезоэлементов с использованием технологии шликерного литья.

Список литературы

1. Губич И. А., Кикот В. В., Кошкин Г. А. [и др.]. Исследование многослойных пьезоактюаторов инжекторов системы управления питанием двигателей внутреннего сгорания // Проблемы автоматизации и управления в технических системах : сб. науч. ст. по материалам XXXIV Междунар. науч.-техн. конф. Пенза : Изд-во ПГУ, 2021.
2. Окадзаки К. Технология керамических диэлектриков : пер. с япон. М. : Энергия, 1976. 336 с.
3. Бобцов А. А., Бойков В. И., Быстров С. В., Григорьев В. В. Исполнительные устройства и системы для микроперемещений. СПб. : ГУ ИТМО, 2011. 131 с.

4. Pecherskaya E. A., Golubkov P. E., Fimin A. V. [et al.]. Intelligent system for active dielectrics parameters research // Procedia Computer Science. Ser. International Conference on Computational Intelligence and Data Science, ICCIDS 2018. Elsevier B.V. 2018. С. 1163–1170.
5. Печерская Е. А. Метрологический анализ установки для измерений электрофизических свойств сегнетоэлектрических образцов с линейными размерами микрометрового диапазона // Нано- и микросистемная техника. 2007. № 12. С. 43–47.
6. Печерская Е. А., Попченков Д. В., Соловьев В. А. Систематизация показателей качества высокотемпературных тонкопленочных тензорезисторов // Инновационные информационные технологии. 2012. № 1. С. 302–305.
7. Печерская Е. А., Метальников А. М., Бобошко А. В. Структура интеллектуальной системы поддержки исследований параметров сегнетоэлектрических материалов // Нано- и микросистемная техника. 2011. № 6 (131). С. 21–24.
8. Печерская Е. А., Печерская Р. М., Попченков Д. В. Методика определения оптимального технологического процесса на примере изготовления тонкопленочных тензорезисторов // Инновационные информационные технологии. 2013. Т. 2, № 2. С. 339–345.
9. Печерская Е. А., Фимин А. В. Взаимосвязи свойств пьезоэлектрических материалов: метрологические аспекты // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2021. № 3 (39). С. 71–79.

УДК 004.9

БИОМЕТРИЯ – МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Диана Евгеньевна Тузова

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрено понятие биометрии. Проведена подробная классификация основных методов биометрической идентификации – статических и динамических. Рассмотрен принцип работы каждого из них.

Ключевые слова: биометрия, биометрическая идентификация, статический метод идентификации, динамический метод идентификации

Введение

В наши дни биометрия является самой востребованной системой идентификации личности. Она пришла на смену старомодным системам контроля: ключам, картам доступа, PIN – кодам и паролям. Биометрическая идентификация представляет собой самый точный и надёжный способ проверки личности, так как процесс опознавания людей осуществляется с помощью индивидуальных физиологических и поведенческих характеристик.

На основе этих уникальных свойств были разработаны биометрические методы идентификации человека. Например, в работах [1–5] рассмотрены методы измерения биоимпедансных характеристик тела человека. Их удобство состоит в том, что данные пользователя всегда находятся с ним, их не нужно запоминать и хранить.

Классификация методов биометрической идентификации

Метод биометрической идентификации – это проверка подлинности на основе биометрических показателей [6]. По принципу действия биометрические методы можно классифицировать на две группы:

1) Статические – распознают физиологические характеристики человека, данные ему с рождения. К ним относят дактилоскопию, распознавание по лицу, рисунок вен, опознавание по рисунку сетчатки глаза, отличительные характеристики радужной оболочки, геометрию кисти рук (рис. 1).

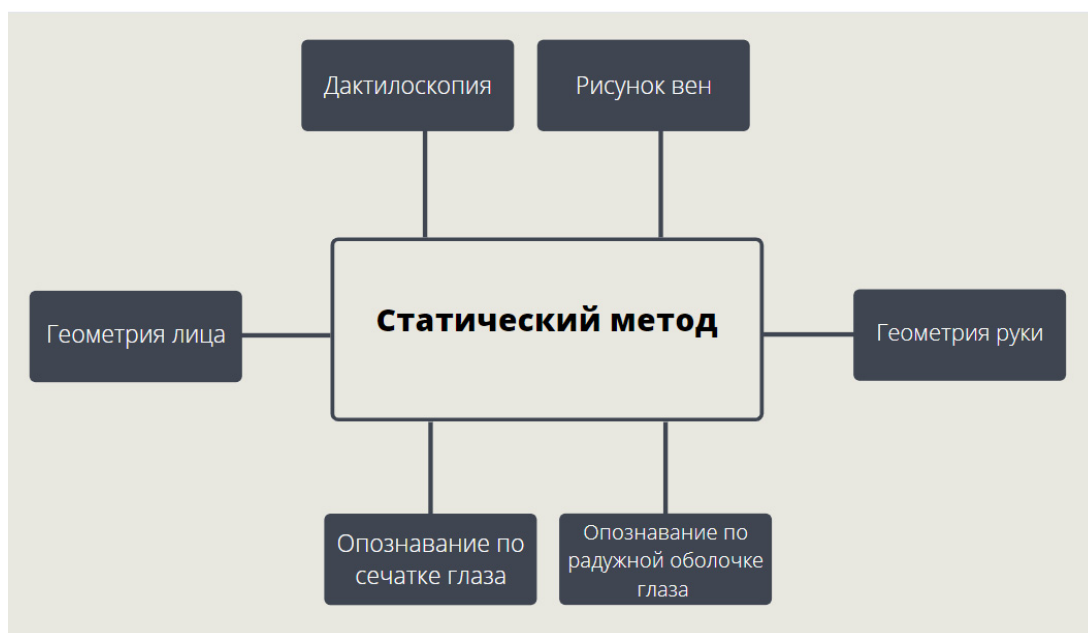


Рис. 1. Классификация статических методов биометрии

– Дактилоскопия (идентификация по отпечатку пальца). Этот метод является самым распространённым способом распознавания, который заключается в уникальности капиллярных узоров на пальцах. С помощью специального устройства (сканера) берётся отпечаток, который впоследствии преобразуется в цифровой код и сверяется с заданным образцом [7].

– Распознавание по рисунку вен на ладони основано на сканировании кровеносных сосудов с помощью инфракрасных лучей. После сканирования формируется изображение, которое в дальнейшем преобразовывается в цифровой код и сверяется с заданным образцом. По сравнению с отпечатком пальца этот код является более сложным и не меняется с течением времени. Так же при обычном свете рисунок вен не видно, поэтому его нельзя скопировать или подделать.

– Распознавание по геометрии лица представляет собой процесс использования черт лица (глаз, губ, носа), по средствам которого рассчитывается расстояние между ними и создаётся трёхмерный образ лица человека в нескольких вариациях (наклон, поворот, изменение выражения лица). Этот образ служит шаблоном для идентификации личности.

– Идентификация по геометрии руки осуществляется при измерении определённых параметров руки (общая структура кисти; длина, изгибы, ширина пальцев; ширина ладони), с помощью специального устройства. В результате создаётся трёхмерное изображение руки, которое применяется в дальнейшем для распознавания человека.

– Метод идентификации по сетчатке глаза человека используется уже долгое время (с 1985 г.). Его начали применять после открытия её уникальности: сетчатка глаза не изменяется от самого рождения до смерти человека. Сам процесс состоит в сканировании кровеносных сосудов сетчатки инфракрасным излучением,

которое имеет низкую интенсивность. В дальнейшем формируется шаблон, который сверяется с заданным образцом.

– Метод идентификации по радужной оболочке осуществляется с помощью специализированной камеры для получения высококачественного изображения глаза. Из него уже впоследствии создаётся код, который используют для опознавания личности.

2) **Динамические** – опираются на психологические характеристики человека, которые наблюдаются при совершении им каких-либо действий в повседневной жизни. К ним можно отнести такие методы идентификации, как почерк, голос, походка (рис. 2).



Рис. 2. Классификация динамических методов биометрии

– Распознавание по голосу представляет собой процесс формирования шаблона по совокупности уникальных характеристик голоса человека (громкость, высота, резонансные частоты речевого тракта и их затухания, особенности в произношении), с которым идёт сравнение для установления личности. Устройством для записи голоса, служит обычный микрофон, который подключают к записывающему устройству.

– Распознавание по почерку представляет собой биометрический процесс, который заключается в компьютерном анализе индивидуальных характеристик письма человека. С помощью компьютера происходит интерпретация рукописного ввода из различных источников с целью создания шаблона для установления личности.

– Распознавание по походке является одним из психологических методов биометрии. У каждого человека походка имеет ряд особенностей: длина шага, прихрамывание, положение рук при движении, скорость движения, наклон и многое другое. Существует система анализа шагов людей, которая использует датчики пола и получает шаблон для дальнейшего сравнения с человеком [8].

Вывод

Все вышерассмотренные методы биометрической идентификации обладают определёнными достоинствами (высокая надёжность, независимость от пользователя, лёгкость идентификации для человека, невозможность передачи третьим лицам данных человека) и недостатками (цена, социальные предрассудки, излишняя

уверенность пользователя в своей безопасности). Поэтому нельзя с уверенностью сказать о превосходстве определённого метода над другими. Но все они направлены на надёжную и точную проверку личности, поэтому охватывают все сферы деятельности человека.

Список литературы

1. Golubkov P. E., Pecherskaya E. A., Karpanin O. V. [et al.]. Automated system for bioimpedance measuring // International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM-2018. Proceedings. IEEE Computer Society, 2018. P. 641–644.
2. Грачев А. Ю., Карпанин О. В., Печерская Е. А. Аппаратно-программный комплекс для автоматизированных измерений биоимпеданса // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2017. № 1 (21). С. 96–108.
3. Воробьева Е. Ю., Крайнова К. Ю., Печерская Е. А., Бибарсова А. М. Факторы, влияющие на точность биоимпедансного анализа // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. VI Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. / под ред. Л. Р. Фионовой. Пенза : Изд-во ПГУ, 2019. С. 178–179.
4. Antipenko V. V., Pecherskaya E. A., Zinchenko T. O. [et al.]. Development of an automated bioimpedance analyzer for monitoring the clinical condition and diagnosis of human body diseases // Journal of Physics: Conference Series. 2020. № 1515 (5). P. 052075.
5. Artamonov D. V., Baranov V. A., Pecherskaya E. A. [et al.]. Application of a hyper-complex impedance model for indirect measurements of materials parameters of functional electronics // International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM. IEEE Computer Society, 2019. С. 760–764.
6. Современные методы биометрической идентификации // Azone-it. URL: <https://www.azone-it.ru/sovremennye-metody-biometricheskoy-identifikacii>, свободный (дата обращения: 09.02.2022).
7. Лукина А. А. Биометрические средства защиты информации // Международный научно-исследовательский журнал. 2012. № 7-1 (7). С. 53–54. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biometricheskie-sredstva-zaschity-informatsii> (дата обращения: 09.02.2022).
8. Биометрия от «А» до «Я» полное руководство биометрической идентификации и аутентификации // Интемс. URL: <https://securityrussia.com/blog/biometriya.html> (дата обращения: 09.02.2022).

УДК 620.92

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ

Факиа Хуссейн Мохаммед Ибрахим Али

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Мировой опыт показывает, что в настоящее время ряд стран и регионов успешно решают проблемы энергообеспечения на основе развития возобновляемой энергетики. Для интенсификации практического использования возобновляемых энергоресурсов в этих странах законодательно устанавливаются различные льготы для производителей «зеленой» энергии. Рассмотрена систематизация направлений повышения конкурентоспособности возобновляемых источников энергии на примере Йемена.

Ключевые слова: ветрогенератор, преобразование энергии, мощность, ветроэнергетический потенциал местности

Ветрогенераторная установка (ВЭУ) – устройство для преобразования кинетической энергии ветрового потока в механическую энергию вращения ротора с ее последующим преобразованием в электрическую энергию [1–3]. Основным параметром ветрогенератора является номинальная (установленная) мощность, необходимая для электроснабжения какого-либо объекта. Таким образом, ветрогенераторы можно классифицировать по мощности и выделить три основные группы:

- ВЭУ малой мощности;
- ВЭУ средней мощности;
- ВЭУ большой мощности.

В качестве примера рассмотрим расчет ВЭУ малой мощности.

Мощность ветроэнергетической установки зависит от ветроэнергетического потенциала места, где предлагается установка ветряка и объема электроэнергии, который должен вырабатываться.

1. Расчет ветроэнергетического потенциала.

Ветроэнергетический потенциал местности определяется как полная энергия ветрового потока на определенной высоте над поверхностью земли. Для расчета этой характеристики проводится анализ следующих характеристик:

- определение среднесуточной, среднемесячной и среднегодовой скорости ветра по данным метеонаблюдений за 5–10 лет;
- пересчет средней скорости ветра каждого месяца на предполагаемую высоту башни ветрогенератора;
- распределение скорости ветра на высоте оси ветрогенератора по градиентам для каждого месяца года;
- построение розы ветров для исследуемой местности.

Полученные данные позволяют вычислить значение средней скорости ветра в регионе для дальнейшего расчета мощности ветрогенератора.

2. Расчет потребляемой энергии.

На основе эксплуатационных данных объекта, которых необходимо обеспечить электроэнергией, высчитывается его пиковая мощность. Указываемая производителем техники мощность относится к пиковой и потребляется от сети только при полной нагрузке [4, 5]. Далее с использованием этого значения производится расчет среднесуточного электропотребления объекта [6–8]. На это значение необходимо ориентироваться при дальнейшем расчете номинальной (установленной) мощности ВЭУ.

Рассчитанные средняя скорость ветра в регионе установки ВЭУ и среднесуточное энергопотребление, впоследствии, используются для расчета мощности ВЭУ с учетом коэффициента преобразования энергии ветра, т.е. отношения величины механической энергии, развиваемой ветродвигателем, к полной энергии ветра, проходящей через охватываемую ветродвигателем площадь.

Мощность ветрогенератора можно также определить по диаметру рабочего винта и размаха лопастей установки, однако здесь тоже необходимо знание характеристик ветра на местности, где предполагается монтаж ВЭУ (т.е. ветроэнергетического потенциала). Следует обратить внимание на стандартную таблицу, показывающую соотношение мощности ветрогенератора и требуемого размаха лопастей винта, с помощью которой рассчитывается общая обдуваемая площадь лопастей винта.

Таким образом, мощность ветряной энергетической установки будет представлена как произведение плотности воздушных масс, общей обдуваемой площади лопастей винта, скорости воздушного потока и мощности потока воздуха. Последний параметр, кардинально влияющий на мощность ветрогенератора, то реальная мощность установки будет находиться недалеко от этого вычисленного значения.

Ветроэнергетические установки являются экологически чистым и безотходным средством выработки электроэнергии, а также позволяют работать независимо

от сети централизованного энергоснабжения, то есть автономно. Знание ветроэнергетических характеристик местности, объема необходимой для выработки энергии позволит корректно выбрать тип ветрогенератора и рассчитать его номинальную мощность.

Список литературы

1. Факиа Х. М. Исследование перспектив развития ветроэнергетики Республики Йемен // ЭНЕРГИЯ-2018. Тринадцатая междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых : в 6 т. Иваново : Иванов. гос. энерг. ун-т им. В. И. Ленина, 2018. С. 58.
2. Факиа Х. М. Направления повышения конкурентоспособности возобновляемых источников энергии // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. ст. по материалам VIII Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. Пенза : Изд-во ПГУ, 2021. С. 349–351.
3. Факиа Х. М. Применение ветроэнергетических установок в электроэнергетике Республики Йемен // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. ст. по материалам VIII Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. Пенза : Изд-во ПГУ, 2021. С. 352–354.
4. Листюхин В. А., Печерская Е. А. Автоматизированная информационно-измерительная система контроля параметров воздушных линий электропередачи // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. ст. по материалам VIII Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. Пенза : Изд-во ПГУ, 2021. С. 319–321.
5. Raksha S. V., Kondrashin V. I., Pecherskaya E. A., Nikolaev K. O. Functional materials for dye-sensitized solar cells // Журнал нано- и электронной физики. 2015. Т. 7, № 4. С. 04062.
6. Artamonov D. V., Golubkov P. E., Pecherskaya E. A. [et al.]. Methods of applying the reliability theory for the analysis of micro-arc oxidation process // Journal of Physics: Conference Series. 2018. № 1124 (8). P. 081014.
7. Zinchenko T., Pecherskaya E., Artamonov D. The properties study of transparent conductive oxides (TCO) of tin dioxide (ATO) doped by antimony obtained by spray pyrolysis // AIMS Materials Science. 2019. Vol. 6, № 2. P. 276–287.
8. Artamonov D. V., Baranov V. A., Pecherskaya E. A. [et al.]. Application of a hyper-complex impedance model for indirect measurements of materials parameters of functional electronics // International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM. IEEE Computer Society, 2019. P. 760–764.

УДК 62.5

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ВИХРЕВЫХ РАСХОДОМЕРАХ

Илья Александрович Шестаков

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрены вопросы, касающиеся методов улучшения метрологических характеристик вихревых расходомеров. Эти методы позволяют повысить точность нахождения частоты вихреобразования и обеспечить наилучшее соотношение сигнал/шум.

Ключевые слова: вихревой расходомер, вихри, метрологические характеристики, Вейвлет-преобразование, преобразование Гильберта–Хуанга, преобразование Фурье

Важной частью любого измерительного прибора является точность. Будь это домашний термометр или амперметр – важна точность измерений. Точность измерений – это близость измеренного значения к истинному значению измеряемой величины. Если рассматривать промышленные масштабы, то высокая точность измерительных приборов – это залог экономической стабильности. При измерении расхода газа или пара про этот параметр не стоит забывать. В данной статье речь пойдет о методах улучшения метрологических характеристик вихревых расходомеров.

Вихреакустические расходомеры работают следующим образом: происходит измерение времени прохождения акустических колебаний через вихревой поток [1]. В настоящее время вихреакустические расходомеры занимают 10 % мирового рынка среди большого количества расходомеров. Сейчас происходит внедрение в промышленность и вихреакустических расходомеров газ [1, 2]. Целью данной работы является рассмотрение методов улучшения метрологических характеристик данных расходомеров.

Выделю две группы улучшения метрологических характеристик. В первую группу будут входить методы, посвященные исследованию датчиков и устройств для обработки сигнала в вихревых расходомерах [3]. Эти методы позволяют повысить точность нахождения частоты вихребразования и обеспечить наилучшее соотношение сигнал/шум для сигналов, получаемых с датчика.

Эти методы ориентированы на следующие направления:

- 1) выбор наилучшего места установки сенсора;
- 2) усовершенствование аппаратных средств;
- 3) аппаратно-программные методы.

При выборе места установки датчика стоит учесть, что сенсор датчика должен располагаться в области максимального формирования вихревого потока для получения наиболее точного и полезного сигнала. Нахождение такого оптимального места установки решается путем моделирования и экспериментов [3, 4].

Если рассматривать метод повышения точности определения частоты вихребразования при помощи аппаратных средств, то существует два направления: применение фильтров и увеличение каналов измерения. При использовании фильтрующих элементов повышается соотношение сигнал/шум, данное соотношение особо значимо при измерении малых расходов. Однако достаточно внедрить адаптивный полосовой фильтр и данная задача решится. Для уменьшения шумовых составляющих, которые будут оказывать пагубное воздействие на сигнал достаточно увеличить количество каналов измерения в цепи обработки сигналов. Это повысит точность определения вихрей за счет возможности индивидуальной настройки цепи.

Интерес к аппаратно-программным методам повышения точности связан с развитием вычислительной мощности контроллеров [4]. Данные методы подразумевают применение определенной платформы, которая будет состоять из аналогово-цифрового преобразователя и микропроцессора с применением различных математических методов обработки цифровых данных [5–8]. Целесообразно выделить три более востребованных математических метода применимым к исследованию вихревых расходомеров: преобразование Гильберта–Хуанга, Вайвлет-преобразование и спектральный анализ, основанный на преобразовании Фурье [9].

Одним из наиболее распространенных и современных методов обработки является преобразование Гильберта-Хуанга. В ходе исследований было выявлено, что преобразование Гильберта-Хуанга позволяет расширить диапазон измерения расходомера в сторону малых расходов и значительно повысить точность измерения на малых расходах.

Также расширить диапазон измерения в области малых расходов позволяет Вайвлет-преобразование. Такую возможность дает то, что преобразование позволяет распознать и выделить полезный сигнал при большом уровне шума, а в области малых расходов шумовая составляющая может превосходить полезный сигнал.

Самым изученным методом является преобразование Фурье. Если использовать это преобразование в аппаратной части вихревого расходомера, то обеспечивается стабильное распознавание полезной информации о расходе на фоне шумов. Но применение классического преобразования Фурье, к сожалению, не дает возможности фиксации и учета изменения спектральных характеристик во времени. Это связано с тем, что данное преобразование не дает возможности отличить сигнал содержащий переключение частоты гармонической функции, от сигнала образованного суммой двух гармонических колебаний с разными частотами. Вайвлет-преобразование и преобразование Гильберта-Хуанга такого недостатка не имеют. Они предназначены для исследования и обработки нестационарных процессов в динамике, что очень важно при измерении расхода.

Рассматриваемые методы требуют достаточно мощных вычислительных компонентов и возможного усложнения конструкции расходомера, однако это экономически оправдывается в высокоточных и дорогостоящих расходомерах [10].

Ко второй группе отнесу методы, позволяющие повысить точность измерения расхода за счет правильного выбора функции преобразования расходомера.

Однако в настоящее время нет четких и универсальных алгоритмов для выбора функции преобразования средств измерений, но в определенных областях достигнуты успехи. К такой области можно отнести преобразователи давления. В этой области существуют методики, которые позволяют выбрать наиболее подходящие и простые функции преобразования для разных типов измерительных преобразователей давления.

Что касается вихревых расходомеров, то алгоритмические методы повышения точности расходомеров, за счет наиболее точной функции преобразования являются наиболее перспективными и наименее затратными.

Если рассматривать первый вихревой расходомер [11], то его конструкция значительно изменилась. Изначально все внимание исследователей было уделено на геометрию тел обтекания, для получения стабильных вихрей за телом обтекания [3]. Однако в ходе технического прогресса и вообще в ходе накопления опыта внимания исследователей уходит в сферу повышения точности определения частоты вихреобразования. Это привело к изменению конструкции устройств обработки сигналов и самого датчика [6].

В наше время существует большое множество конструкций вихревых расходомеров. И все внимание уделено на алгоритмические методы повышения точности расходомера. Детальное изучение принципа работы вихревого расходомера и структурированный анализ его конструкции позволяет повысить точность определения расхода не внося существенных изменений в его конструкцию. Требуется лишь изменение программы работы встроенного в расходомер микроконтроллера, что выгодно с экономической точки зрения.

Список литературы

1. Маштаков Б. П., Грикевич А. В. Вихревые расходомеры с телом обтекания. Перспективы вихревой расходомерии // Приборы и системы управления. 1990. № 12. С. 24–26.
2. Абрамов Г. С., Барычев А. В., Зимин М. И. Практическая расходомерия в промышленности. М. : ОАО ВНИИОЭНГ, 2000. 472 с.
3. Лапин А. П., Дружков А. М., Кузнецова К. В. Вихревой метод измерения расхода: история вопроса и направления исследований // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер.: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника.

- ника. 2014. № 3. С. 19–28. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vihrevoy-metod-izmereniya-rashoda-istoriya-voprosa-i-napravleniya-issledovaniy>
4. Даев Ж. А., Латышев Л. Н. Разработка алгоритма вычисления расхода газа для измерительно-вычислительного комплекса с вихревым преобразователем // Нефтегазовое дело. 2012. № 2. URL: <http://ogbus.ru/article/view/razrabotka-algoritma-vychisleniya-rasxoda-gaza-dlya-izmeritelno-vychislitelnogo-kompleksa-s-vixrevym-preobrazovatelem>
 5. Печерская Е. А., Бобошко А. В., Соловьев В. А. Методики принятия решений как составная часть интеллектуальной системы поддержки исследований материалов функциональной электроники // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2011. № 1. С. 229–231.
 6. Вихревые расходомеры // Прамень. Разработка и производство расходомеров, измерительных систем, поверочного оборудования. URL: <http://npropramen.ru/information/other-flowmeters/43-hydrodynamic-methods/10-vortex-flowmeters>
 7. Печерская Е. А. Математические модели предметной области при исследовании параметров материалов нано- и микроэлектроники // Университетское образование : сб. ст. XV Междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 50-летию полета первого космонавта Ю. А. Гагарина / под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. Пенза : Изд-во ПГУ, 2011. С. 436–438.
 8. Artamonov D. V., Golubkov P. E., Pecherskaya E. A. [et al.]. Methods of applying the reliability theory for the analysis of micro-arc oxidation process // Journal of Physics: Conference Series. 2018. № 1124 (8). P. 081014.
 9. Ryabov D. V., Pecherskaya E. A., Shepeleva J. V., Pecherskaya R. M. Automated method of measuring the temperature dependences of the dielectric parameters of ferroelectrics with second kind phase transition // Journal of Physics: Conference Series. 2014. Vol. 541, № 1. P. 012012.
 10. Богуш О. М., Макаров Д. Г., Пикалев Э. М., Толмачев С. А. Акустические пьезоэлектрические преобразователи для многолучевых ультразвуковых расходомеров газа / Научно-производственное предприятие «Пьезоэлектрик». URL: <https://www.piezoelectric.ru/files/Conf2015BogushPikalev.pdf>
 11. Вихревые расходомеры. Принцип действия, типы, методика поверки, области применения, комплектация // ЭМИС. Производство расходомеров. URL: <https://emiskip.ru/ru/company/sob/articles/vikhrevye-raskhodomery-printsip-deystviya-tipy-metodika-povertki-oblasti-primeneniya-komplektatsiya>

Секция 7

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ И ТРАНСПОРТЕ

УДК 621.3.032

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЧАСТОТНОГО ИНТЕГРИРУЮЩЕГО РАЗВЕРТЫВАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С УЧЕТОМ ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДЕФОРМАЦИИ ПРИ РАЗБАЛАНСЕ МОСТОВОЙ СХЕМЫ

*Вадим Сергеевич Волков¹,
Мария Сергеевна Конкина²*

^{1,2}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Проведено имитационное моделирование работы частотного преобразователя с учетом зависимости от температуры и деформации при разбалансе мостовой схемы, содержащей полупроводниковые тензорезистивные датчики, с применением в качестве средства проведения моделирования программного модуля для расчета аналитической зависимости частоты выходного сигнала частотного интегрирующего развертывающего преобразователя от температуры и деформации с учетом разброса параметров.

Ключевые слова: частотный интегрирующий развертывающий преобразователь, полупроводниковый тензомост, температурная погрешность, моделирование, разбаланс мостовой схемы

Частотные измерительные преобразователи параметров датчиков физических величин в частоту с применением методов интегрирующего развертывающего преобразователя (ЧИРП) получили широкое применение за счет ряда характеристик, а именно высокой помехоустойчивости сигнала, высокой точности физических измерений и удобства в эксплуатации [1–3].

При этом большинство разработок направлено на минимизацию температурной зависимости сопротивления и тензочувствительности полупроводниковых тензорезисторов, что, в свою очередь, может привести к дополнительной температурной погрешности [3, 4].

Рассмотрим тензопреобразователь, состоящий из МС, которая имеет в своем составе полупроводниковые тензорезисторы, интегратор на базе операционного усилителя ОУ₁ с емкостной отрицательной обратной связью, сравнивающее устройство СУ на базе ОУ₂ и дозирующий конденсатор С_д, представленный на рис. 1.

Известно, что вычисление аналитической зависимости частоты от температуры и деформации с учетом разброса параметров по следующей формуле [5]:

$$f(\Delta T) = \frac{R1(\Delta T) \cdot R4(\Delta T) - R2(\Delta T) \cdot R3(\Delta T)}{4 \cdot C_d \cdot Ri_0 \cdot (R1(\Delta T) - R2(\Delta T)) \cdot (R3(\Delta T) - R4(\Delta T)) \cdot (\gamma \cdot \Delta T + 1)} \quad (1)$$

Мультипликативная составляющая погрешности выходного сигнала вычисляется по формуле:

$$\Delta_0 = \frac{|\max(f_1) - \min(f_1)|}{\min(f_1)} 100. \quad (2)$$

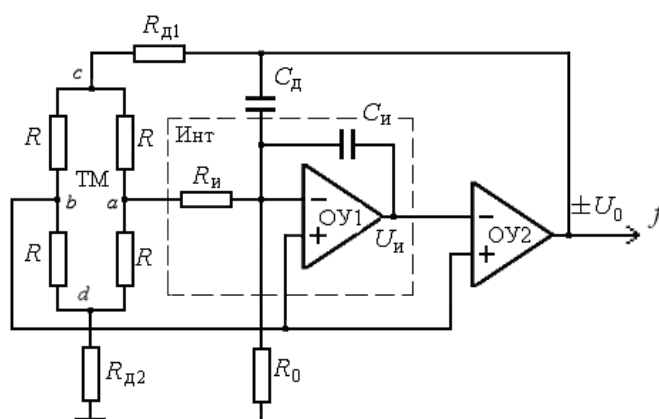


Рис. 1. Функциональная схема ЧИРП с мостовой схемой [1]

Аддитивная составляющая погрешности выходного сигнала находится по следующей формуле:

$$\Delta_1 = \frac{|\max(f_1) - f_0|}{f_0} 100. \quad (3)$$

Доказано [6, 7], что, согласно формулам 2 и 3, получены значения аддитивной составляющей погрешности выходного сигнала, равной $\Delta_1 = 7,258 \%$, и мультипликативной составляющей погрешности выходного сигнала, равной $\Delta_0 = 0,157 \%$.

На рис. 2 и 3, на основании результатов вычисления, представлены график аналитической зависимости частоты от температуры и деформации с учетом разброса параметров полупроводниковых тензорезисторов и учет влияния температуры на выходной сигнал ЧИРП.

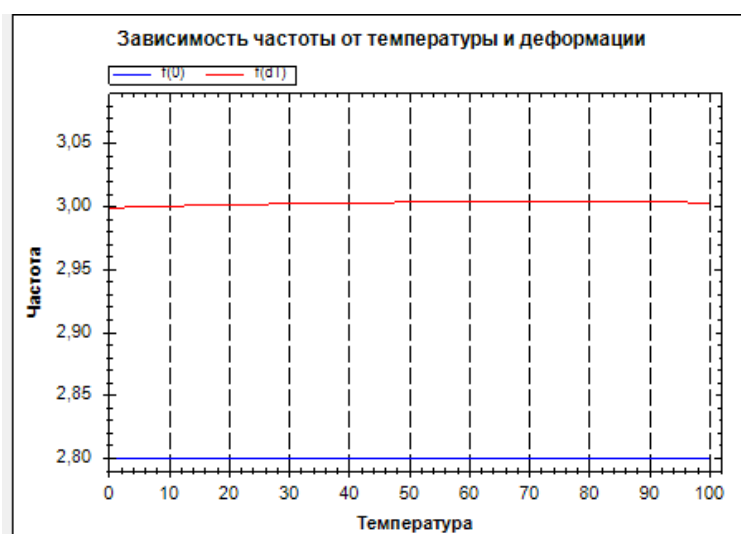


Рис. 2. График аналитической зависимости частоты от температуры и деформации с учетом разброса параметров полупроводниковых тензорезисторов

Исходные данные

Сопrotивление R1 Сопrotивление R2 Сопrotивление R3 Сопrotивление R4

Номинальное сопротивление Ri0 Номинальное напряжение U0 ТКС резистора

$\Delta T(\text{min})$ $\Delta T(\text{max})$ Шаг

Кoэффициент усиления k0 Относительное изменение сопротивления тензомоста ϵ

Кoэффициенты приращения ΔT

α_1
 α_2
 α_3
 α_4

Температурные коэффициенты частоты

γ_1
 γ_2
 γ_3
 γ_4
 γ

Частота f0, кГц

ΔT

f(ΔT), кГц

Рис. 3. Учет влияния температуры на выходной сигнал ЧИРП

Согласно проведенному имитационному моделированию работы частотного преобразователя с учетом зависимости от температуры и деформации при разбалансе мостовой схемы, содержащей полупроводниковые тензорезистивные датчики, при воздействии повышенной температуры при изменении ΔT от 0 °С до 100 °С, погрешность преимущественно аддитивная.

Список литературы

1. Громков Н. В. Интегрирующие развёртывающие преобразователи параметров датчиков систем измерения, контроля и управления : монография. Пенза : Изд-во ПГУ, 2009. 244 с.
2. Волков В. С., Кудрявцева Д. А., Вергазов И. Р. Современные направления развития преобразователей давления с частотным выходным сигналом // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2014. № 4 (10). С. 20–29.
3. Кучумов Е. В., Баринoв И. Н., Волков В. С. Струнный автогенераторный измерительный преобразователь на основе пьезоструктуры // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2014. № 2 (8). С. 58–65.
4. Волков В. С., Рыблова Е. А. Исследование влияния концентрации легирующей примеси на температурную зависимость тензочувствительности полупроводниковых тензорезисторов // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2017. № 2 (20). С. 40–47.
5. Волков В. С., Волкова Н. В., Конкина М. С. Анализ возможностей применения полупроводниковых тензорезисторов для построения частотных интегрирующих развёртывающих преобразователей механических величин в частоту // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2020. № 2 (32). С. 58–64.
6. Volkov V. S., Konkina M. S. Modeling frequency integrating unfolding converter operation taking into account technological variation in parameters – APITECH-II – 2020 // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1679. P. 042081 (1–6).
7. Volkov V. S., Konkina M. S. Modeling frequency integrating unfolding converter with a semiconductor strain gauge bridge taking into account temperature effect – APITECH-II – 2020 // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1679. P. 042066 (1–6).

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

*Татьяна Владимировна Глотова¹,
Дмитрий Николаевич Колесников²*

^{1,2}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрены вопросы построения моделей и выбора методов для информационной системы анализа данных дорожного движения, использующей данные устройств видеонаблюдения для фиксирования нарушений правил дорожного движения в целях эффективного управления дорожным движением и городским хозяйством на основе данных. Выполнен обзор применяемых моделей данных в рассматриваемой предметной области и предложена модель данных дорожного движения в виде метаграфа.

Ключевые слова: транспортный поток, анализ, управление на основе данных, информационная система

Современные дороги оснащены множеством различных систем слежения за элементами дорожно-транспортной инфраструктуры. Видеокамеры установлены, в основном, в целях фиксации нарушений скоростного режима, контроля проезда перекрестков, пешеходных переходов, остановки и парковки автомобилей. Полученные данные используются для выявления правонарушений в области безопасности дорожного движения; поиска и проверки транспортных средств; контроля перевозок грузов и движения транспорта с превышением весогабаритных параметров. Разрабатываются информационные системы, которые в режиме реального времени предоставляют возможность для контроля дорожной обстановки, управления транспортными потоками и предупреждения пробок с использованием динамических светофоров и дорожных знаков, реверсивных полос, динамических табло и панелей [1–5]. В Пензе в рамках проекта «Умный город» [6] разрабатывается автоматизированная система городского паркинга, которая позволит получать информацию о загруженности и стоимости парковок в реальном режиме и управление платными парковками. Также планируется использовать технологии компьютерного зрения и нейронные сети для автоматизации учёта пассажиропотоков городского транспорта.

На основе анализа данных систем слежения можно получить следующие данные [3, 4, 7, 8]: количество машин на участке движения в зависимости от времени суток, дня недели и сезона; количество машин в очереди у светофора; количество проезжающих машин; наполняемость уличных парковок и её зависимость от времени. Можно рассчитать макроскопические характеристики транспортного потока, такие как средняя скорость потока, объем потока (количество транспортных средств в час), плотность потока (количество транспортных средств на км), средняя занятость полосы, длина транспортных средств, среднее время ожидания проезда и длина очереди перед перекрёстком.

Для проектирования информационных систем эффективного управления на основе данных необходимы математические модели, позволяющие адекватно описывать реальные ситуации и обрабатывать данные, собранные в автоматическом режиме для адаптивного управления. В статье [2] анализируются макроскопические, микроскопические и мезоскопические модели и предложен метод оценки влияния дорожных условий, организационных и погодных факторов на характеристики

транспортных потоков с использованием подхода data-driven. Макроскопическая модель описывает транспортные потоки в терминах усредненных характеристик: плотности, интенсивности и средней скорости. Микроскопические модели описывают движение каждого транспортного средства индивидуально. Мезоскопические модели позволяют оценивать как микро, так и макропоказатели. Для исследования поведения транспортного потока в различных ситуациях в модели вводят дополнительные параметры [2–4]: плотности насыщения и затора, время прохождения участка, равного длине транспортного средства, движущегося со скоростью свободного движения, дистанция, которая уменьшается с увеличением скорости (при одной и той же плотности), ограничение скорости в городе. Модель улично-дорожной сети формируется из множества участков различных типов с набором атрибутов (перегонов, перекрестков, тоннелей, путепроводов, железнодорожных переездов, пешеходных переходов) как множества дуг и множества узлов. Используется фундаментальная диаграмма, которая определяется через максимальную пропускную способность дороги, скорость свободного движения и скорость распространения затора [2].

К настоящему моменту уже накоплены огромные массивы данных, для обработки которых используются технологии больших данных. Использование современных технологий управления на основе данных позволяет повысить качества управления, как дорожного движения, так и всей городской инфраструктуры. Но для этого необходим системный подход к решению задач управления и интегрированный подход к организации собираемых данных.

Однако, отмечается в [9], отсутствуют полноценные электронные модели дороги (САПР-модели по итогам проектирования или ГИС-модели по результатам исполнительной съёмки, паспортизации или кадастрового учёта). Интегрированное использование данных отдельных элементов городской среды в рамках концепции единого цифрового двойника [10] города в настоящее время является трудно решаемой задачей. В статье [11] отмечается нерациональное использование информации, которая уже зафиксирована камерами и предлагается разработка информационной системы, которая обеспечит системный подход для использования данных с камер видеонаблюдения. Для анализа данных используется модель ориентированного графа, на ребрах которого определены веса с различными показателями дорожного движения и геоинформационная модель участка дороги.

При использовании данных с камер видеонаблюдения необходимо хранить как файлы с необработанными данными, так и накапливаемые данные дорожного движения в базе данных для оперативного анализа, которые, возможно, являются уже результатом предварительной обработки для подсчета макроскопических показателей транспортных потоков и дополнительных параметров. С точки зрения системного подхода к решению задач управления транспортными потоками и городской инфраструктурой для реализации интегрированного подхода к организации собираемых данных предлагается использовать модель в виде метаграфа. Метаграф [12, 13] – это упорядоченная пара множество вершин и множество ребер графа, где каждое ребро метаграфа соединяет два подмножества множества вершин. Если ребро метаграфа является направленным, то граф является ориентированным метаграфом. Метавершина включает вложенный фрагмент метаграфа в дополнение к свойствам вершины. Наличие у метавершин собственных атрибутов и связей с другими вершинами — важная особенность метаграфов [13]. Вложенные метаграфы являются отражением общей системной концепции к описанию сложных объектов [12]. Основным преимуществом использования метаграфов называют свойство метавершин аннотировать существующие вершины и связи дополнительными вершинами, без разрушения существующих семантических элементов и без перестроения

отношения между ними. При изменении целей информационной системы с помощью метавершин можно гибко достраивать семантику информационной системы для реализации требуемых изменений [13]. Метавершины такой модели будут аннотировать существующие вершины и связи ориентированного графа дорожного движения с возможным вычислением и добавлением дополнительных параметров, например рейтинга дороги, и специальных связей с элементами городской инфраструктуры. Рейтинг дороги может вычисляться как методом сведения векторной многокритериальной оценки к скалярному значению, так и методами машинного обучения.

Метаграф позволяет естественным образом моделировать сложные и вложенные иерархические зависимости информационных систем анализа данных дорожного движения, рассматривать и анализировать данные на различных уровнях детализации, подключая различные аспекты. Метаграфовая модель хорошо соответствует семантической модели предметной области базы данных «сущность-связь», которая наиболее часто используется на первых этапах проектирования информационных систем. На следующих этапах проектирования представление в виде метаграфа позволит легко перейти к использованию различных моделей данных для реализации баз данных информационной системы, как традиционной реляционной модели данных, так и современных графовых и документно-ориентированных моделей.

Список литературы

1. Обозначены перспективы реализации проекта «Умный город» в Пензе / Информационное агентство «PenzaNews». URL: <https://penzanews.ru/it/134143-2019> (дата обращения: 01.02.2021).
2. Головинин О. К. Управляемый данными анализ транспортных потоков в различных дорожных условиях. URL: <http://repo.ssau.ru/bitstream/Informacionnye-tehnologii-i-nano-tehnologii/Upravlyaemyi-dannymi-analiz-transportnyh-potokov-v-razlichnyh-dorozhnyh-usloviyah-75702/1/paper65.pdf> (дата обращения: 20.01.2021).
3. Шумков А. Г., Бояршинов М. Г., Васькина Е. В. Характеристики транспортного потока на основе данных камер видеofиксации нарушений правил дорожного движения. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42341003&> (дата обращения: 27.01.2021).
4. Бояршинов М. Г., Вавилин А. С., Шумков А. Г. Фурье-анализ интенсивности транспортного потока // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2021. № 4. С. 46–59. URL: http://intellekt-izdanie.osu.ru/arch/2021_4_46.pdf (дата обращения: 12.02.2022).
5. Программный модуль «ПОТОК». URL: <http://fvf-rbs.ru/produkt/sbor-dannyh-i-monitoring-potoka-ts.html> (дата обращения: 12.02.2022).
6. В Пензе апробируют новейшие разработки в области транспорта. URL: <https://russoft.org/news/v-penze-aprobiruyut-novejshie-razrabotki-v-oblasti-transporta/> (дата обращения: 25.01.2021).
7. Горев А. Э. Основы теории транспортных систем. URL: https://www.spbgasu.ru/documents/docs_231.pdf (дата обращения: 02.02.2021).
8. Видеоаналитика: термины, сферы применения, технологии / Интеллектуальное видеонаблюдение 2020/07/20. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 12.02.2022).
9. Скворцов А. В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим же занимаемся? URL: [https://indorsoft.ru/about/persons/SkvortsovAV/publications/2014/SkvortsovAV-2014-01.Article-CADGIS\(BIM-for-roads\).pdf](https://indorsoft.ru/about/persons/SkvortsovAV/publications/2014/SkvortsovAV-2014-01.Article-CADGIS(BIM-for-roads).pdf) (дата обращения: 21.01.2021).
10. Концепция построения цифрового двойника города. URL: <https://vestnik.susu.ru/cmi/article/view/10198/8179> (дата обращения: 26.01.2021).
11. Колесников Д. Н. Информационная система анализа данных дорожного движения // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. ст.

по материалам VIII Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. (г. Пенза, 17 марта 2021 г.) / под ред. Л. Р. Фионовой. Пенза : Изд-во ПГУ, 2021. С. 363–365.

12. Астанин С. В., Драгныш Н. В., Жуковская Н. К. Вложенные метаграфы как модели сложных объектов // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4-2. С. 76. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vlozhennye-metagrafy-kak-modeli-slozhnyh-obektov> (дата обращения: 12.02.2022).
13. Самохвалов Э. Н., Ревунков Г. И., Гапанюк Ю. Е. Использование метаграфов для описания семантики и прагматики информационных систем // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». 2015. № 1 (100). С. 83–89. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-metagrafov-dlya-opisaniya-semantiki-i-pragmatiki-informatsionnyh-sistem> (дата обращения: 12.02.2022).

УДК 629.04

АДАПТИВНАЯ ПОДСВЕТКА ПРИБОРНОЙ ПАНЕЛИ АВТОМОБИЛЯ

*Артём Вячеславович Курганов¹,
Андрей Геннадьевич Буянов²*

^{1,2}Центр детского творчества, г. Кузнецк, Россия

Аннотация. Рассмотрено устройство, помогающее водителю контролировать скорость движения автомобиля в соответствии с правилами дорожного движения.

Ключевые слова: автомобиль, превышение скорости, ДТП

Ежегодно на дорогах России в ДТП погибает огромное количество людей. Согласно статистики ГИБДД [1] одной из основных причин ДТП с тяжелыми последствиями является превышение разрешенной скорости движения автомобиля. И если сознательное игнорирование требований дорожных знаков происходит от отсутствия культуры вождения и излишней самоуверенности, то непреднамеренное порождается рядом других факторов. В частности: повышением качества покрытия автомобильных дорог и улучшением подвески современного автомобиля, позволяющее двигаться с большей скоростью при отсутствии дискомфорта; появлением мощных и малошумных двигателей, по поведению которых очень сложно уловить момент выхода скоростного режима за рамки разрешенного, и рядом других объективных факторов.

Особенно актуально это при движении в темное время суток на загородных дорогах, когда уменьшается видимое количество ориентиров, позволяющих адекватно воспринимать реальную скорость движения. Вполне естественно, что в подобной ситуации контроль возможен только по показаниям спидометра. Но именно в темное время суток часто переводить взгляд с дороги на приборную панель нежелательно.

В этой статье я предлагаю одно из возможных решений данной проблемы. Необходимо менять цвет подсветки приборной панели в зависимости от скорости движения. Ведь для восприятия цвета подсветки нет необходимости отвлекаться от дороги. Она прекрасно воспринимается боковым зрением.

Анализ рынка показал, что подобных решений в автомобилях на данный момент не существует [2]. Исходя из этого, была сформулирована цель: разработать

устройство, помогающее водителю следить за скоростью движения автомобиля не отвлекаясь от дороги. Вместе с целью были сформулированы задачи:

- Провести теоретические исследования возможности разработки подобного устройства.
- Изготовить прототип устройства для проверки его работоспособности.

После изучения соответствующей документации, находящейся в свободном доступе, стало понятно, что для определения скорости движения не потребуется вносить какие-либо существенные изменения и дополнительные элементы в конструкцию автомобиля. Возможно использование установленного в машине штатного датчика скорости (ДСА). Все ДСА работают по одному принципу: выдают определенное количество импульсов на один метр перемещения автомобиля.

В ходе работы была проанализирована информация о работе ДСА автомобиля ВАЗ-2190 GRANTA [3]. Был рассчитан коэффициент преобразования, связывающий между собой скорость движения и количество импульсов ДСА. Результатом анализа стала таблица, в которой показана связь скорости движения, частоты импульсов ДСА и цвета подсветки.

Взаимосвязь скорости движения автомобиля, частоты импульсов ДСА и цвета подсветки приборной панели.

Цвета подсветки были выбраны исходя из того соображения, что они хорошо знакомы водителям по сигналам светофоров и проблесковых маячков автомобилей ГИБДД [4, 5].

Для создания прототипа был использован микроконтроллер Arduino Nano, так как на современном этапе это самая быстрая платформа для создания макета опытного образца [6]. В качестве элементов подсветки в опытном образце была применена обычная RGB лента. Поскольку внесение изменений в конструкцию автомобиля запрещено «Техническим регламентом...», было принято решение для имитации ДСА использовать функциональный генератор.

В заключении хотелось бы сказать, что мне удалось выполнить поставленные задачи. Подсветка изготовленного прототипа плавно изменяется от белого до мигающего красного, в зависимости от поступающих в соответствии с табл. 1 импульсов с функционального генератора.

Таблица 1

Скорость	Частота	Цвет
До 40 км/ч		Белый (серый)
От 40 км/ч	$40 * 1,67 = 66,8$ Гц	Зеленый
От 60 км/ч	$60 * 1,67 = 100,2$ Гц	Жёлтый
От 90 км/ч	$100 * 1,67 = 167$ Гц	Красный
Более 110 км/ч	$125 * 1,67 = 183,7$ Гц	Мигающий красный

Изучив принцип работы электронного блока управления и панели приборов современного автомобиля (на примере Ваз 2190 GRANTA) был сделан вывод о том, что внедрение подобного устройства не потребует значительных изменений в конструкции приборной панели. Потребуется замена одноцветных светодиодов подсветки на RGB светодиоды и изменение микропрограммы контроллера панели приборов. Требуется также предусмотреть возможность отключения данной функции для движения по автомагистралям, где разрешена более высокая скорость движения.

Список литературы

1. Основные причины ДТП. URL: <https://avtoshkola-drive.ru/content/7-osnovnyk-hprichin-DTP/> (дата обращения: 21.09.2021).

2. Журнал NovaInfo. URL: <https://novainfo.ru/> (дата обращения: 21.09.2021).
3. Техническая информация по датчику скорости. URL: https://electro-stavr.ru/?about=1&id_tovar=10040 (дата обращения: 21.09.2021).
4. Выбор цветов на светофоре. URL: <https://mirfactov.com/pochemu-svetofor-imeet-krasnyy-zhyoltyy-i-zelyonyy-tsveta-a-ne-lyubyie-drugie/> (дата обращения: 21.09.2021).
5. Психология восприятия цвета. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 21.09.2021).
6. Работа с ARDUINO. URL: <http://arduino.ru/forum/proekty/shestiimpulsnyi-datchik-skorosti-i-arduino-uno> (дата обращения: 21.09.2021).

УДК 534.86; 534.2:532

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ АКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

*Александр Васильевич Рудин¹,
Илья Александрович Рубцов²*

^{1,2}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Приведено описание устройства и принципа действия ультразвукового интерферометра переменной акустической базы, предназначенного для прецизионного измерения скорости распространения и коэффициента поглощения продольных ультразвуковых волн в жидких средах в температурном интервале от +20 до +60 °С на фиксированной частоте 7,0 МГц. Также приведены результаты экспериментальных исследований температурной зависимости скорости распространения и коэффициента поглощения продольных ультразвуковых волн на фиксированной частоте 7,0 МГц в моторных минеральных маслах типа Shell Helix Ultra 5W-30 в зависимости от степени их эксплуатации и пробега автомобиля. Установлено, что скорость продольных ультразвуковых волн во всех исследованных объектах с увеличением температуры убывает по нелинейному закону с двумя характерными изломами. Температурная зависимость коэффициента поглощения имеет вид асимметричного контура с явно выраженным максимумом. С увеличением степени эксплуатации моторного масла – пробега автомобиля – графические кривые температурных зависимостей акустических параметров монотонно смещаются в область увеличения акустических параметров.

Ключевые слова: ультразвуковые волны, акустический интерферометр, акустическая камера, волновод, пьезоэлектрический преобразователь, моторные масла, скорость, коэффициент поглощения, температурная зависимость

Введение

Минеральные и синтетические масла широко применяются в качестве смазочных жидкостей во всех современных двигателях внутреннего сгорания различного класса автотранспортных средств. В процессе эксплуатации двигателя моторные масла подвергаются воздействию больших давлений и высоких температур. Это приводит к существенному изменению вязкоупругих параметров смазочных масел и загрязнению механическими примесями и нерастворимыми продуктами горения топлива. Кроме того, параметры смазочных масел существенно зависят от износа

и работоспособности основных узлов двигателя внутреннего сгорания. Таким образом, параметры смазочных моторных масел находятся в прямой корреляции с состоянием и работоспособностью двигателя внутреннего сгорания автотранспортного средства. Исследуя зависимость вязкоупругих параметров моторного масла от степени загрязненности механическими примесями и нерастворимыми продуктами горения топлива можно сделать однозначное заключение о состоянии основных узлов и работоспособности двигателя автотранспортного средства.

Исследование температурной зависимости вязкоупругих параметров жидких сред удобно проводить методом ультразвуковых измерений на высоких частотах. Это обусловлено существенной зависимостью скорости распространения и коэффициента поглощения продольных ультразвуковых волн на высоких частотах от вязкоупругих параметров жидких сред [1].

Измерение скорости распространения и коэффициента поглощения продольных ультразвуковых волн в жидких средах на высоких частотах с высокой точностью можно проводить методом акустического интерферометра переменной акустической базы [2]. Относительная погрешность измерения скорости распространения продольных волн данным методом составляет $\sim 0,01\%$, а коэффициента поглощения – 5% , что полностью отвечает современным требованиям, предъявляемым к измерительным ультразвуковым приборам.

1. Описание акустического интерферометра

Блок-схема акустического интерферометра переменной акустической базы для измерения скорости распространения и коэффициента поглощения продольных ультразвуковых волн в моторных маслах в интервале температур от $+20$ до $+60$ °С на частоте 7 МГц приведена на рис. 1.

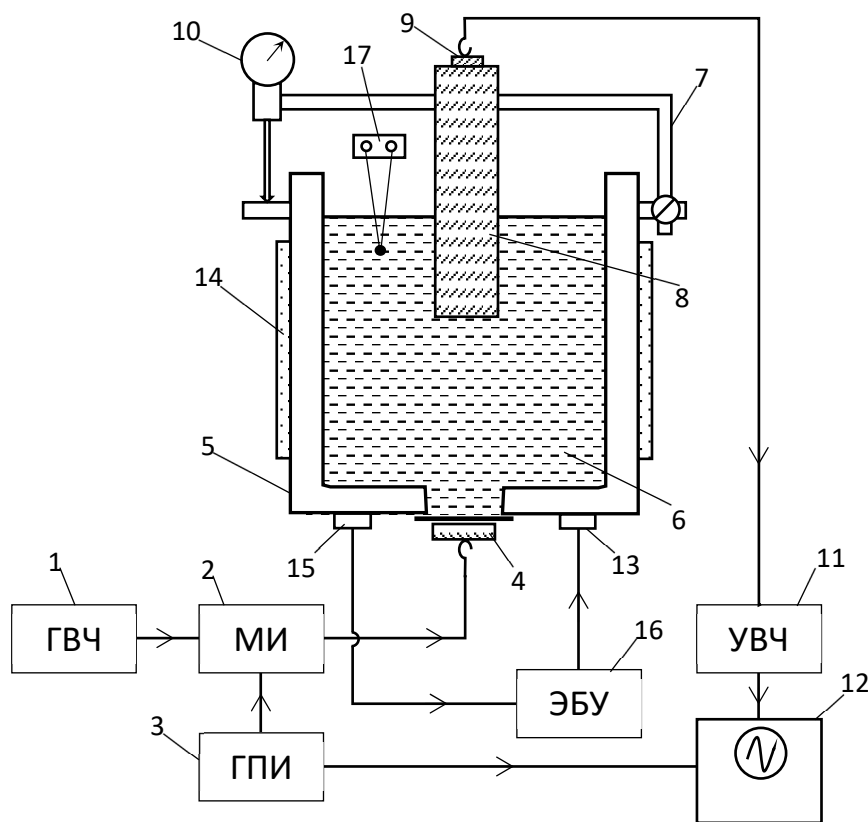


Рис. 1. Блок-схема акустического интерферометра переменной акустической базы

Акустический интерферометр состоит из следующих элементов: генератора высокой частоты 1 с кварцевым резонатором на 7 МГц, модулятора импульсов высокой частоты 2, генератора прямоугольных импульсов 3, пьезоэлектрического излучателя ультразвуковых импульсов 4, термостатируемой акустической камеры 5, заполненной исследуемой жидкостью 6, винтового механизма 7, волновода 8, пьезоэлектрического приемника ультразвуковых импульсов 9, микрометрического измерителя перемещения волновода 10, усилителя высокой частоты 11, резонансного типа, электронного осциллографа 12, электрического нагревательного элемента 13, теплоизолирующей оболочки 14, резистивного датчика температуры 15, электронного блока управления (ЭБУ) и установки заданной температуры 16, термпарного датчика температуры 17, конструктивные особенности которых подробно описаны в работе [3].

Скорость распространения ультразвуковых волн в исследуемой среде рассчитывается по известной формуле [2]:

$$v = \frac{2\ell}{n} \cdot f \quad (1)$$

где f – частота ультразвуковых волн, ℓ – расстояние между 1-м и n -м максимумом (или минимумом) стоячей волны.

Коэффициент поглощения ультразвуковых волн рассчитывается по следующей логарифмической формуле [2]:

$$\alpha = \frac{1}{\Delta\ell} \cdot \ln \frac{U_o}{U} \quad (2)$$

где U_o и U – амплитуда акустического радиоимпульса (в милливольтках) до и после изменения акустической базы на величину $\Delta\ell$.

Относительная погрешность измерения скорости распространения продольных ультразвуковых волн составляет $\epsilon_v = 0,02 \%$, а коэффициента поглощения – не превышает $\epsilon_\alpha = 4,5 \%$. Установка и измерение температуры исследуемого масла в акустической камере осуществляется с точностью до $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$.

2. Результаты экспериментальных измерений

В качестве исследуемых объектов использовано типичное моторное минеральное масло, типа Shell Helix Ultra 5W-30, которое широко используются при эксплуатации различного вида автотранспорта.

В табл. 1 приведены экспериментальные результаты температурной зависимости скорости распространения и коэффициента поглощения продольных ультразвуковых волн на частоте 7 МГц в исследуемых минеральных моторных маслах, отобранных из картера двигателя внутреннего сгорания, после определенной длины пробега автомобиля.

Таблица 1

Номер образца	Пробег, автомобиля, тыс. км	Пробег, масла, км	$t \text{ }^\circ\text{C}$	$v, \text{ м/с}$	$\alpha, \text{ м}^{-1}$
Э	0	0	303	1400	95
Э	0	0	308	1397	89
Э	0	0	313	1382	231
Э	0	0	318	1366	161
Э	0	0	323	1353	135
Э	0	0	328	1340	147

Номер образца	Пробег, автомобиля, тыс. км	Пробег, масла, км	t°, C	$v, м/с$	$\alpha, м^{-1}$
1	10	1082	303	1402	88
1	10	1082	308	1399	79
1	10	1082	313	1385	118
1	10	1082	318	1370	193
1	10	1082	323	1355	160
1	10	1082	328	1345	129
2	11	2167	303	1406	82
2	11	2167	308	1402	77
2	11	2167	313	1390	134
2	11	2167	318	1374	215
2	11	2167	323	1358	129
2	11	2167	328	1349	79
3	12	3267	303	1411	85
3	12	3267	308	1404	121
3	12	3267	313	1394	214
3	12	3267	318	1376	168
3	12	3267	323	1363	134
3	12	3267	328	1355	134
4	13	4467	303	1415	117
4	13	4467	308	1408	182
4	13	4467	313	1397	228
4	13	4467	318	1380	174
4	13	4467	323	1369	139
4	13	4467	328	1360	136

На рис. 1 и 2 приведены температурные зависимости скорости распространения и коэффициента поглощения продольных ультразвуковых волн в исследуемых объектах – минеральных моторных маслах для различных длин пробегов автомобиля и интервала эксплуатации минерального масла.

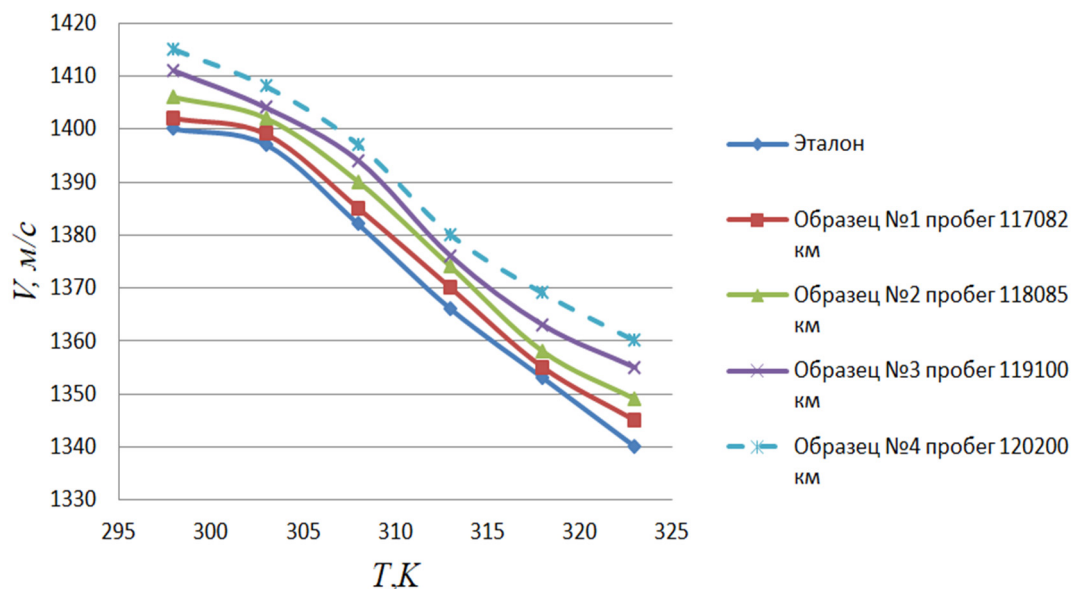


Рис. 1. Зависимость скорости распространения ультразвуковых волн в исследуемых объектах от температуры и длины пробега автомобиля

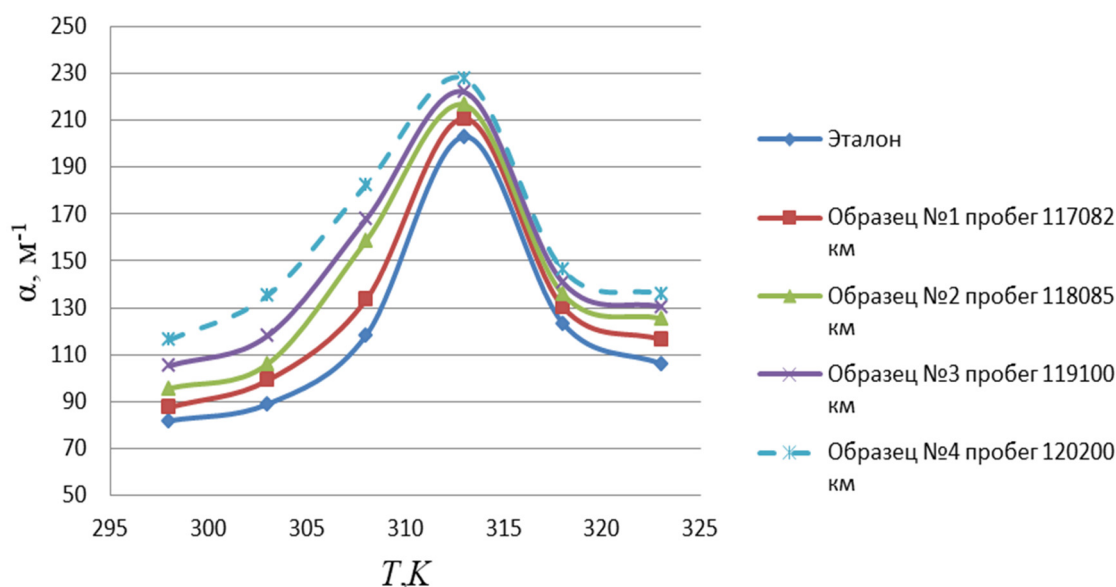


Рис. 2. Зависимость коэффициента поглощения ультразвуковых волн в исследуемых объектах от температуры и длины пробега автомобиля

Как видно из рис. 1 скорость распространения продольных ультразвуковых волн во всех исследованных объектах с увеличением температуры убывает по нелинейному закону, которые характеризуются двумя областями перегиба линейных участков температурной зависимости. С увеличением пробега автомобиля и интервала эксплуатации масла графические кривые температурных зависимостей скорости ультразвуковых волн монотонно смещаются вдоль оси скорости в сторону увеличения величины скорости, пропорционально длине пробега автомобиля.

Температурная зависимость коэффициента поглощения ультразвуковых волн, как это следует из рис. 2, имеет вид асимметричного контура с явно выраженным максимумом. С увеличением степени эксплуатации моторного масла – пробега автомобиля, графические кривые температурных зависимостей коэффициента поглощения для всех исследованных объектов монотонно смещаются вдоль оси поглощения в сторону увеличения величины коэффициента поглощения, пропорционально длине пробега автомобиля.

Заключение

Теоретический анализ полученных результатов экспериментальных измерений показал, что температурные зависимости акустических параметров достаточно хорошо описываются нелокально-диффузионной теорией Исаковича-Чабан для сильно вязких жидкостей [1].

Увеличение величины скорости распространения и коэффициента поглощения ультразвуковых волн во всех исследуемых объектах с увеличением интервала эксплуатации масла и пробега автомобиля обусловлено уменьшением модуля объемной упругости моторного масла, вследствие загрязнения механическими примесями и нерастворимыми продуктами горения топлива.

Из полученных результатов экспериментальных исследований установлено, что акустические параметры продольных ультразвуковых волн находятся в прямой корреляции с степенью загрязненности моторных масел механическими примесями и нерастворимыми продуктами горения топлива, а также от характера износа и работоспособности основных узлов двигателя внутреннего сгорания автотранспортного средства.

Список литературы

1. Чабан И. А. К вопросу о нелокально-диффузионной теории распространения волн в сильновязких жидкостях // Акустический журнал. 1980. Т. 26, вып. 2. С. 288–292.
2. Колесников А. Е. Ультразвуковые измерения. М. : Изд-во стандартов, 1970. 238 с.
3. Рудин А. В., Горбунов А. И., Апакин Д. А. Акустическая спектроскопия жидких сред методом интерферометра переменной длины // Проблемы автоматизации и управления в технических системах : сб. ст. XXXII Междунар. науч.-техн. конф. (г. Пенза, 6–8 июня 2017). Пенза : Изд-во ПГУ, 2017. Т. 1. С. 268–271.

УДК 608.2

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА НА ТЕРРИТОРИИ ВУЗА

*Виталина Викторовна Эпп¹,
Дарья Игоревна Стародубова²,
Дмитрий Сергеевич Сорокин³*

^{1,2,3}Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрены особенности создания информационного обеспечения для систем, где необходимо распознавание автомобильного номера.

Ключевые слова: информационное обеспечение, система контроля доступа, распознавание автомобильного номера

В современном мире постоянно возрастает потребность в обеспечении безопасности посредством контроля доступа на территорию учреждения. Развитие информационных технологий позволяет спроектировать систему, которая будет не только более эффективно выполнять данную задачу, но иметь дополнительные функции, которые тяжело реализовать без автоматизации системы.

Системы контроля и управления доступом являются неотъемлемой частью успешного и эффективного решения задачи по защите информации от несанкционированного доступа.

Большая часть повсеместно используемых СКУД эффективно справляется с контролем доступа людей. Иначе дело обстоит с системами доступа для автотранспорта. Это связано с тем, что требования к таким системам сильно отличаются от тех, которые реализуются для контроля доступа человека.

СКУД транспорта должен решать задачи:

- а) организации пропускного режима;
- б) контроля перемещения транспорта через контрольно-пропускные пункты;
- в) недопущение на территорию автотранспорта, у владельцев которых отсутствуют права доступа.

В данной работе, будет рассматриваться СКУД политехнического института Пензенского государственного университета.

В настоящий момент, на территории политехнического института располагается три КПП для автомобилей:

- а) центральная проходная;

б) проходная 7-го корпуса;

в) проходная 1-го корпуса.

Контроль доступа организуется вручную, то есть непосредственно сотрудниками КПП, без использования электронных баз данных. То есть данные КПП не связаны между собой, и каждая проходная работает локально.

Для предоставления прав доступа, человек должен обратиться в бюро пропусков, где данные вносятся на бумажный носитель в конец списка. Исходя из этого, нельзя гарантировать безотказную работу системы при утрате данных.

Данный метод хранения информации не представляет возможным выполнение какой-либо сортировки записей. Так же сбор статистики по работе КПП может оказаться очень затруднительным.

При въезде транспорта на КПП, сотрудник должен сверить номер автомобиля со списком разрешенных к проезду, после чего разрешить проезд и открыть ворота или поднять шлагбаум. Процедура пропуска одного автомобиля может занимать от 5 до 10 мин. Следовательно, прохождение автомобилем одного из КПП может занимать достаточно большое количество времени даже без учета задержек и непредвиденных ситуаций. Можно сделать вывод о том, что эффективность работы системы контроля в большей степени зависит от человеческого фактора, а также стоит учитывать то, что сотрудник может случайно пропустить транспорт, который не имеет разрешения на проезд.

Автоматизация контроля доступа позволит ускорить процесс пропуска автомобилей, упростить работу сотрудников, а также сделать данный процесс более контролируемым, посредством внесения данных о въезде и выезде в базу данных. Как следствие, сбор статистики и формирование отчетов не будут затруднены.

Развитие информационных технологий позволяет разработать такую систему без больших затрат ресурсов.

Одним из наиболее распространённых средств контроля над автомобильным транспортом является индикация через уникальные номерные знаки, предоставляемые для каждого автомобиля и закрепленные за определенными лицами или организациями в государственном реестре. Автоматическая индикация номеров должна проводиться посредством оптического устройства, не зависимо от искажающих факторов, таких как: физические особенности, погодные условия, применение отражающих средств и т.д., а также с минимальным участием человека.

Задача непосредственного распознавания номера решается при помощи специфических методов, к которым, в частности, относятся методы классификаторов и нейронных сетей.

В разрабатываемом проекте за основу взяли использование библиотеки OpenCV версии 2.4.2 для локализации номера и библиотеки Tesseract OCR версии 3.02 для распознавания номера.

Скорость обработки картинок связкой OpenCV + Tesseract OCR достаточна, но вероятность ошибки очень велика. Разрабатываемая система сведет вероятность ошибки к минимуму. Что позволит увеличить безопасность и скорость распознавания номера, и, следовательно, сократит время ожидания сотрудника на КПП.

Разрабатываемая система позволяет использовать данные библиотеки в системах распознавания в режиме реального времени. Будем использовать более ресурсоемкий, но при этом более надежный алгоритм поиска, ограничивающего номер прямоугольника. Алгоритм ищет прямоугольники на картинке, затем отсекает ненужные. Критерием отсеивания будет соотношение сторон авто номера, а также его наполненность черными пикселями после процедуры бинаризации.

Созданная модель вариантов использования для проектируемой системы представлена на рис. 1.

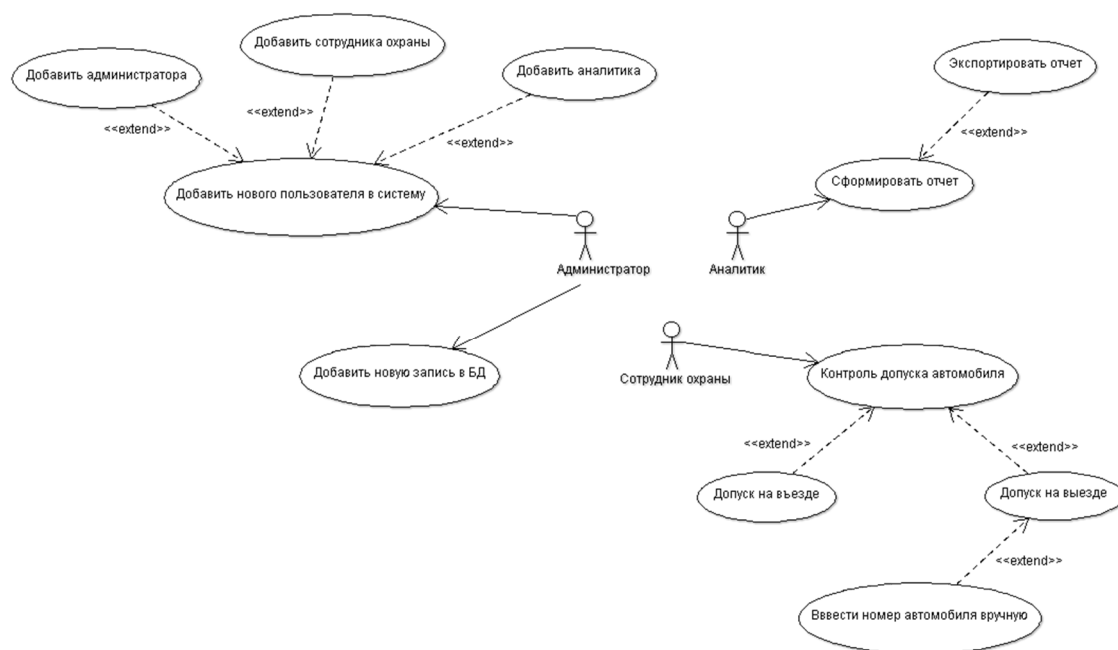


Рис. 1. Модель вариантов использования

Графическое представление работы системы, позволило более детально отобразить ее взаимодействие с пользователями и более точно определить требования, предъявляемые информационному обеспечению.

Список литературы

1. Эпп В. В. Качество и тестирование программного обеспечения : учеб. пособие. Пенза : Изд-во ПГУ, 2012.
2. Бедердинова О. И., Кремлева Л. В., Протасова С. В. Моделирование информационных систем на платформе SOFTWARE IDEAS MODELER : учеб. пособие. М. : ИНФРА-М, 2019.

УДК 65.014.12

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ВХОДЯЩЕЙ КОРРЕСПОНДЕНЦИЕЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

**Наталия Борисовна Баканова¹,
Мария Юрьевна Матянина²**

^{1,2} Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Аннотация. Рассмотрено применение различных методов многокритериальной оптимизации для поиска наиболее эффективной модели управления процессом работы с входящей корреспонденцией в организации.

Ключевые слова: документ, документооборот, многокритериальная оптимизация, критерии оптимизации, входящая корреспонденция

В любой организации осуществляется работа с входящей корреспонденцией. Порядок действий с документами может варьироваться в различных фирмах. Для оптимизации документопотока можно исследовать оперограммы моделей движения поступающих на имя руководителя документов с различными приёмами работы.

- Традиционный бумажный документооборот.
- Система электронного документооборота (СЭД) с автоматизированным или нет рабочим местом руководителя.
- Централизованная регистрация документов.
- Децентрализованная регистрация документов.

Схема управления процессом работы с входящими документами в организации может включать следующие этапы:

1. Приём документов
2. Первичная обработка
3. Предварительное рассмотрение
4. Регистрация
5. Передача на рассмотрение высшему руководству
6. Рассмотрение высшим руководством
7. Составление резолюции
8. Постановка на контроль
9. Передача в структурное подразделение
10. Рассмотрение руководителем структурного подразделения
11. Передача исполнителю
12. Исполнение
13. Передача по завершении исполнения для дальнейшей обработки
14. Внесение сведений об исполнении
15. Передача информации для снятия с контроля
16. Снятие с контроля
17. Помещение в дело на хранение

Эти этапы движения входящих документов являются исходными данными для выбора критериев оптимальности.

Исходя из данных этапов движения входящих документов можно выделить критерии оптимизации схемы управления процессом работы с входящими документами в организации.

- Количество этапов прохождения документа по схеме процесса управления
- Количество мест исполнения этапов работы с документом
- Количество пересылки документа между местами работы с документом
- Общие затраты времени на работу с документом
- Затраты на работу канцелярии, чел./ч
- Затраты на работу группы высшего руководства, чел./ч
- Затраты на работу в подразделении исполнителя, чел./ч
- Затраты времени на передачу документа между местами работы с ним, чел./ч
- Руководитель может работать в СЭД
- Автоматизация документооборота

Задача принятия решения стоит в выборе рациональной схемы управления входящей корреспонденцией с заданными основными техническими характеристиками.

Математическая модель такой задачи выглядит следующим образом:

$$\min Q(x)$$

Так как значения критериев оптимизации могут выражаться в различных величинах, необходимо провести их нормализацию. Для приведения частных критериев оптимальности к безразмерному типу можно использовать линейное преобразование, сохраняющее отношения предпочтения на множестве численных оценок.

$$\Psi_i(Q_i(x)) = \bar{Q}_i(x) = \frac{Q_i(x) - Q_i^-}{Q_i^+ - Q_i^-}(\beta - \alpha) + \alpha,$$

$$Q_i^+ = \max_{x \in D} Q_i(x); Q_i^- = \min_{x \in D} Q_i(x); Q_i^+ \neq Q_i^-, i = \overline{1, 10}; \alpha = 0, 1, \beta = 1.$$

В процессе определения области компромиссов следует исключить те схемы, над векторными критериями которых полностью доминирует какой-либо другой векторный критерий. Соответствующие области компромиссов значения параметров x образуют область решений, оптимальных по Парето $D_p \subset D$:

$$D_k = \left\{ \left\{ Q \in D_Q \mid \exists Q^* (Q^* \in D_Q, Q^* \neq Q) : Q_i \leq Q_j, i = \overline{1, 10} \right\} \right\},$$

$$D_p = \{ x \in D \mid Q(x) \in D_k \}.$$

Оптимизируя схему управления входящей корреспонденцией с помощью метода выделения главного критерия необходимо понимать, что решение задачи оптимизации прямо зависит от экспертной расстановки приоритетов. В случае выбора в качестве главного критерия общих затрат времени на работу с документами Q_4

$$\min_{x \in D'} Q_4(x),$$

$$D' = D \cap \{ x \mid Q_i(x) \leq Q_i^0, i = (1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10) \}.$$

Для других критериев устанавливаются пороговые значения.

В результате решение задачи оптимизации позволит сделать выбор в пользу автоматизированного документооборота с централизованной системой регистрации документов.

Решение задачи оптимизации методом свёртывания векторного критерия также зависит от экспертных весовых коэффициентов. Если в качестве наиболее значимых критериев выбрать общие затраты времени на работу с документом, возможность работы в СЭД руководителя и затраты времени на передачу документа между местами его обработки; вторыми по значимости – затраты времени на работу канцелярии и в подразделении исполнителя; то, используя в качестве скалярной функции метода следующий аддитивный критерий оптимальности

$$F_\Sigma(w, Q(x)) = \sum_{i=1}^{10} w_i Q_i(x),$$

наиболее эффективной также будет являться модель автоматизированного документооборота с централизованной системой регистрации документов.

Для «идеального» решения задачи оптимизации выбора модели управления работой с поступающими документа необходимо задать значения критериев:

$$Q_i^* \leq \min_{x \in D} Q_i(x), i = \overline{1, 10}.$$

Таким образом имеем $Q^* = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)$.

Можно использовать обобщённый критерий оптимальности вида:

$$F = \sum_{i=1}^{10} (Q_i(x) - Q_i^*)^2.$$

В этом случае, применяя метод «идеальной» точки для наиболее оптимального выбора схемы маршрута движения входящих документов, наиболее оптимальным выбором будет являться модель с использованием СЭД и автоматизированным рабочим местом руководителя, где он сам может выполнять процедуру занесения резолюции в систему.

Лепестковая диаграмма, построенная на множестве нормированных частных значений критериев оптимизации, представленная на рисунке 1 наглядно показывает, что наилучшим выбором близким к «идеальному» решению будет тот вариант, который имеет наименьшую площадь близкую к центру диаграммы.



Рис. 1. Лепестковая диаграмма оценки схемы управления процессом работы с входящими документами в организации

Таким образом решение задачи выбора наиболее эффективной модели процесса управления работой с входящими документами в организации можно решить с помощью различных методов многокритериальной оптимизации. При этом нужно помнить, что результаты могут быть разными, так как для многих таких методов характерна прямая зависимость от расстановки экспертом приоритетов важности критериев оптимизации исходя из конкретной цели.

Список литературы

1. Акулич И. Л. Математическое программирование в примерах и задачах : учеб. пособие. СПб. : Лань, 2011. 352 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/2027>

Сведения об авторах

Агапова Валерия Александровна – студентка, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Александров Владимир Сергеевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Анисимов Александр Дмитриевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Антипенко Владимир Викторович – аспирант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Арбузова Анастасия Андреевна – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Ащеулов Игорь Олегович – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Баканова Анастасия Александровна – студентка, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Баканова Наталия Борисовна – ведущий программист кафедры «Информационное обеспечение управления и производства», магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Балашова Ирина Юрьевна – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Математическое обеспечение и применение ЭВМ», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Баракова Евгения Юрьевна – студентка, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Барминов Максим Витальевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Барсуков Никита Иванович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Батрова Яна Сергеевна – студентка, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Безделова Елена Васильевна – учитель информатики высшей категории, Средняя общеобразовательная школа № 32, г. Пенза

Беляков Арсений Михайлович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Березовская Ольга Сергеевна – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Бителева Анастасия Олеговна – студентка, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Бонич Иван Александрович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Бурукина Ирина Петровна – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Системы автоматизированного проектирования», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Буянов Андрей Геннадьевич – педагог дополнительного образования, Центр детского творчества города Кузнецка, г. Кузнецк

Варламова Ольга Евгеньевна – студентка, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Васин Егор Андреевич – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Верховский Михаил Владимирович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Войнов Артём Сергеевич – аспирант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Войнова Дарья Александровна – студентка, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Волик Артём Вячеславович – аспирант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Волков Вадим Сергеевич – к.т.н., доцент кафедры «Приборостроение», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Гайнулин Расим Рафикович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Глотова Татьяна Владимировна – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Системы автоматизированного проектирования», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Голобокова Елена Михайловна – старший преподаватель кафедры «Информационно-вычислительные системы», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Горбаченко Владимир Иванович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Компьютерные технологии», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Гордеева Анастасия Анатольевна – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Горожанин Ярослав Александрович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Гресик Максим Витальевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Грибков Дмитрий Николаевич – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Гришин Евгений Валентинович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Губанова Ольга Андреевна – студентка, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Гурьянов Лев Вячеславович – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Математическое обеспечение и применение ЭВМ», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Дзюба Елена Анатольевна – старший преподаватель кафедры «Математическое обеспечение и применение ЭВМ», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Дубинин Алексей Викторович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Дубинин Виктор Николаевич – д.т.н., профессор кафедры «Вычислительная техника», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Дугина Юлия Николаевна – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Дунаев Владислав Юрьевич – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Дьячков Даниил Александрович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Живодрова Анастасия Дмитриевна – студентка, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Журина Ангелина Евгеньевна – инженер-исследователь кафедры «Информационно-измерительная техника и метрология», магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Залетова Виола Олеговна – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Захарова Наталия Алексеевна – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Здобнов Сергей Александрович – аспирант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Земляков Владислав Дмитриевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Зенин Олег Константинович – д.м.н., профессор, профессор кафедры «Анатомия человека», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Зинченко Тимур Олегович – аспирант, инженер-исследователь кафедры «Информационно-измерительная техника и метрология», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Иванов Алексей Петрович – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Технические средства информационной безопасности», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Иванов Максим Сергеевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Ильин Кирилл Алексеевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Каташов Антон Эдуардович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Катышева Марина Александровна – старший преподаватель кафедры «Информационное обеспечение управления и производства», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Качурина Кристина Сергеевна – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Киреев Богдан Павлович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Князев Виктор Николаевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Математическое обеспечение и применение ЭВМ», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Кобзев Максим Игоревич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Колесников Дмитрий Николаевич – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Конкина Мария Сергеевна – преподаватель среднего специального образования, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Корнев Григорий Евгеньевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Кошелев Максим Сергеевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Кревский Михаил Игоревич – магистрант, Московский физико-технический институт (НИУ), г. Долгопрудный, Московская область, ГКУ города Москвы «Информационный город», г. Москва

Крупкина Виктория Вячеславовна – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Кудашов Александр Сергеевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Курганов Артём Вячеславович – обучающийся Центра детского творчества города Кузнецка, г. Кузнецк

Ланцов Андрей Сергеевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Липилин Олег Владимирович – к.т.н., преподаватель кафедры «Информационная безопасность систем и технологий», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Ликсин Сергей Сергеевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Листюхин Владислав Александрович – аспирант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Лукин Всеволод Дмитриевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Максов Андрей Анатольевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Мали Владимир Александрович – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Информационная безопасность систем и технологий», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Мартынов Илья Сергеевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Маслов Владимир Алексеевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Информационное обеспечение управления и производства», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Матянина Мария Юрьевна – инженер кафедры «Информационное обеспечение управления и производства», магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Мельникова Ульяна Михайловна – студентка, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Михалев Андрей Геннадьевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Математическое обеспечение и применение ЭВМ», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Муромский Дмитрий Александрович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Негматуллоева Ясмينا Шухратовна – студентка, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Нефедьев Дмитрий Иванович – д.т.н., профессор кафедры «Информационно-измерительная техника», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Никулин Дмитрий Сергеевич – студент, Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза

Нинская Дарья Сергеевна – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Персиков Егор Андреевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Печерская Екатерина Анатольевна – д.т.н., заведующий кафедрой «Информационно-измерительная техника и метрология», заместитель декана факультета информационных технологий и электроники по научной работе, научный секретарь научно-технического совета, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Писарев Аркадий Петрович – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Информационно-вычислительные системы», заместитель декана факультета вычислительной техники, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Полонская Татьяна Сергеевна – студентка, Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, г. Орёл

Полянская Ульяна Павловна – студентка, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Попова Наталия Александровна – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Математическое обеспечение и применение ЭВМ», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Попченкова Татьяна Николаевна – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Потапов Владимир Владимирович – к.м.н., ассистент кафедры анестезиологии, заведующий отделом хроматографических исследований Центральной научно-исследовательской лаборатории, Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького, г. Донецк

Рассыпнова Екатерина Алексеевна – студентка, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Ратанов Андрей Леонидович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Рубцов Илья Александрович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Рудин Александр Васильевич – к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры «Физика», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Ручкин Михаил Алексеевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Садовников Георгий Павлович – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Сальников Егор Владимирович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Самуйлов Сергей Владимирович – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Математическое обеспечение и применение ЭВМ», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Самуйлова Светлана Валентиновна – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Высшая и прикладная математика», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Сенокосов Илья Владимирович – инженер, Научно-техническое предприятие «Криптософт», г. Пенза

Сорокин Дмитрий Сергеевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Стародубова Дарья Игоревна – студентка, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Стенькин Павел Александрович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Сумин Владислав Алексеевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Тепин Константин Сергеевич – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Терякова Юлия Валерьевна – ведущий программист кафедры «Информационно-вычислительные системы», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Токарев Денис Вячеславович – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Трофимов Алексей Анатольевич – д.т.н., доцент, профессор кафедры «Информационно-измерительная техника и метрология», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Тузова Диана Евгеньевна – студентка, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Факиа Хуссейн Мохаммед Ибрахим Али – аспирант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Феоктистова Оксана Дмитриевна – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Фионова Людмила Римовна – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Информационное обеспечение управления и производства», декан факультета вычислительной техники, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Хлынов Василий Николаевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Храпова Екатерина Евгеньевна – магистрант, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Шеманаев Кирилл Андреевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Шестаков Илья Александрович – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Шибанов Сергей Владимирович – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Математическое обеспечение и применение ЭВМ», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Шлепнев Ярослав Сергеевич – студент, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Шокорова Нина Николаевна – доцент, доцент кафедры «Информационное обеспечение управления и производства», Пензенский государственный университет, г. Пенза

Эпп Виталина Викторовна – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Системы автоматизированного проектирования», Пензенский государственный университет, г. Пенза

СОДЕРЖАНИЕ

С е к ц и я 1. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, СЕТИ И КОМПЛЕКСЫ

<i>Васин Е. А.</i> О СОСТАВЛЕНИИ ПРАВИЛ ДЛЯ ФИЛЬТРАЦИИ WEB-АДРЕСОВ	3
<i>Войнов А. С., Сенокосов И. В.</i> СРАВНЕНИЕ МАШИН ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА ДЛЯ ОНТОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ	6
<i>Войнов А. С., Сенокосов И. В.</i> СРАВНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЯЗЫКОВ ЗАПРОСОВ ДЛЯ ОНТОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ.....	9
<i>Горожанин Я. А.</i> ОБРАБОТКА ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА. ВОЗМОЖНОСТИ ПАКЕТА БИБЛИОТЕК NLTK.....	11
<i>Земляков В. Д., Ланцов А. С.</i> КРОССПЛАТФОРМЕННАЯ СРЕДА РАЗРАБОТКИ МИКРОПРОГРАММ ДЛЯ K1804	15
<i>Кревский М. И.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА ДЛЯ ВЕКТОРИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ В PROCESS MINING	19
<i>Негматуллоева Я. Ш.</i> ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСФОКУСИРОВАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ	22
<i>Нинская Д. С.</i> УСКОРЕНИЕ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЕТЕКТОРОМ КАННИ С ПОМОЩЬЮ ГРАФИЧЕСКОГО ПРОЦЕССОРА	25
<i>Садовников Г. П.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДСТРОЙКИ СЕТЕВЫХ ЧАСОВ ПО ПРОТОКОЛУ RTP	28

С е к ц и я 2. ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТООБОРОТ

<i>Баракова Е. Ю.</i> АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ПРИМЕНЕНИЮ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАБОТЕ С ОБРАЩЕНИЯМИ ГРАЖДАН	31
<i>Катышева М. А., Батрова Я. С.</i> ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОФОРМЛЕНИЯ ПАСПОРТА	34
<i>Захарова Н. А.</i> АНАЛИЗ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫХ АКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ, ЗАТРАГИВАЮЩИХ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА	36
<i>Фионова Л. Р.</i> К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНИКА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАНДАРТА ДЕЛОПРОИЗВОДИТЕЛЯ.....	39
<i>Фионова Л. Р.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БУХГАЛТЕРА	43
<i>Шокорова Н. Н., Феоктистова О. Д.</i> ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АРХИВОВ	46

Секция 3. АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

<i>Барсуков Н. И., Беляков А. М., Войнова Д. А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА В ЗАДАЧАХ С НЕСКОЛЬКИМИ БЛУЖДАЮЩИМИ ТОРГОВЦАМИ	50
<i>Дунаев В. Ю., Балашова И. Ю.</i> АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О РЮКЗАКЕ БЕЗ ЦЕННОСТЕЙ ПРЕДМЕТОВ	53
<i>Дьячков Д. А., Кудашов А. С., Агапова В. А., Самуйлов С. В.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НАХОЖДЕНИЯ НА ДВУМЕРНОЙ ПЛОСКОСТИ ТОЧКИ, БЛИЖАЙШЕЙ К ЗАДАННОЙ	56
<i>Залетова В. О.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СТРУКТУРНОЙ БИОИНФОРМАТИКЕ	60
<i>Лукин В. Д., Верховский М. В., Киреев Б. П.</i> СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА ДЕКАРТОВА ПРОИЗВЕДЕНИЯ ГРАФОВ.....	63
<i>Самуйлов С. В., Самуйлова С. В.</i> СРАВНЕНИЕ И АНАЛИЗ СПОСОБОВ РЕАЛИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ОПЕРАЦИЙ НАД МНОЖЕСТВАМИ	66

Секция 4.1. СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<i>Агапова В. А., Кудашов А. С., Дьячков Д. А., Дзюба Е. А.</i> ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛЕКТОР КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПОСОБ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ	69
<i>Ащеулов И. О., Князев В. Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОЦИФРОВЩИКОВ КНИГ ЭЛЕКТРОННОЙ НАУЧНОЙ БИБЛИОТЕКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	73
<i>Баканова А. А., Шибанов С. В.</i> ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ И АЛГОРИТМЫ	76
<i>Бителева А. О., Михалев А. Г.</i> ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНАТОРНЫХ МЕТОДОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПЕРЕБОРНОГО ХАРАКТЕРА	79
<i>Гришин Е. В., Гурьянов Л. В.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЯЗЫКА КОТЛИН В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ	83
<i>Бонич И. А., Мартынов И. С., Дзюба Е. А.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ НА ОСНОВЕ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЙ	85
<i>Попова Н. А., Храпова Е. Е.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД	87
<i>Ратанов А. Л.</i> ВЫБОР ФРЕЙМВОРКА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРИЛОЖЕНИЯ, ОРИЕНТИРОВАННОГО НА КОМПЛЕКСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ УМНОЙ ТЕХНИКОЙ	89
<i>Тепин К. С., Михалев А. Г., Князев В. Н.</i> ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В ЭЛЕКТРОННОЙ ТОРГОВЛЕ	91

<i>Хлынов В. Н.</i> НАЗНАЧЕНИЕ НЕРЕЛЯЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ REDIS И ЕЁ ОСОБЕННОСТИ	94
<i>Шибанов С. В., Ликсин С. С.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОРГАНИЗАЦИИ СЕРВЕРОВ ПРИЛОЖЕНИЙ	96
<i>Шлепнев Я. С., Шибанов С. В.</i> СТРАТЕГИИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ИСПОЛНЕНИЯ АКТИВНЫХ ПРАВИЛ В СИСТЕМАХ ПОТОКОВОЙ ОБРАБОТКИ СОБЫТИЙ	99

С е к ц и я 4.2. СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<i>Арбузова А. А.</i> ДИАГНОСТИКА COVID-19 ПО РЕНТГЕНОВСКИМ СНИМКАМ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	104
<i>Бурукина И. П., Никулин Д. С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОТОКОЛОВ ICMP	106
<i>Фионова Л. Р., Катъшева М. А., Варламова О. Е.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПЛАТФОРМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ	110
<i>Горбаченко В. И., Потапов В. В., Грибков Д. Н., Зенин О. К.</i> НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ПО ТЕНЗИОМЕТРИЧЕСКОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ КРОВИ	114
<i>Дугина Ю. Н., Крупкина В. В., Писарев А. П.</i> АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ, ПРАВОВЫХ И ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	117
<i>Кобзев М. И., Дубинин В. Н.</i> КОНВЕРТЕР АВТОМАТНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ В ФУНКЦИОНАЛЬНО-БЛОЧНЫЕ МОДЕЛИ МОНИТОРОВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ	120
<i>Крупкина В. В., Дугина Ю. Н., Писарев А. П.</i> АНАЛИЗ БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ СЕТЕВОГО МАРКЕТИНГА	123
<i>Мельникова У. М., Маслов В. А.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯРНЫХ КОНСТРУКТОРОВ САЙТОВ	126
<i>Муромский Д. А., Дубинин А. В., Ручкин М. А.</i> ПРОГРАММА ДЕТЕРМИНИЗАЦИИ И КОНВЕРТАЦИИ АВТОМАТНЫХ МОДЕЛЕЙ В ФОРМАТ GraphML	129
<i>Писарев А. П., Терякова Ю. В., Голобокова Е. М.</i> ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ САЙТА С СОВРЕМЕННЫМ WEB-ДИЗАЙНОМ	132
<i>Писарев А. П., Терякова Ю. В., Березовская О. С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ СОЗДАНИЯ ГАРМОНИЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕРФЕЙСА WEB-САЙТА	135
<i>Ручкин М. А., Дубинин А. В., Дубинин В. Н.</i> КОНВЕРТЕР АВТОМАТНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ В ФУНКЦИОНАЛЬНО-БЛОЧНЫЕ МОДЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ	137

Секция 5. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

<i>Барминов М. В.</i> АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО КАНАЛУ ПОБОЧНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ И НАВОДОК. ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ	140
<i>Гайнулин Р. Р., Иванов А. П.</i> АНАЛИЗ БИОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ АУТЕНТИФИКАЦИИ	142
<i>Гордеева А. А.</i> УПРАВЛЕНИЕ ИНЦИДЕНТАМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ИНЦИДЕНТА	145
<i>Живодрова А. Д.</i> ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ	148
<i>Иванов М. С.</i> АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЩИЩЕННЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ, СОДЕРЖАЩЕЙ СВЕДЕНИЯ, СОСТАВЛЯЮЩИЕ ГОСУДАРСТВЕННУЮ ТАЙНУ	150
<i>Корнев Г. Е., Литилин О. В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КРИПТОПРОВАЙДЕРОВ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ СЕМЕЙСТВА WINDOWS	153
<i>Мали В. А., Кошелев М. С.</i> ВИРТУАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	155
<i>Персигов Е. А.</i> ЦИФРОВАЯ СТЕГАНОГРАФИЯ И КРИПТОГРАФИЯ. ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ВНЕДРЕНИЯ В ФОТОАППАРАТУРУ	157
<i>Полянская У. П.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ТРАКТА ВВОДА КЛЮЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ УСТРОЙСТВА КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ	159
<i>Сальников Е. В., Безделова Е. В.</i> ВЗЛОМ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ UNITY ПРИЛОЖЕНИЙ	161
<i>Стенькин П. А.</i> ОБЗОР ПРОГРАММ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАДАЧ ПРИ РАБОТЕ С АППАРАТУРОЙ С ФУНКЦИЕЙ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ	163
<i>Сумин В. А.</i> КАЛЬКУЛЯТОР ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНТРОПИИ КОДОВ ОТКЛИКОВ НЕЙРОСЕТЕЙ НА ПРИМЕРЕ РУКОПИСНОГО ОБРАЗА «ЧУЖОЙ» В ПРОСТРАНСТВЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ ИХ РАЗРЯДОВ	165
<i>Шеманаев К. А., Губанова О. А., Литилин О. В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДВЕРЖЕННОСТИ L-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПО ГОСТ 34.12–2015 С ДЛИНОЙ БЛОКА 128 БИТ АТАКАМ ПО ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ	168

Секция 6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ, ЭЛЕКТРОНИКЕ И ЭНЕРГЕТИКЕ

<i>Александров В. С.</i> АЛГОРИТМ ПОИСКА МАКСИМАЛЬНЫХ ПАРОСОЧЕТАНИЙ	171
---	-----

<i>Антипенко В. В., Печерская Е. А.</i> РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА РАДИОЧАСТОТНОЙ АБЛЯЦИИ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ЭФФЕКТОМ ДОСТИЖЕНИЯ ТРАНСМУРАЛЬНОСТИ	175
<i>Волик А. В.</i> ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛА	177
<i>Гресик М. В., Полонская Т. С.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОИЗВОДСТВА «ПОВЫШЕННОГО РИСКА»: ТЕНДЕНЦИЯ ВНЕДРЕНИЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	180
<i>Журина А. Е.</i> ЗАВИСИМОСТЬ ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ И ПРОВОДИМОСТИ ПОСТОЯННОГО ТОКА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ СЕМЕЙСТВА ЛАНГАСИТА	182
<i>Журина А. Е., Тузова Д. Е.</i> РАЗВИТИЕ ЗАИНТЕРЕСОВАННОСТИ В НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЯХ	185
<i>Зинченко Т. О.</i> МЕТОДЫ МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ ОКСИДОВ НА ОСНОВЕ ЦИНКА	188
<i>Зинченко Т. О.</i> РАССЕЯНИЕ В ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ ОКСИДАХ	191
<i>Зинченко Т. О.</i> УРОВЕНЬ НЕЙТРАЛЬНОСТИ ЗАРЯДА В ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ ОКСИДАХ	194
<i>Ильин К. А., Максов А. А., Нефедьев Д. И.</i> ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЧАШИ АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	197
<i>Ильин К. А., Максов А. А., Нефедьев Д. И.</i> ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ДАЛЬНИЕ РАССТОЯНИЯ	202
<i>Качурина К. С.</i> КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕМЕННОГО РЕЗИСТОРА ПРИ ПРИЕМКЕ НА ИСПЫТАНИЯ	206
<i>Листюхин В. А., Печерская Е. А.</i> К ВОПРОСУ О ВНЕДРЕНИИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	208
<i>Листюхин В. А., Печерская Е. А.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ	211
<i>Нефедьев Д. И., Анисимов А. Д., Каташов А. Э.</i> БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА	213
<i>Рассыпнова Е. А.</i> ПРИРОДА ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСТВА НА МОНОКРИСТАЛЛАХ	216
<i>Трофимов А. А., Здобнов С. А., Попченкова Т. Н., Токарев Д. В.</i> К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕКСТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ	220
<i>Тузова Д. Е.</i> БИОМЕТРИЯ – МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ЧЕЛОВЕКА	224
<i>Факиа Х. М. И. А.</i> МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ	227

<i>Шестаков И. А.</i> МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ВИХРЕВЫХ РАСХОДОМЕРАХ	229
--	-----

**С е к ц и я 7. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В МАШИНОСТРОЕНИИ И ТРАНСПОРТЕ**

<i>Волков В. С., Конкина М. С.</i> ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЧАСТНОГО ИНТЕГРИРУЮЩЕГО РАЗВЕРТЫВАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С УЧЕТОМ ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДЕФОРМАЦИИ ПРИ РАЗБАЛАНСЕ МОСТОВОЙ СХЕМЫ	233
<i>Глотова Т. В., Колесников Д. Н.</i> МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ	236
<i>Курганов А. В., Буянов А. Г.</i> АДАПТИВНАЯ ПОДСВЕТКА ПРИБОРНОЙ ПАНЕЛИ АВТОМОБИЛЯ	239
<i>Рудин А. В., Рубцов И. А.</i> УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ АКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОТОРНЫХ МАСЕЛ	241
<i>Эпп В. В., Стародубова Д. И., Сорокин Д. С.</i> РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА НА ТЕРРИТОРИИ ВУЗА	246
<i>Баканова Н. Б., Матянина М. Ю.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ВХОДЯЩЕЙ КОРРЕСПОНДЕНЦИЕЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ	248
Сведения об авторах	252

Научное издание

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ.
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Сборник статей по материалам
IX Всероссийской научно-практической конференции

г. Пенза, 16 марта 2022 г.

*Под редакцией **Фионовой** Людмилы Римовны*

Все материалы представлены в авторской редакции

Корректор *Е. П. Мухина*
Технический редактор *М. Б. Жучкова*
Компьютерная верстка *М. Б. Жучковой*
Дизайн обложки *А. Е. Журиной*

Подписано в печать 20.06.2022.
Формат 60×84¹/₈. Усл. печ. л. 30,69.
Тираж 100. Заказ № 363.

Пенза, Красная, 40, Издательство ПГУ
Тел.: (8412) 66-60-49, 66-67-77; e-mail: iic@pnzgu.ru