



МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»  
(СибГУТИ)

УРАЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ (ФИЛИАЛ) в г. ЕКАТЕРИНБУРГЕ  
(УрТИСИ СибГУТИ)

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ (УрГУПС), г. ЕКАТЕРИНБУРГ

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР), г. ТОМСК

# **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КОГНИТИВНАЯ ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ**

**Сборник научных трудов VII Всероссийской научно-  
практической конференции**

Екатеринбург  
2021



Уральский технический  
институт связи  
и информатики

VII Всероссийская научно-практическая  
конференция «Информационные технологии и  
когнитивная электросвязь»  
»

**Научные направления:**

- Инфокоммуникационные технологии и системы связи
- Системы электросвязи специального назначения

**Партнёры:**



СИБИРСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ  
И ИНФОРМАТИКИ

СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И  
ИНФОРМАТИКИ (СибГУТИ), г. НОВОСИБИРСК



ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР), г. ТОМСК

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники



УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ  
(УрГУПС), г. ЕКАТЕРИНБУРГ

УДК 378+621.391

ББК 74.58 + 32.88-01

Информационные технологии и когнитивная электросвязь. VII Всероссийская научно-практическая конференция;

Сб. науч. ст. в 1 т. / Под ред. Шувалова В.П.;

Сост.: М.П. Карачарова

УрТИСИ СибГУТИ, 2021. 93 с.

#### ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель:

*Минина Е. А.*, кандидат технических наук, директор УрТИСИ СибГУТИ (г. Екатеринбург, Россия);

Заместитель председателя:

*Будылдина Н. В.*, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой инфокоммуникационных технологий и мобильной связи УрТИСИ СибГУТИ;

Члены программного комитета:

*Овчинников Д. А.*, старший преподаватель кафедры инфокоммуникационных технологий и мобильной связи УрТИСИ СибГУТИ;

*Волынская А. В.*, кандидат технических наук, доцент, начальник Управления обеспечения образовательного процесса УрГУПС;

*Рогожников Е. В.*, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой Телекоммуникаций и основ радиотехники ТУСУР, директор регионального центра компетенций Национальной технологической инициативы (НТИ) по Сибирскому, Уральскому и Дальневосточному федеральным округам по направлению «Технологии беспроводной связи и Интернета вещей»;

*Попова К. Ю.*, кандидат физико-математических наук, доцент, декан Радиотехнического факультета ТУСУР.

#### ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ УрТИСИ СибГУТИ

Председатель:

*Поршнев С. В.*, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры инфокоммуникационных технологий и мобильной связи УрТИСИ СибГУТИ;

Члены организационного комитета:

*Будылдина Н. В.*, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой инфокоммуникационных технологий и мобильной связи УрТИСИ СибГУТИ;

*Гниломёдов Е. И.*, зав. кафедрой многоканальной электрической связи УрТИСИ СибГУТИ;

*Денисов Д. В.*, кандидат технических наук, зав. кафедрой информационных систем и технологий УрТИСИ СибГУТИ

*Куанышев В. Т.*, кандидат физико-математических наук, доцент, зав. кафедрой высшей математики и физики УрТИСИ СибГУТИ

*Карачарова М. П.*, начальник методического отдела УрТИСИ СибГУТИ

В сборник включены доклады, выполненные в рамках VII Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии и когнитивная электросвязь» по актуальным научным направлениям совершенствования и перспективного развития современных инфокоммуникационных технологий и систем связи, информационной безопасности, информационных технологий и защите информации.

Материалы статей, вошедших в сборник, даны в авторской редакции.

Представленный сборник предназначен для научных работников, аспирантов, студентов и специалистов, работающих в области современных инфокоммуникационных технологий.

Сборник включен в перечень журналов РИНЦ.

Научное издание

Рецензирование: к.т.н., доцент Н.В. Будылдина; ст. преподаватель кафедры ИТиМС Д.А. Овчинников

Оформление: М.П. Карачарова

Подписано в печать 31.05.2021.

Вышло в свет 01.06.2021.

Уст. Печ. л. 5,7. Заказ № 2199-2021.

620109, Россия, г Екатеринбург, ул. Репина, д. 15

© УрТИСИ СибГУТИ, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Авторы и названия статей	Стр.
<b>ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ СВЯЗИ</b>		
1	<b>А.А. Бикбаев, А.Н. Рагозин.</b> Прогнозирование радиотехнических сигналов с использованием системы ANFIS.....	6
2	<b>А.О. Горай, Н.В. Будылдина.</b> Влияние самоподобного трафика на качество обслуживания.....	10
3	<b>Г.В. Мельников, В.Д. Дрокин, О.В. Куликова.</b> Анализ работы системы прерываний в шинном арбитраже .....	13
4	<b>Н.В. Дуплищева, Е.В. Рогожников, К.Ю. Попова.</b> Применение адаптивной фильтрации для полнодуплексной системы передачи данных без временного и частотного разделения.....	17
5	<b>Д.Э. Кондратьев, Н.В. Будылдина.</b> Оценка граничных показателей надежности территориально – распределённой технологической сети передачи данных с учетом угроз информационной безопасности и факторов технологической независимости .....	21
6	<b>С.А. Капитонов, Д.А. Овчинников.</b> Визуализация работы радиоэлектронных компонентов.....	26
7	<b>И.В. Королькевич, Е.А. Ревякина.</b> Проектирование системы прогнозирования природных катастроф с применением технологий машинного обучения.....	30
8	<b>В.В. Луговкин, А.М. Кобелев, В.Т. Куанышев.</b> Моделирование элементов системы связи в среде программирования CODESYS.....	34
9	<b>А.А. Манилкин, А.Н. Рагозин.</b> Детектирование аномалий в сигналах автоматизированных систем управления технологическими процессами с использованием фильтра линейного предсказания.....	39
10	<b>А.А. Мещеряков, Л.И. Долинер.</b> Модель реализации адаптивного тестирования студентов технического ВУЗа.....	43
11	<b>А.Е. Неделько, Д.А. Короченцев.</b> Программная структура системы поддержки принятия решений по выбору эндодонтических файлов с учетом анатомических особенностей корневых каналов зуба пациента.....	47
12	<b>Ю.А. Никитин.</b> Синтезаторы частот для систем радиосвязи.....	51
13	<b>Ю.А. Никитин.</b> Вариант построения цифроаналогового преобразователя.....	56
14	<b>И.С. Сэй, Е.В. Рощина.</b> Применение облачных технологий на финансовом рынке... ..	60
15	<b>С.А. Тычинкин, Д.В. Кусайкин.</b> О методах повышения скорости фрактального кодирования изображений.....	64
16	<b>С.А. Фузеев, С.А. Бездверный, Р.М. Данилов.</b> Модернизация системы студенческого звукового вещания в ХИИК.....	68
17	<b>Е.С. Тарасов.</b> Повышение качества подготовки специалистов по направлению «Информационная безопасность» в соответствии с национальной программой «Цифровая экономика».....	71
<b>СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ</b>		
18	<b>И.Д. Вершинин, С.А. Миклин, Ю.В. Могильников.</b> Внедрение беспилотных технологий на железнодорожном транспорте, как фактор повышения безопасности перевозочного процесса.....	74
19	<b>А.С. Дмитриева, К.Д. Зырянова, Могильников Ю.В.</b> Интеграция существующей системы видеоконференцсвязи на железной дороге с мобильными программами.....	79
20	<b>В.Р. Мельников, Е.С. Богданова.</b> Развитие инфокоммуникационных технологий, как основа цифровизации экономики.....	83
21	<b>С. А. Миклин, Д.С. Ларченко, Ю.В. Могильников.</b> Электронные системы счёта	

осей.....	86
<b>АВТОРЫ СТАТЕЙ.....</b>	<b>89</b>
<b>АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ.....</b>	<b>93</b>

# СЕКЦИЯ 1. ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ СВЯЗИ

УДК 004.896

А.А. Бикбаев, А.Н. Рагозин

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ANFIS

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)» (ФГАОУ ВО ЮУрГУ (НИУ)), Россия

Ключевые слова: прогнозирование, нечёткая искусственная нейронная сеть, нечёткая логика, система ANFIS

В работе приведены результаты обучения решению задачи прогнозирования сложного сигнала с использованием нечеткой искусственной нейронной сети. Обучение проводилось в среде MatLab с использованием системы ANFIS. Исследовано поведение нечеткой искусственной нейронной сети в зависимости от объема выборки и от настройки параметров процедуры обучения. В ходе проведенного исследования показано, что нечеткие искусственные нейронные сети эффективны при решении задач прогнозирования сложных сигналов.

А.А. Bikbayev, A.N. Ragozin

## PREDICTION OF RADIO SIGNALS USING THE ANFIS SYSTEM

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “South Ural State University (national research university)” (FSAEIE SUSU (NRU)), Russia

Keywords: forecasting, fuzzy artificial neural network, fuzzy logic, ANFIS system

The paper presents the results of training to solve the problem of predicting a complex signal using a fuzzy artificial neural network. The training was conducted in the MatLab environment using the ANFIS system. The behavior of a fuzzy artificial neural network depending on the sample size and on the settings of the training procedure parameters is studied. The study shows that fuzzy artificial neural networks are effective in solving problems of predicting complex signals.

Прогнозирование временных рядов данных играет важную роль при обработке информации в радиотехнических системах. Решение различных задач в радиотехнических системах и комплексах опирается на принятие упреждающих управленческих решений, которые в свою очередь требуют решения задач построения качественного прогноза сложных радиотехнических сигналов [1,2].

Постановка задачи. Требуется обучить искусственную нейронную сеть (ИНС) решению задачи построения прогноза радиотехнического сигнала, при этом целевыми данными для обучения (ИНС) является часть сигнала, состоящая из множества отрезков сигнала длиной  $N+1$  отсчетов, где первые  $N$  отсчетов сигнала – входные значения ИНС,  $(N+1)$  отсчет – выходное значение, то есть целевое значение сигнала (требуемое прогнозируемое значение сигнала). Отрезки сигнала длиной  $N+1$  отсчет из всей обучающей выборки, формируются путем сдвига  $N+1$  значения сигнала на один отсчет вперед. Контроль обучения ИНС реализуется на контрольной и тестовой выборках радиотехнического сигнала.

Решение задачи. Система ANFIS позволяет формировать ИНС, основанную на нечеткой системе вывода Такаги - Сугено, с использованием аппарата нечёткой логики [2]. В системе ANFIS обучение ИНС происходит по значениям числовой матрицы данных, первые столбцы которой будут значениями входных переменных, а последний – значениями выходной переменной. Количество строк – это объем выборок для обучения.

По выборкам для обучения проводится настройка параметров, оптимизация нечеткой ИНС и проверка точности прогноза. Оптимизация параметров проводится методом наименьших квадратов и обратного распространения ошибки.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{r=1, M} (y_r - y_r^f)^2},$$

где  $M$  – число пар данных в выборке,  $y_r$  – значения выходной переменной в выборке,  $y_r^f$  – значение переменной, полученное системой при тех же входных данных.

Для практической реализации задачи построения прогноза используется сложный радиотехнический сигнал, разделённый на три выборки, соответствующие этапам обучения, тестирования и проверке. Указанные выборки для каждой части сигнала сформированы в числовые матрицы, причем для обучения создан массив данных размером  $2000 \times 5$ , для тестирования и проверки размером  $2000 \times 4$ , так как в матрице обучения 5-й столбец является выходной (целевой) переменной, а в матрицах тестирования и проверки расположены значения только входных переменных (отсчёта сигнала), по которым обученная система будет формировать прогноз следующего пятого отсчёта сигнала. Строка матрицы для обучения ИНС – это блок из  $N+1$  значений, каждая последующая строка заполнена значениями, смещёнными на один интервал времени вперед от начала отсчета, матрицы для тестирования и проверки заполнены таким же образом, однако блоки состоят из  $N$  значений.

Структура модели нечёткой ИНС представлена на рис.1, на котором отображены 4 входных переменных, имеющие по 2 функции принадлежности, и целевые выходные значения. В процессе обучения автоматически сформированы продукционные правила, по которым обученная нечёткая ИНС формирует прогноз исследуемого сигнала.

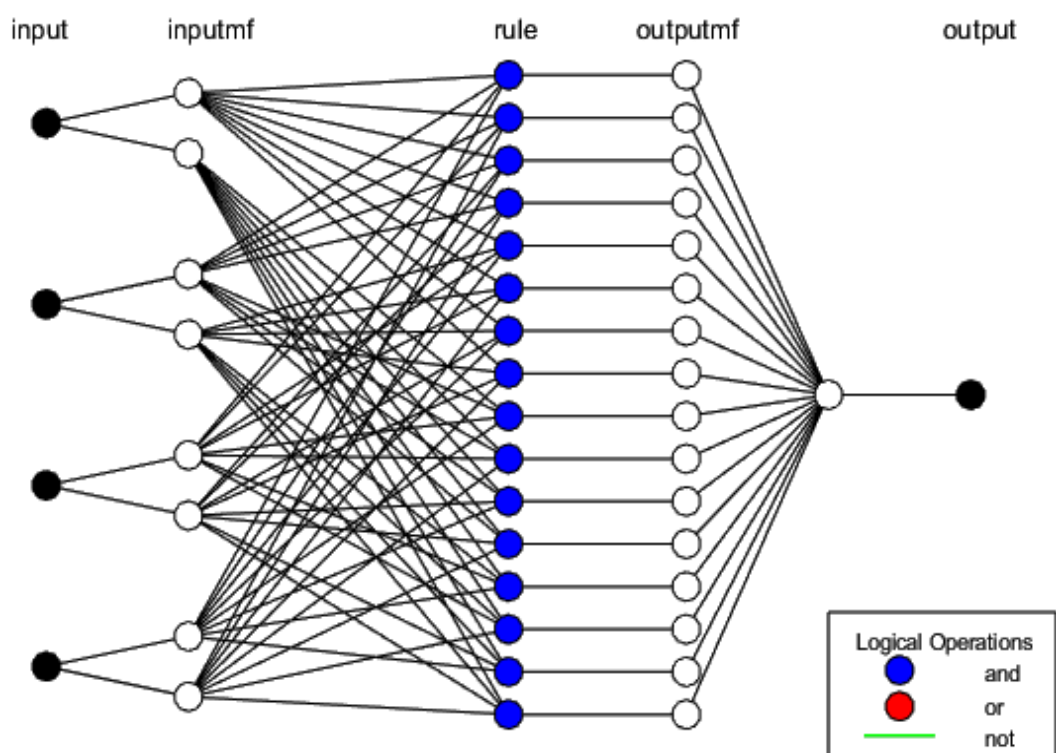


Рис. 1. Структура нечеткой ИНС.

Обучение нечеткой ИНС реализовано по выборкам первой части сигнала (рис. 2), параметры обучения были подобраны таким образом, чтобы обеспечивалась высокая точность прогнозирования, но при этом не затрачивалось много ресурсов, чего в большей мере удалось

достигнуть. Минимальная среднеквадратичная ошибка обучения в течение каждой учебной эпохи составила:  $RMSE = 1.4\%$ .

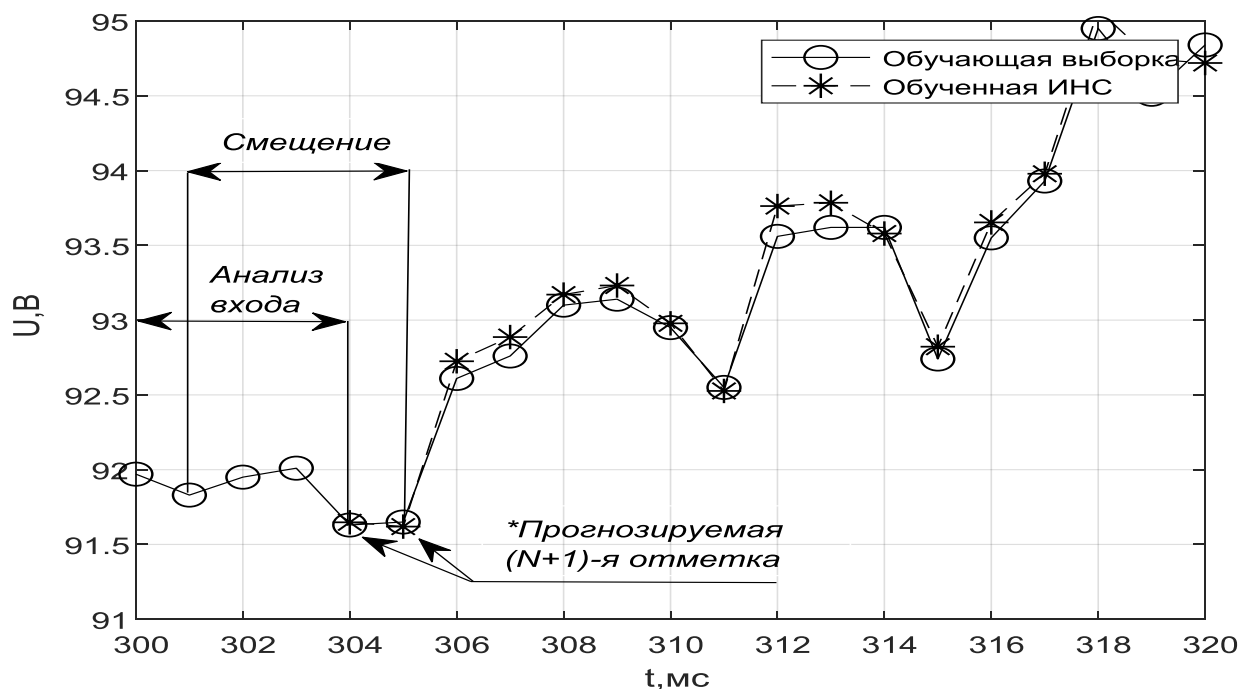


Рис. 2. Результат обучения нейросети (для наглядности выбраны 20 отметок)

Контроль ошибки обучения проводился на второй части сигнала, на которой нечёткая ИНС не обучалась (рис.3), точность прогнозирования оказалась высокой, максимальная относительная погрешность прогнозирования составила  $\Delta = 1.8\%$ .

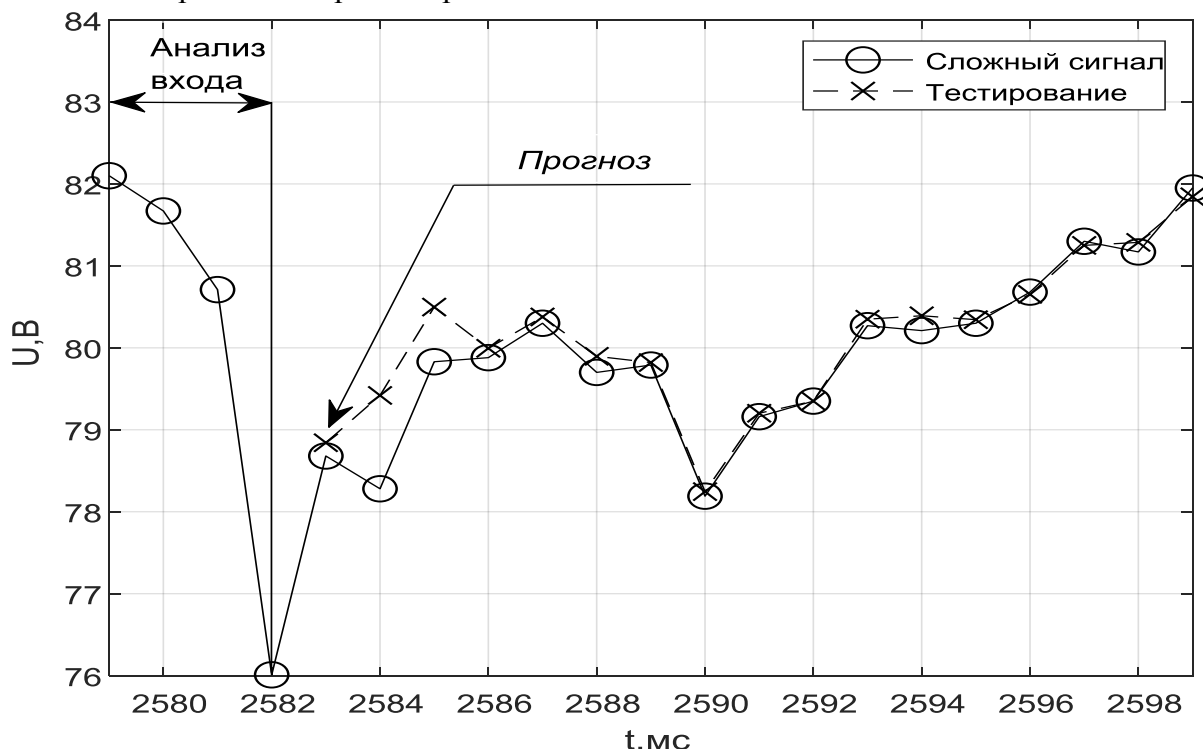


Рис. 3. Результат тестирования нейросети (для наглядности выбраны 20 отметок)

Тестирование обученной нечёткой ИНС проводился на третьей части сигнала, не участвующей в процессе обучения. По полученным результатам максимальная относительная погрешность прогнозирования составила  $\Delta = 2\%$ .



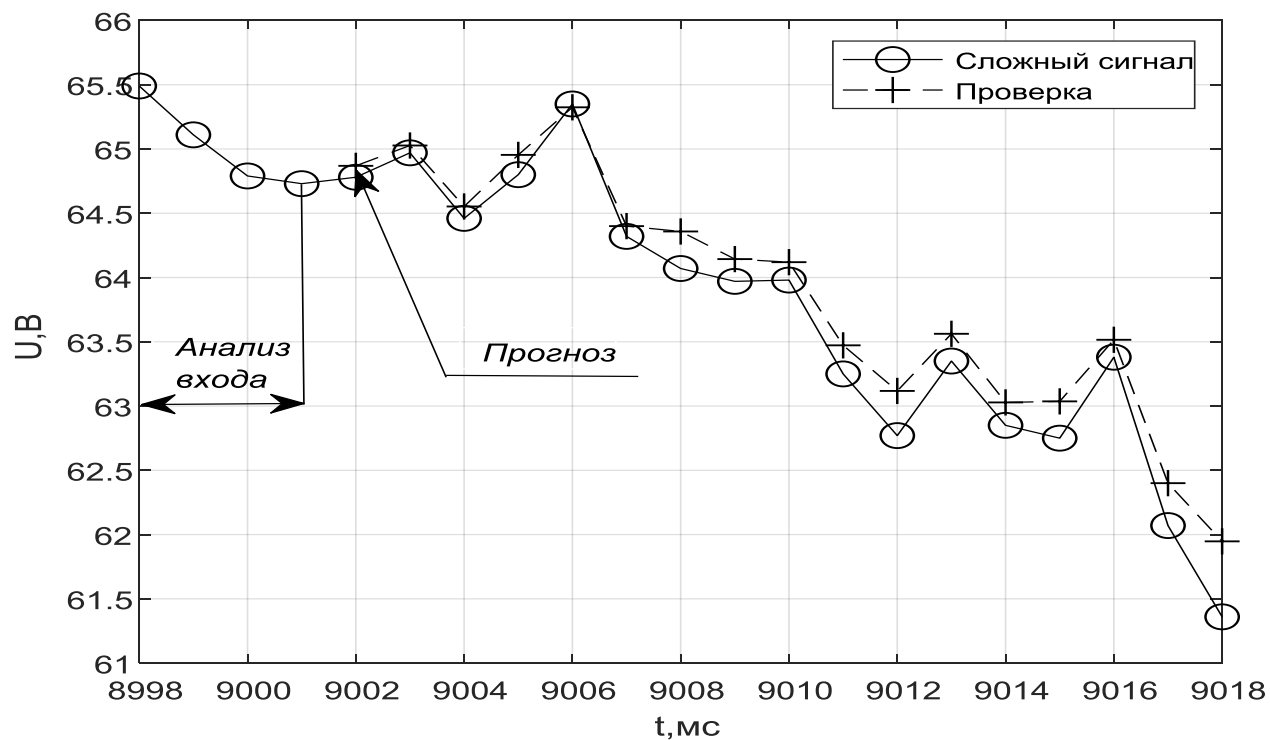


Рис. 4. Результат проверки нейросети (для наглядности выбраны 20 отметок)

По результатам проведённого исследования можно сделать вывод, что использование аппарата нечёткой логики и нечётких ИНС позволяет формировать прогноз сложных сигналов с достаточно высокой точностью. Высокая точность прогнозирования сигнала в ходе исследования была достигнута путем оптимальной настройки параметров обучения, а также оптимизацией объема обучающей выборки.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Медведев, В.С., Потемкин, В.Г. Нейронные сети. М.: ДИАЛОГ МИФИ, 2001. 630 с.
2. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации: пер. с польск. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.

## ВЛИЯНИЕ САМОПОДОБНОГО ТРАФИКА НА КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал)  
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и  
информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: самоподобный трафик, качество обслуживания, производительность сети.

Для обеспечения высокого качества обслуживания сети необходимо изучение передаваемого трафика. Как известно из многих исследований, трафик в современных сетях является самоподобным и характеризуется многими параметрами, например, параметром Херста, краткосрочной зависимостью, долгосрочной зависимостью и другими. Так как в настоящее время идет больший ориентир на потребителя услуг, необходимо улучшать качество обслуживания сети путем изучения параметров трафика, влияющих на качество обслуживания.

A.O. Goray, N.V. Budyldina

## THE IMPACT OF SELF-SIMILAR TRAFFIC ON QUALITY OF SERVICE

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch)  
FGBOU VO "Siberian State University of Telecommunications and Informatics"  
in Yekaterinburg (URTISI SibGUTI), Russia

Key words: self-similar traffic, quality of service, network performance.

To ensure a high quality of network service, it is necessary to study the transmitted traffic. As is known from many studies, traffic in modern networks is self-similar and is characterized by many parameters, for example, the Hurst parameter, short-term dependence, long-term dependence, and others. Since at present there is a greater focus on the consumer of services, it is necessary to improve the quality of network service by studying the traffic parameters that affect the quality of service.

Самоподобный (фрактальный) трафик – это трафик, который остается неизменным, независимо от масштабов временной оси. Впервые об этом явлении стало известно при исследовании трафика в сети Ethernet. Ethernet – это самая распространенная технология пакетной передачи данных, результат исследования которой продемонстрировал самоподобную структуру трафика при различных временных масштабах. В дальнейшем это показало, что трафик пакетной передачи данных, в отличие от сетей ТФОП, не подчиняется традиционному распределению Пуассона и характеризуется другими параметрами, такими как, мультифрактальность, сезонность, долговременная зависимость, параметр Херста и другие.

Параметр Херста является основной характеристикой самоподобного трафика, по которой можно определить, является ли трафик фрактальным, поэтому для определения проявления самоподобия необходимо найти параметр Херста, для этого существует множество способов, например:

- метод R/S-анализа (метод нормированного размаха);
- оценочная форма Уиттла (приближение дробного Гауссова шума);
- использование Вейвлет - методов;
- модель фрактального Броуновского движения и другие.

Так же существует программное обеспечение для нахождения параметра Херста, например, Fractan.

Параметр Херста принимает значения от 0 до 1. Если он стоит в диапазоне от 0,5 до 1, это значит он обладает долгосрочной зависимостью, при чем, чем ближе к 1, тем сильнее проявляется долгосрочная зависимость. Если же параметр Херста меньше 0,5, то трафик не является самоподобным.

Иными словами, параметр Херста является мерой трафика, которая определяет возможность прогнозирования трафика, что возможно только если параметр принадлежит диапазону от 0,5 до 1, причем, чем ближе значение параметра к 1, тем выше вероятность прогнозирования.

Самым распространенным способом нахождения параметра Херста является метод R/S-анализа, о чем свидетельствует множество публикаций, например [6].

Таким образом, самоподобие трафика оказывает большое влияние на качество обслуживания, так как от него зависит производительность сети и сетевая нагрузка. Поэтому, учитывая такое поведение трафика, нужно искать эффективные способы обслуживания трафика, способные обнаруживать самоподобие и управлять им.

Управление самоподобного трафика включает в себя необходимость оптимизации производительности сети, но при этом будут вноситься другие сложности при передаче трафика, что делает задачу обеспечения качества обслуживания более трудоёмкой[4].

Многие исследования показали, что самоподобный сетевой трафик может оказывать плохое влияние на производительность сети, включая задержку пакетов и их потери. Степень влияния самоподобия на производительность сети регулируется протоколами, действующими на транспортном/сетевом уровне. При этом наблюдалась зависимость между задержкой в очереди и потерей пакетов.

При увеличении размера буфера, уменьшаются потери пакетов и увеличивается эффективное использование пропускной способности. Но при самоподобном трафике эти предположения не выполняются. Уменьшение потери пакетов при увеличении размера буфера намного меньше, чем ожидалось [1].

При большом размере буфера, в периоды когда, возникает высокая загрузка сети происходит переполнение буфера, это влечет к перегрузке, так как большой размер буфера порождает большую задержку, что приводит к повторной передаче пакета, а значит к еще большему количеству пакетов. Поэтому увеличение буфера является нецелесообразным решением проблемы, нужно так же увеличивать время, через которое должна осуществляться повторная передача пакета, при его недоставке.

Увеличение сетевых ресурсов, таких как пропускная способность и буферное пространство приводит к повышению производительности. Однако, для улучшения качества обслуживания нужно уменьшить потери пакетов, что может быть достигнуто только при значительном уменьшении задержки очередей.

Пропускная способность канала связи при большой буферной емкости, в условиях самоподобного трафика при параметре Херста приближенном к 1, имеет значительное уменьшение задержки очереди, в отличие от трафика, в котором параметр Херста приближен к 0,5. Возникает необходимость использования широкополосных каналов связи, чтобы найти компромисс между задержкой очереди и потерей пакетов для улучшения качества обслуживания [1,2,4].

В особенности к потере пакетов и задержке чувствителен трафик мультимедийных приложений, по этой причине своевременная доставка пакетов от пользователя к пользователю, представляет большой интерес для провайдеров. Важна оценка прошлых и ожидаемых показателей эффективности трафика, так как она влияет на качество мультимедийных приложений, требующих более высокой пропускной способности и наименьшей задержки, например, дистанционное образование, планирование онлайн-мероприятий и видеоконференции. А четко определенные показатели задержки, потери пакетов, пропускной способности и доступности являются основными показателями производительности сети [1,3].

Таким образом, обеспечение качества обслуживания напрямую зависит от параметров трафика, а значит прогнозирование трафика играет важную роль при предоставлении услуг связи.

#### Литература:

1. K. Park, G. Kim, and M. Crovella, «On the Relation Between File Sizes, Transport Protocols, and Self-Similar Network Traffic», Proc. IEEE Int'l. Conf. Network Protocols, октябрь, 1996, стр. 171–180.
2. Шелухин О.И., Осин А.В., Смольский С.М. Самоподобие и фракталы. Телекоммуникационные приложения./Под ред. О.И. Шелухина. – М.:Физматлит,2008. – 368 с.
3. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учеб. для вузов: 4 изд. – СПб: Питер, 2010. – 944 с
4. P. R. Morin, «The Impact of Self-Similarity on Network Performance Analysis», Ph.D. dissertation, Carleton Univ., декабрь, 1995.
5. R. Steinmetz and K. Nahrstedt, Multimedia: Computing Communications & Applications, Prentice Hall., 1995, стр. 420–445.
6. Битюцкий Р. С., Семенов Е. С., Арепьева Е. Е. «Оценка статистических параметров трафика в сети передачи данных мобильной связи»: «Проблемы Передачи Информации В Инфокоммуникационных Системах» Сборник докладов и тезисов VI Всероссийской научно-практической конференции, г. Волгоград, май, 2015, стр. 10-14.

**АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ПРЕРЫВАНИЙ В ШИННОМ АРБИТРАЖЕ**

Донской государственной технической университет, г. Ростов – на - Дону, Россия

Ключевые слова: система прерываний, шинный арбитраж, время реакции, работа прерываний.

В статье представлен анализ принципа работы системы прерываний шинного арбитража. Была изучена и проанализирована область в которой выполняются системы и обрабатываются компоненты, а также устройства их взаимодействия, а именно система прерываний, виды систем арбитража, в том числе схема приоритетов, и другие системы, и процессы, задействованные в исполнении программ и непосредственно обработке прерываний.

G.V.Melnikov, V.D.Drokin, O.V.Kulikova

**ANALYSIS OF THE OPERATION OF THE INTERRUPT SYSTEM IN BUS ARBITRATION**

Don State Technical University, Rostov – on – Don, Russia

Keywords: interrupt system, bus arbitration, reaction time, interrupt operation.

This article presents an analysis of the principle of operation of the bus arbitration interrupt system. The area in which systems are executed and components are processed, as well as the devices of their interaction, namely the interrupt system, types of arbitration systems, including priority schemes, and other systems, and processes involved in the execution of programs and directly processing interrupts, were studied and analyzed.

При написании программ, будь то прикладные или же системные, программист использует множество различных команд и функций языка программирования, которые в свою очередь помогают ему в реализации вычислений, считывании входных данных, выводе данных и работе с памятью. Но фактически за их исполнением стоит комплексная последовательность действий. Компилятор по имени использованной функции обращается к функции из библиотеки языка, та в свою очередь обращается к системной API функции, которая выполняет специальную инструкцию, вызывающую необходимое прерывание, далее идет обращение к драйверам устройств и непосредственно данные, передаваясь через шину попадают на обработку к процессору.

Все эти операции выполняются в разных адресных пространствах с разными уровнями привилегий. Так, программа и функции, описанные в библиотеке, работают в адресном пространстве пользователя, как и API функции, которые также подгружаются в пользовательское адресное пространство. А вот выполняемая API функцией специальная инструкция вызывает прерывание, начиная с этого и далее исполнение кода уже происходит в адресном пространстве ядра.

В процессе исполнения программы обработка таких функций, а соответственно и вызовов прерываний происходит не единожды. В связи с этим возможны конфликты в их обработке и передаче по шине, но система шинного арбитража позволяет избегать такие конфликты, поскольку выбирает, кому отдать приоритет на исполнение. Известны разные схемы приоритетов - статические и динамические (выполняемые по какому-либо алгоритму).

Стоит обратить внимание на то, что программа во время своего исполнения до обращения к функции, в процессе которой происходит вызов прерываний, исполнялась на процессоре, занимая все свободные регистры. Но когда очередь доходит до исполнения прерываний,

появляется необходимость определить приоритет обработки среди прерываний и сохранить все необходимые регистры в область памяти, то есть сохранить контекст приложения. Затем происходит загрузка контекста операционной системы, выполнение всего программного кода и восстановление сохраненного контекста приложения. Поскольку количество действий, которые тратятся на обработку прерываний как со стороны операционной системы так и системы шинного арбитража оказывается большим, то для полезной работы программы остается весьма мало процессорного времени.

В связи с вышеизложенным является актуальным исследование быстродействия и надежности системы прерываний шинного арбитража во время исполнения прикладных программ во всех современных операционных системах. А именно изучение времени, которое тратится на выбор приоритета среди прерываний в ходе работы программ, и степени сохранения целостности исходной программы, в процессе работы которой эти прерывания обрабатываются.

Для более четкого и глубокого понимания исследуемой проблемы, необходимо подробнее изучить и проанализировать область, в которой выполняются системы и обрабатываются компоненты, а также устройства их взаимодействия, а именно, систему прерываний, виды систем арбитража, в том числе схем приоритетов, и другие системы и процессы, задействованные в исполнении программ и непосредственно обработке прерываний.

Все периферийные устройства, а также все системные компоненты ЭВМ соединяются друг с другом при помощи средств подключения, организованных по иерархическому принципу. Так, аппаратные или программные средства, используемые для соединения двух компонентов или систем, называются интерфейсом.

Устройства участвующие в обмене данными по шине делятся на ведущие (busmaster) и ведомые (busslave). Ведущее устройство должно инициировать обмен и управлять им. Таким устройством может быть любое, способное выполнять функции управления пересылкой данных и владением шиной [1].

Однако на типичной шине ввода-вывода может быть несколько потенциальных ведущих, из-за чего существует потребность в арбитраже между одновременными запросами на использование шины.

Арбитраж является некоторым механизмом, организующим выбор ведущего устройства на очередной временной цикл.

В свою очередь устройство, реализующее сам арбитраж, является арбитром.

При выделении шины одному из запросивших на передачу данных ведущему присваивается определенный уровень приоритета, статический или динамический.

Статические приоритеты у каждого устройства фиксированы, а также возможна полная блокировка низкоприоритетных устройств.

Динамические приоритеты в процессе могут (и чаще всего так и делают) изменяться, а все ведущие устройства периодически получают доступ на управление шиной.

Также арбитраж запросов на управление шиной может быть централизованным или децентрализованным.

В централизованной схеме предполагается, что есть только одно устройство (обычно CPU) с оборудованием для арбитража. Центральный арбитр может определять приоритеты и при необходимости принудительно прекращать транзакцию. Централизованный арбитраж проще и дешевле для однопроцессорной системы. Но он не работает также хорошо для симметричной многопроцессорной конструкции, если арбитр не независим от CPU.

В децентрализованной схеме арбитража каждый потенциальный ведущий имеет некоторое оборудование для арбитража, и все потенциальные ведущие в равной степени конкурируют за шину. Схема арбитража часто основана на некоторых заранее назначенных приоритетах для устройств, но в процессе их можно изменить [2].

Как было описано ранее при подключении более одного ведущего устройства, чтобы предотвратить перекрывания сигнала, арбитраж выстраивает запросы в очередь и к каждому такому запросу присваивает свой уровень приоритета. На данный момент известны разные схемы приоритетов. Но в основе их принято разделять на фиксированный он же статический и динамический приоритеты. При использовании статической схемы приоритета каждому

ведущему устройству присваивается определенный уровень приоритета, который в большинстве случаев остается неизменным.

Основные недостатки статического приоритета заключается в том, что ведущие устройства с высоким приоритетом, могут полностью заблокировать доступ шинам устройств с низким приоритетом. В случае с динамического приоритета у низко приоритетных устройств всегда есть шанс получить доступ к шине. Этот доступ осуществляется с помощью особых алгоритмов динамического изменения приоритетов.

Последний элемент в работе шинного арбитража являются прерывания. Прерывание - это сигнал от программного или аппаратного обеспечения, сообщаящий процессору о наступлении какого-либо события, требующего немедленного внимания. При возникновении прерывания контроллер прерываний выбирает самое приоритетное событие из возникших и посылает процессору сигнал о прерывании. Так как разные события требуют разной обработки, контроллер прерывания посылает процессору код вида возникшего события. В зависимости от кода, процессор запускает разные программы обработки прерывания. Сигналов на прерывание может быть несколько. В таком случае процессор запускает обработчики прерываний в порядке убывания приоритетов вызвавших их событий [3].

Процесс прерывания происходит в несколько фаз. При возникновении какого-либо события в системе приоритет которого выше текущего, происходит остановка всех текущих действий, например, программы. Далее происходит сохранение процесса работы над текущим процессом, данные заносятся в оперативную память. После происходит инициализация программы обработки прерываний, событие которое требовало внимание системы, исполняется в зависимости от типа действия над ним, общее время обработки прерывание зависит от производительности системы. И в финале происходит восстановление данных ранее запущенного процесса, и работа системы продолжается [4].

Если прерывание разрешается к обслуживанию, то появляется сигнал запроса прерывания и начинается выполнения обработчика прерывания, время между этими двумя действиями называется временем реакции. Как раз это время и является важнейшим фактором дальнейшем исследовании быстродействия прикладных программ.

Время реакции зависит от момента, когда процессор определяет факт наличия запроса прерывания. Опрос запросов прерываний может проводиться либо по окончании выполнения очередного этапа команды, либо после завершения каждой команды программы.

Первый подход обеспечивает более быструю реакцию, но при этом необходимо при переходе к обработчику прерывания сохранять большой объем информации о прерываемой программе, включающей состояние буферных регистров процессора, номера завершившегося этапа и т.д., по сути весь контекст программы. А затем загрузить контекст системы. При возврате из обработчика также необходимо провести большой объем работы по восстановлению состояния процессора.

Во втором случае время реакции может быть достаточно большим. Однако при переходе к обработчику прерывания требуется запоминание минимального контекста прерываемой программы (обычно это счетчик команд и регистр флагов). В настоящее время в компьютерах чаще используется распознавание запроса прерывания после завершения очередной команды.

Время реакции определяется для запроса с наивысшим приоритетом, который определяется путем арбитража, описанного ранее [5].

Таким образом, в ходе анализа работы системы прерываний в шинном арбитраже возникает вопросов об актуальности проведения выбранного исследования из-за его новизны и необходимости в изучении времени, затрачиваемого на осуществление исполнения прерываний со всеми внутренними процессами, такими как сохранение контекста программ, арбитраж прерываний и подобных процессов.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Charles, C., «Buses Lecture 12» // Charles, C. / Weems Journal – 1996. – p. 12
2. Amin, M., A., El-Kustaban, «A Bus Arbitration Scheme with an Efficient Utilization and Distribution» // Amin, M., A., El-Kustaban. / International Journal of Advanced Computer Science and Applications – 2017. – Vol. 8 – № 3, pp. 113-118

3. Подольская Н.А., «Прерывания» // Учебное пособие – 2016 – 50 с.
4. Системные прерывания. Аппаратное прерывание. Обработка прерываний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://life-prog.ru/view\\_os.php?id=16](http://life-prog.ru/view_os.php?id=16)
5. Интернет - Университет Информационных Технологий. Архитектура и организация ЭВМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://mf.grsu.by/UchProc/livak/b\\_org/lect\\_14.htm](http://mf.grsu.by/UchProc/livak/b_org/lect_14.htm)



**ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ПОЛНОДУПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ БЕЗ ВРЕМЕННОГО И ЧАСТОТНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ**

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники в г. Томске (ТУСУР), Россия

Ключевые слова: полнодуплексная система беспроводной связи, полезный сигнал, сигнал-помеха, адаптивный фильтр, метод Винера-Хопфа, адаптивный алгоритм LMS, адаптивный алгоритм RLS.

В статье приведены структурные схемы одноканального адаптивного фильтра, описаны методы формирования компенсационного сигнала локального передатчика полнодуплексной системы передачи данных с помощью адаптивного фильтра: метод Винера-Хопфа, алгоритм наименьшего среднего квадрата, рекурсивный метод наименьших квадратов. Цель работы заключается в проведении обзора работ, посвященных исследованию технологии цифровой компенсации сигнала собственного передатчика полнодуплексной системы передачи данных с помощью адаптивной фильтрации.

**N.V. Duplishcheva, E.V. Rogozhnikov, K.Yu. Popova**

**APPLICATION OF ADAPTIVE FILTRATION FOR FULL-DUPLEX DATA TRANSMISSION SYSTEM WITHOUT TIME AND FREQUENCY SEPARATION**

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics in Tomsk (TUSUR), Russia

Keywords: full-duplex wireless communication system, useful signal, signal-interference, adaptive filter, Wiener-Hopf method, adaptive LMS algorithm, adaptive RLS algorithm.

The article presents the structural diagrams of a single-channel adaptive filter, describes the methods of forming the compensation signal of the own transmitter of a full-duplex data transmission system using an adaptive filter: the Wiener-Hopf method, the least mean square algorithm, the recursive least squares method. The purpose of the work is to review the works devoted to the study of the technology of digital compensation of the signal of the own transmitter of a full-duplex data transmission system using adaptive filtering.

С каждым годом на рынке телекоммуникаций возрастают требования к скорости и надежности систем передачи данных. Одним из новых способов увеличения скорости передачи данных является использование технологии полнодуплексной передачи данных. Принципом полнодуплексной передачи данных для беспроводных систем связи является одновременный прием и передача данных в одной полосе частот. Данный способ способствует увеличению скорости передачи данных до двух раз [1], но при этом существует сложность реализации, заключающаяся в том, что при приеме сигнала от удаленного приемопередатчика в локальный приемный тракт проникает собственный передаваемый сигнал. Мощность выходного сигнала на локальном передатчике значительно выше мощности принимаемого сигнала от удаленного передатчика, поэтому для нормального функционирования полнодуплексной системы связи необходима развязка между приемным и передающим трактами каждого приемо-передающего тракта порядка 70–100 дБ.

В связи с этим в полнодуплексных системах связи применяются методы пассивной, аналоговой и цифровой компенсации сигнала-помехи<sup>1</sup> собственного передатчика.

В данной статье представлены подходы, применяющиеся при цифровой компенсации сигнала-помехи на базе адаптивной фильтрации.

Адаптивный фильтр – это фильтр с перестраиваемыми весовыми коэффициентами, изменяющимися во время функционирования с саморегулированием. Обобщенная структура одноканального адаптивного фильтра приведена на рис. 1 [2].

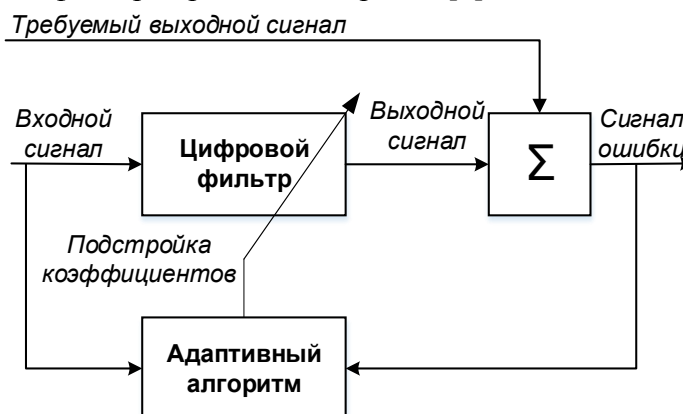


Рис. 1– Обобщенная структурная схема одноканального адаптивного фильтра

Адаптивные фильтры делятся на две основные структуры: фильтры с конечной импульсной характеристикой (трансверсальный) и с бесконечной импульсной характеристикой (рекурсивный) [3].

Структура трансверсального адаптивного фильтра приведена на рис.2. Сигнал на выходе трансверсального адаптивного фильтра  $s(n)$  представляет собой линейную комбинацию из задержанных отсчетов входного сигнала с весовыми коэффициентами, вычисленными в предыдущие итерации по отношению к текущим итерациям, как показано в (1).

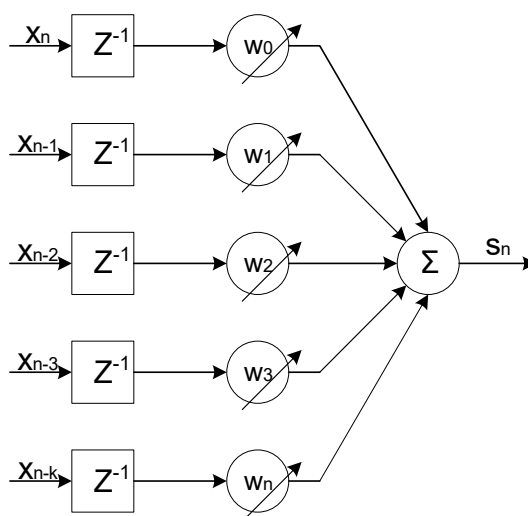


Рис. 2 – Структурная схема трансверсального адаптивного фильтра

$$s(n) = \sum_{k=1}^N w_k^*(n-1) \cdot x(n-k+1) = w_K^H(n-1) \cdot x_K(n), \quad (1)$$

где  $K$ – число весовых коэффициентов фильтра;

$n$ – номер отсчета обрабатываемого сигнала;

\*– операция комплексного сопряжения;

$w_K^H$  – вектор весовых коэффициентов;

<sup>1</sup> Сигнал-помеха – это передаваемый сигнал, который попадает в собственный приемный тракт приемопередающего пункта.

$H$  – обозначение операции эрмитова сопряжения;

$x_k(n)$  – вектор сигналов фильтра.

### Описание адаптивной фильтрации для компенсации сигнала-помехи

На рис. 3 приведена структурная схема цифровой компенсации сигнала-помехи на базе адаптивного фильтра.

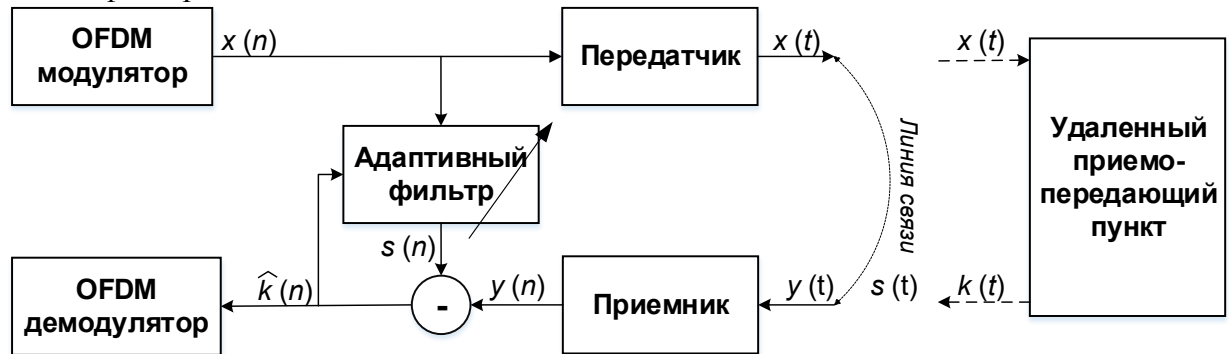


Рис. 3– Структурная схема цифровой компенсации сигнала-помехи на базе адаптивного фильтра

Компенсация сигнала-помехи при помощи адаптивного фильтра осуществляется согласно схеме, приведенной на рис.3 [4].

Динамическое обновление коэффициентов фильтра основано на подходе Винера-Хопфа[5]. Расчет оптимальных коэффициентов фильтра выполняется по формуле:

$$w_{opt} = R^{-1} \cdot p, \quad (2)$$

где  $R^{-1} = E \{x(n) \cdot x^H(n)\}$  – обратная матрица автокорреляции входного сигнала;

$E$  – математическое ожидание;

$p = E \{x(n) \cdot y^*(n)\}$  – вектор взаимной корреляции между входным вектором и

ожидаемым сигналом;

$y(n)$  – сумма полезного сигнала<sup>2</sup> и сигнала-помехи.

С помощью нахождения оптимальных коэффициентов фильтра можно минимизировать среднеквадратичную ошибку (3).

$$J(n) = E \{e(n)^2\}, \quad (3)$$

где  $e(n) = s(n) - w^H(n-1) \cdot x(n)$  – сигнал ошибки (разница между заданным и полученными сигналами).

Согласно стандартным подходам, коэффициенты фильтра настраиваются до того, как локальный приемо-передающий пункт начнет прием информации от удаленного приемо-передающего пункта.

Для корректной работы системы необходимо, чтобы передаваемый  $x(t)$  и принимаемый  $k(t)$  сигналы были некоррелированы[6]. Для обеспечения некоррелированности входные данные, прежде всего подвергаются скремблированию (преобразованию в псевдослучайный битовый поток). При этом приемо-передающие устройства используют разные скремблеры, позволяющие обеспечить некоррелированность передаваемых ими сигналов.

Несмотря на свою оптимальность, нахождение коэффициентов с помощью уравнения Винера-Хопфа требует значительных вычислительных затрат, а также может привести к нестабильным решениям. Данные недостатки можно обойти при использовании алгоритма наименьшего среднего квадрата (LMS) [4]. Алгоритм LMS является неким приближением решения Винера, методом градиентного спуска.

Методом LMS коэффициенты адаптивного фильтра определяются по формуле:

<sup>2</sup>Полезный сигнал – принятый сигнал от удаленного приемо-передающего пункта.

$$w(n+1) = w(n) + \frac{2\mu}{\gamma + x^T(n) \cdot x(n)} \cdot x(n) \cdot e(n), \quad (5)$$

где  $\mu$  – размер шага сходимости;

$\gamma$  – константа, контролирующая стабильность алгоритма и гладкость сходимости.

На сегодняшний день алгоритм LMS является более широко используемым на практике среди известных алгоритмов адаптивной фильтрации, но данный алгоритм уступает рекурсивному методу наименьших квадратов (RLS) для нестационарных процессов. Рекурсивный метод наименьших квадратов учитывает изменение системного времени и обновление коэффициентов фильтра происходит по формуле (6).

$$w(n) = w(n-1) + R^{-1}(n) \cdot x(n) \cdot e(n), \quad (6)$$

### **Заключение**

Проведено исследование технологии цифровой компенсации сигнала локального передатчика полнодуплексной системы передачи данных на базе адаптивного фильтра. В ходе исследования было выяснено, что нахождение оптимальных коэффициентов фильтра с помощью уравнения Винера-Хопфа требует значительных вычислительных затрат, а также может привести к нестабильным решениям. Данные недостатки можно обойти при помощи широко использованного алгоритма LMS. Но алгоритм LMS в условиях нестационарности уступает алгоритму RLS.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Рогожников Е.В. Гельцер А.А. Способ повышения скорости передачи данных в системе беспроводной связи // Научная сессия ТУСУР – 2013 Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2013», 15–17 мая 2013 г., г. Томск, Ч. 2 с. 99-102
2. Джиган В.И. Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы. – Техносфера, г. Москва, 2013.– 528 с.
3. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов. Радио и связь, г. Москва, 1989.– 440 с.
4. Despina-Stoian C. et al. Comparison of Adaptive Filtering Strategies for Self-Interference Cancellation in LTE Communication Systems //2020 13th International Conference on Communications (COMM). – IEEE, 2020. – С. 73-76.
5. Оптимальная линейная фильтрация: от метода градиентного спуска до адаптивных-фильтров [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://habr.com/ru/post/455497>.
6. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: г. Питер, 2005. – 604 с.

**Д.Э. Кондратьев, Н.В. Будылдина**

**ОЦЕНКА ГРАНИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С УЧЕТОМ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ФАКТОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ**

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: мониторинг, VPN, dependability, reliability, maintainability, availability.

В данной статье оцениваются граничные показатели надёжности территориально-распределенной технологической сети передачи данных по отношению к высоконагруженной или полносвязной сети передачи данных общего пользования с учётом резервирования каналов и сетевого оборудования, рассматриваются вопросы резервирования сетевого оборудования при обработке логических соединений.

**D.E. Kondratyev, N. V. Buduldina**

**THE EVALUATION OF THE BOUNDARY OF THE RELIABILITY WAN TECHNOLOGY NETWORK DATA TRANSMISSION TAKING INTO ACCOUNT INFORMATION SECURITY THREATS AND FACTORS TECHNOLOGICAL INDEPENDENCE**

Ural technical Institute of communications and Informatics (branch) Siberian state University of telecommunications and Informatics in Moscow Yekaterinburg (Urtica SibSUTI), Russia

Keywords: monitoring, VPN, dependability, reliability, maintainability, availability.

In this article, the estimated marginal reliability WAN technology data network in relation to high-load or full-mesh common network in context of the channel reservation and network equipment, deals with redundancy of network equipment in the processing of logical connections.

В современном, бурно развивающемся мире с взрывным ростом потребителей услуг сети передачи данных корпоративный сектор находится на острие этого развития. Цифровизация экономики является фактором конкурентоспособности отдельных отраслей и в целом показателем успешности государства. В скором времени единственным типом окончного устройства, потребляющим услуги связи, станет устройство сети передачи данных.

Территориально-распределенная технологическая сеть передачи данных (далее — ТРТСПД) является важной частью сети технологической связи предприятия. ТРТСПД отличается от сетей передачи данных общего пользования следующими особенностями:

1. Повышенными требованиями к надёжности;
2. Повышенными требованиями к резервированию компонентов;
3. Ограниченным набором разрешённых к применению потребителями услуг сервисов и приложений;
4. Иерархичностью структуры в связи с необходимостью обеспечивать бизнес-процессы вертикального подчинения.

Очевидно, что для повышения надёжности, безотказности, доступности сервисов желательно максимально резервировать каждый компонент, включая узлы сети, каналы связи,

оконечные устройства. Но также очевидно, что необходимо определить критерии экономической целесообразности и качества резервируемых компонентов.

Рассмотрим, как в высоконагруженной или полносвязной сети передачи данных (далее — СПД) формируются показатели надёжности и как это соотносится со спецификой ТРТСПД.

В ГОСТ 27.002-2015 [5] даны следующие определения:

1. (Технический) объект: Предмет рассмотрения, на который распространяется терминология по надёжности в технике (en Item <in dependability> ). Объект может включать в себя аппаратные средства, программное обеспечение, персонал или их комбинации;

2. Элемент: Объект, для которого в рамках данного рассмотрения не выделяются составные части (en element);

3. Система: Объект, представляющий собой множество взаимосвязанных элементов, рассматриваемых в определенном контексте как единое целое и отделенных от окружающей среды (en system). Система обычно определяется с точки зрения достижения определенной цели, например, выполнения требуемых функций. Для системы должна быть установлена граница, отделяющая ее от окружающей среды и других систем. Однако на работу системы может влиять окружающая среда и для работы системы могут требоваться внешние ресурсы (лежащие вне границ системы);

4. Подсистема: Часть системы, которая представляет собой систему (en subsystem);

5. Надёжность: Свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования (en dependability). Слова "во времени" означают естественный ход времени, в течение которого имеет место применение, техническое обслуживание, хранение и транспортирование объекта, а не какой-либо конкретный интервал времени. Надёжность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать в себя безотказность (reliability), ремонтпригодность (maintainability), восстанавливаемость (recoverability), долговечность (durability), сохраняемость (storability), готовность (availability) или определенные сочетания этих свойств.

В данной терминологии работа ТРТСПД зависит от входящих в структуру сети связи объектов. Объектами являются телекоммуникационные системы, элементами систем — маршрутизатор, коммутатор, структурированная кабельная система, каналы связи. Также эти определения можно применить и к СПД общего пользования.

Для оценки подходов к обеспечению должного уровня надёжности рассмотрим подходы, предложенные рядом авторов. В рамках обеспечения резервирования полосы пропускания в работе [6] рассмотрены подходы к балансировке нагрузки. Не рассматривая подробно указанные подходы, приведём топологию полносвязной сети (рис. 1) и зависимость требуемой пропускной способности каждого канала от числа отказов каналов в 50-узловой сети (рис.2). Из графика рис.2 видно, что до определённого количества отказов (около 80), требуемая пропускная способность каждого канала в полносвязной топологии рис.1 остаётся небольшой, что выражается в экономии средств на содержание (эксплуатацию, аренду) каждого канала. Но с определённого количества (80 и более) отказов требуемая для стабильной работы сети пропускная способность каждого канала резко возрастает, что говорит о необходимости провести срочные мероприятия по устранению причин отказов (ремонт оборудования, организационные меры и/или финансовые вложения).

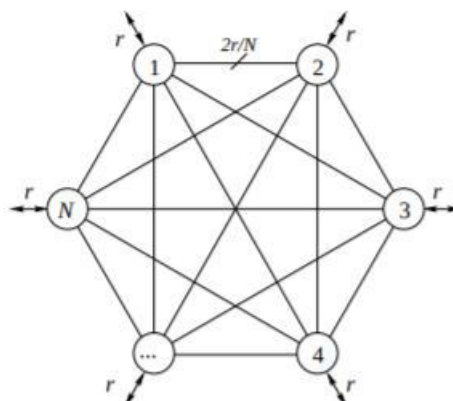


Рис. 1. Балансировка нагрузки по Валианту в сети из  $N$  идентичных узлов, каждый из которых имеет ёмкость  $r$  [6]

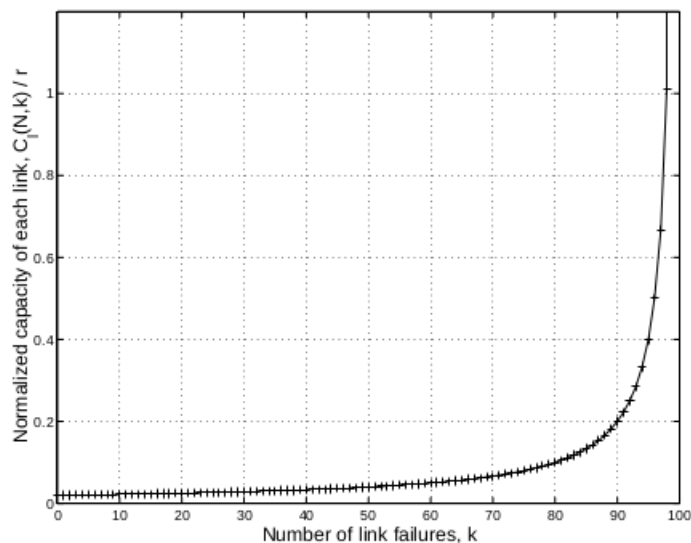


Рис. 2. Зависимость требуемой пропускной способности каждого канала от числа отказов каналов в 50-узловой сети [6]

В работе [6] рассматривается балансировка нагрузки в полносвязной сети для планирования полосы пропускания с целью экономии и предотвращения избыточных финансовых затрат на покупку полосы. Применительно к ТРТСПД с её иерархической структурой и вертикальным направлением трафика, когда данные пользовательских сервисов передаются в центральный офис из удалённых площадок, такой подход нужно учитывать с точки зрения того, что ТРТСПД является гораздо менее полносвязанной, следовательно влияние отказов основных и резервных линков в ТРТСПД будет проявляться более болезненно. Не проводя вычислений, можно сделать следующие оценочные выводы:

- Резервные соединения ТРТСПД следует выбирать так, чтобы физическое прохождение резервных линков было отделено от основного линка для резервирования физической инфраструктуры как элемента (element) системы;
- Следует по возможности резервировать узлы;
- Следует увеличивать количество резервных линков для приближения, насколько это возможно, топологии ТРТСПД к полносвязной топологии в участках сети, направленных к головному офису.

Вследствие последних событий мирового характера (эпидемия COVID-19) при массовом переводе сотрудников на удалённую работу все большее распространение получило применение виртуальных частных сетей (Virtual Private Network, VPN). Успешное применение данной технологии вызвало дискуссию о возможном применении данной технологии в качестве замены собственных каналов связи на ряде предприятий. При несомненном её достоинстве (возможность работать через Интернет, получение услуг по требованию), следует упомянуть об факторах, ограничивающих применение VPN в сетях предприятий, особенно в ТРТСПД:

- Проблемы информационной безопасности;
- Понижение надёжности в следствии отказа от технологической независимости конкретного предприятия;
- Затруднения в определении зоны ответственности в случае отказа.

На сегодняшний день средства шифрования трафика, идущего внутри VPN, особенно сертифицированные спецслужбами РФ, достаточно надёжны. Тем не менее остаётся риск действий злоумышленника, направленных на отказ в обслуживании. В работе [7] показаны

зависимости количества критических узлов (отказ которых ведёт к отказу в обслуживании) и количества VPN (рис.2).

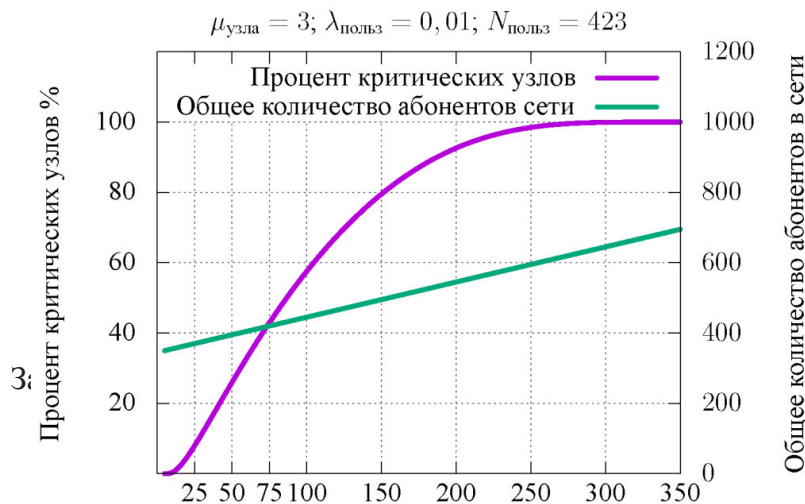


Рис.2 Зависимость количества критических узлов от количества абонентов сети VPN [7]

Из рис. 2 видно, что при большом количестве VPN, количество критических узлов становится равным 100%, а это значит, что к отказу в обслуживании может привести отказ хотя бы одного узла сети. Применительно к ТРТСПД вывод заключается в минимизации использования VPN. Кроме того, перераспределение финансовых ресурсов в сторону покупки арендованных выделенных каналов или подключений к Интернет для организации VPN снижает ресурс для развития собственных систем связи, что снижает в свою очередь уровень технологической независимости конкретной компании. Хотя в некоторых случаях аренда подключения через стороннего провайдера возможна как временная мера, либо как средство для обеспечения физического прохождения резервного линка по другому пути, чем основной, что может повысить надёжность на физическом уровне. Также следует учитывать, что создание VPN в ТРТСПД легитимно только для VPN-шлюзов предприятия, оконечные пользовательские устройства не должны создавать VPN. Данное ограничение облегчает контроль VPN-туннелей в ТРТСПД.

В работе [8] описывается методика расчёта коэффициента готовности в марковской модели надёжности при резервировании единиц сетевого оборудования. Рассмотрена трехуровневая модель ЛВС. Показано, что добавление одного коммутатора ядра и одного коммутатора распределения увеличивает коэффициент готовности с 0,995903 до 0,999307, что в приведённой в работе [8] схеме ЛВС соответствует значениям до модернизации около 36 часов недоступности в год, а после – около 6 часов в год, то есть ведёт к улучшению в 6 раз. Это приводит к выводу, что добавление одного или двух резервных сетевых устройств в нужном месте топологии сети ведёт к кратному уменьшению возможного времени простоя.

Из вышеизложенного можно сформулировать следующие минимальные требования применительно к ТРТСПД в части надёжности:

1. Каждый узел ТРТСПД должен иметь минимум 2 соединения (канала связи) с головным офисом, на особо важных участках в сторону головного офиса следует создавать больше резервных линков, стараясь максимально приблизить этот участок к полносвязной топологии;
2. Каждый узел ТРТСПД должен иметь минимум 2 сетевых маршрутизирующих элемента (маршрутизатора) для резервирования на уровне шасси;
3. Резервные каналы должны быть подключены к разным маршрутизаторам для комплексного снижения вероятности выхода из строя канала/маршрутизатора;
4. Резервные каналы могут проходить разными физическими путями, при необходимости возможно подключение арендованных соединений при приоритете использования собственных каналов связи;



5. При принятии решений по планированию нужно учитывать исторические данные с систем мониторинга, проводить тесты в соответствии с рекомендациями МСЭ [9]-[18] для определения проблемных мест в топологии.

#### Заключение

В данной статье проанализированы исследования и методики практического применения для повышения надёжности сети передачи данных, рассмотрена их адаптация для сети передачи данных корпоративного сектора, выполняющей задачи обеспечения технологических процессов предприятия. На основе анализа работ других авторов получено теоретическое подтверждение практикуемых в сети предприятий подходов, выработанных эмпирическим путём.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руденков Н.А., Долинер Л.И. Основы сетевых технологий. // учеб.пособие. Изд-во Уральского Федерального института. – 2011, с.42 – 47.
2. Шринивас. В. Качество обслуживания в сетях IP. // Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003, с. 17 – 19.
3. Пономарев Д.Ю. Теория телетрафика// учеб.пособие.// СибГУ им. М. Ф. Решетнева. – Красноярск, 2017. – 160 с. 54 – 57.
4. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы. Технологий. Протоколы. // Учебник для вузов. 4-е изд. — СПб.: Питер, 2010. с.35 – 37
5. ГОСТ 27.002—2015. Надёжность в технике. Термины и определения [Текст]. Взамен ГОСТ 27.002—89; Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 28 декабря 2015 г. No 83-П) – 23 с.
6. Zhang-Shen R., McKeown N. Designing a fault-tolerant network using valiant load-balancing // Conf. publ. the 27th conf. on computer communications. S. 1.: IEEE INFOCOM. 2008. P. 2360–2368. [Электронный ресурс] // URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.141.2653&rep=rep1&type=pdf> (дата обращения: 23.02.2021)
7. Анисимов В.В., Бегаев А.Н., Стародубцев Ю.И. Модель функционирования сети связи с неизвестным уровнем доверия и оценки её возможностей по предоставлению услуги VPN с заданным качеством [электронный ресурс] //вопросы кибербезопасности no1(19) - 2017 url: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-funktsionirovaniya-seti-svyazi-s-neizvestnym-urovнем-doveriya-i-otsenki-eyo-vozmozhnostey-po-predostavleniyu-uslugi-vpn-s-zadannym> (дата обращения: 23.02.2021)
8. Рахман П.А. Коэффициент готовности трехуровневых локальных сетей передачи данных // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 9-3. – С. 463-466; URL: <https://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=7349> (дата обращения: 23.02.2021)
9. Li T. and Rekhter Y., A Provider Architecture for Differentiated Services and Traffic Engineering (PASTE), IETF RFC 2430, Tech. Rep., 1998.
10. Mahdavi J. and Paxson V., Ippm metrics for measuring connectivity, IETF RFC 2678, September, 1999.
11. Almes G., Kalidindi S., and Zekauskas M., A One-Way Delay Metric for IP Performance Metrics (IPPM), IETF RFC 7679, 2016.
12. Almes G., Kalidindi S., and Zekauskas M., A One-Way Loss Metric for IP Performance Metrics (IPPM), IETF RFC 7680, 2016
13. Almes G., Kalidindi S., and Zekauskas M., A round-trip delay metric for ippm, IETF RFC 2681, 1999.
14. Koodli R. and Ravikanth R., One-way loss pattern sample metrics, IETF RFC 3357, 2002.
15. Demichelis C. and Chimento P., Ip packet delay variation metric for ip performance metric (ippm), IETF RFC 3393, 2002.
16. Shalunov S., Teitelbaum B., Karp A., Boote J., Zekauskas M.: A One-way Active Measurement Protocol (OWAMP), RFC 4656 2006.

17. ITU-T, Support of ip-based services using ip transfer capabilities, Tech. Rep. Rec. Y.1241
18. МСЭ-Т, Требования к сетевым показателям качества для служб, основанных на протоколе IP, Рекомендация Y.1541, 2006.  
УДК 004.942

**С. А. Капитонов, Д. А. Овчинников**

### **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ**

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: полупроводники, транзисторы, компьютерное моделирование.

В рамках данной статьи описывается система компьютерного моделирования, предназначенная для интерактивного математического моделирования явления p-n перехода в транзисторах. Данная программа может быть использована в качестве наглядного пособия для студентов и способствовать лучшему пониманию студентами физических принципов явления.

**S. A. Kapitonov, D. A. Ovchinnikov**

### **VISUALISATION OF THE OPERATION OF ELECTRONIC COMPONENTS**

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISISibGUTI), Russia

Keywords: semiconductors, transistors, computer models.

This article describes a computer simulation system for visualization and creating mathematical models of P-N transitions in transistors. This program could be used as visual material for students and facilitate better understanding of material.

### **ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день полупроводниковая электроника, в частности транзисторы, является тем краеугольным камнем, на котором держится вся вычислительная техника. Без полупроводников было бы невозможно наступление информационного века и столь бурное развитие информационных технологий.

К сожалению, образовательные программы сегодня не поспевают за техническим прогрессом и социальным развитием. Т.е. зачастую есть возможность использовать современные технологии для наглядного представления материала учащимся, что может способствовать его лучшему освоению.

В рамках данной работы была написана компьютерная система, моделирующая работу некоторых радиоэлектронных компонентов. Данная модель может быть использована при преподавании материала и способствовать его лучшему усвоению учащимися.

### **СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ**

Зачастую, для наглядности процесса обучения оптимальным вариантом является не просто прочтение или прослушивание теории со статическими иллюстрациями, а самостоятельная работа с электротехническими элементами. К сожалению, в большинстве случаев такой возможности нет в силу различных причин. И альтернативой является использование эмуляторов электротехнических компонентов. Конечно, эмуляторы не являются полноценной заменой реальным лабораторным установкам, но зато позволяют показать то, что невозможно в реальности, например, движение электронов внутри проводников.

Именно поэтому в рамках данной научно-исследовательской работы была разработана программа для интерактивного математического моделирования явления р-п перехода в транзисторе. Данная программа может быть использована в качестве наглядного пособия для студентов УрТИСИ СибГУТИ способствовать лучшему пониманию студентами физических принципов явления (рисунок 1).

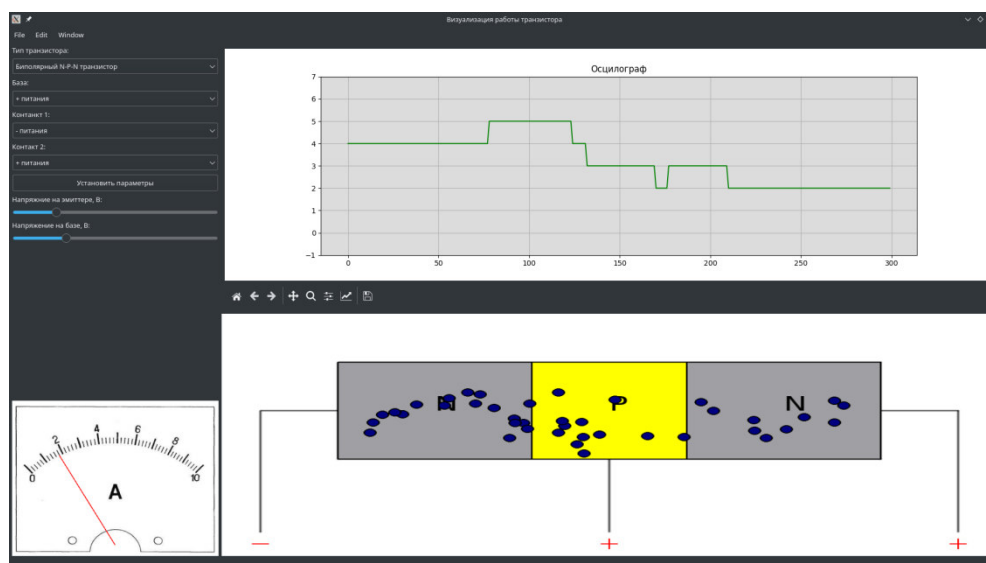


Рисунок 1 – Интерфейс программы

В рамках данной программы существует возможность ознакомиться с основными принципами работы транзистора. Например при отсутствии подключения необходимого потенциала к базе через транзистор не будет происходить протекание тока из-за образования обедненного (блокирующего) слоя, который будет также отображаться на схеме. А если есть необходимость увеличить проходящий электрический ток, то можно воспользоваться не только ползунком, непосредственно усиливающим напряжение на источнике тока, но и увеличить напряжение на базе, что позволяет продемонстрировать работу транзистора в режиме усилителя.

Программа позволяет продемонстрировать работу электротехнического элемента при различных входных параметрах. За их настройку отвечает соответствующая панель слева. Там можно с помощью контекстного меню задать тип эмулируемого транзистора, а также изменить подключенные к базе, эмиттеру и коллектору транзистора потенциалы. Изменения этих параметров будут применены только после нажатия на кнопку “Установить параметры”, т.к. в рамках одной системы их изменение невозможно. Также есть возможность изменить напряжение на источнике питания и базе, причем в рамках одного и того-же моделирования.

Сама программа написана на языке Python версии 3.9.2 с использованием фреймворков PyQt5 (кроссплатформенная работа с оконными приложениями) и matplotlib (отрисовка графиков).

Язык Python является кроссплатформенным, поэтому данную программу можно без каких-либо изменений использовать на большом количестве операционных систем, в том числе Windows, Mac OS и Linux (скорее всего, программа будет работать даже на операционных системах с Arm архитектурой, но такая функциональность при разработке не тестировалась). Более того, возможности Qt фреймворка позволяют интегрировать приложение в интерфейс операционной системы, наследуя ее дизайн, цветовую палитру, а также функции для людей с ограниченными возможностями.

Исходный код программы можно найти в репозитории разработчика на [github.com](https://github.com/qerty123/electrotech_lib/tree/main/transistor) ([https://github.com/qerty123/electrotech\\_lib/tree/main/transistor](https://github.com/qerty123/electrotech_lib/tree/main/transistor)).

У разработчика данного проекта уже была подобная работа, посвященная другому радиоэлектронному компоненту - диоду. Именно поэтому данная работа была написана на языке Python, и максимально приближена к предыдущей как по пользовательскому интерфейсу,

так и по реализации. Кроме того, в будущем возможен выпуск еще ряда работ на подобную тематику.

Также, т.к. программы разрабатывались одним человеком за весьма ограниченное время в них могут быть ошибки, которые также необходимо исправлять.

По данным причинам, было решено создать комплексное решение, включающее в себя как уже вышедшие работы, так и систему, позволяющую максимально автоматизировать выпуск и доставку пользователю новых версий программного комплекса.

На сегодняшний день комплекс состоит из следующих компонентов:

- 1) Программа визуализации P-N перехода на примере диода.
- 2) Программа визуализации работы транзистора.
- 3) Лаунчер, обеспечивающий удобный интерфейс запуска эмуляторов компонентов, а также добавляющий функционал автоматического обновления программного комплекса (рисунок 2).
- 4) Скрипт для автоматической установки.

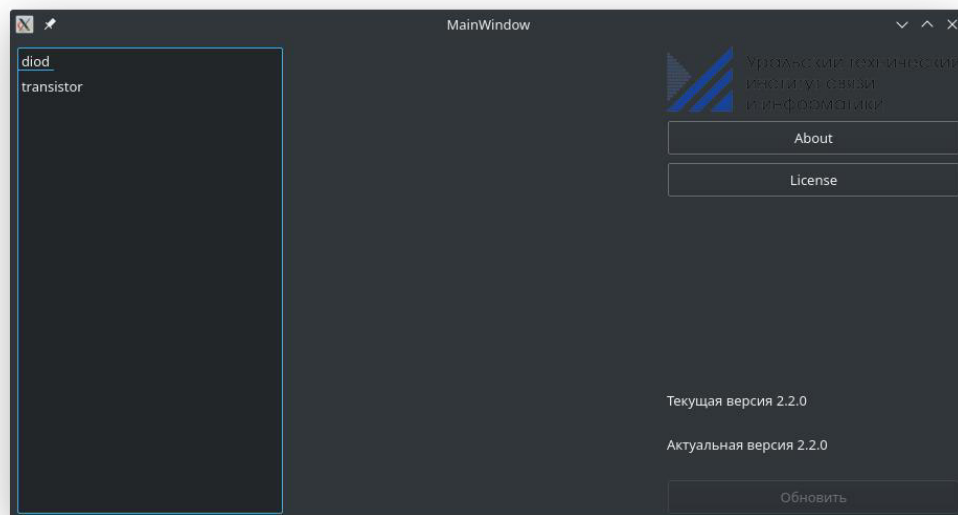


Рисунок 2 – Лаунчер

Лаунчер представляет из себя удобный интерфейс. Все установленные подпрограммы отображаются в списке слева и запускаются с помощью двойного клика. Справа находятся кнопки для вызова краткой справки и текста лицензии. Ниже отображаются текущая установленная версия и доступная для установки новая версия. Если программа обнаружила новую доступную версию, то кнопка “обновить”. После нажатия на нее программа автоматически загрузит последнюю версию и перезапустится.

Как было сказано выше, единственным минусом текущей архитектуры можно назвать то, что язык Python является интерпретируемым. Это значит, что программы поставляются не в виде самодостаточных бинарных файлов, а в виде открытых инструкций для интерпретатора. Т.е. для работы программы необходимо чтобы на компьютере пользователя был установлен интерпретатор языка Python а также были установлены соответствующие библиотеки.

Для того чтобы облегчить данный процесс был создан установочный скрипт который также работает под любой операционной системой. Для его работы требуется только установленный интерпретатор Python. Скрипт автоматически установит все требуемые зависимости и саму программу последней версии.

То что программа не имеет исполняемых файлов, а поставляется в виде инструкций для интерпретатора позволяет избежать необходимости цифровой подписи для работы под Mac OS, а также предупреждений антивируса Windows.

Программный комплекс распространяется под лицензией GNU Private License v3.0. Данная лицензия является разрешительной. Т.е. любой может использовать данный программный продукт на свое усмотрение, а также модифицировать и распространять его. Однако программный код предоставляется “as is”, т.е. разработчик не несет за него никакой ответственности и не отвечает за то, что вы с помощью него сделаете. А также, лицензия подразумевает, что модифицированная вами программа должна также распространяться под этой же лицензией и иметь открытый исходный код.

Исходный код программы можно найти в репозитории на [github.com](https://github.com/qerty123/electrotech_lib/) ([https://github.com/qerty123/electrotech\\_lib/](https://github.com/qerty123/electrotech_lib/)).

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной работы было разработано методическое программное решение, позволяющее визуализировать работу некоторых радиоэлектронных компонентов и способствующее лучшему освоению материала учащимися.

Но при этом не стоит рассматривать данный программный продукт как конечное решение. В рамках системы контроля версий была настроена автоматическая система обновлений, позволяющая использовать парадигму непрерывной разработки, т.е. в течении длительного времени добавлять в проект новый функционал и при этом автоматически доставлять последнюю версию программного продукта конечному потребителю.

Использование системы контроля версий Git и лицензии GNU GPL позволяет также использовать не декларативный подход к разработке, а заниматься разработкой группой заинтересованных людей, т.е. сообществом разработчиков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Акимова Г. Н. Электронная техника. — Москва: Маршрут, 2003. — С. 28—30. — 290 с.
2. Овсянников Н. И. Кремниевые биполярные транзисторы: Справ. пособие. — Мн.: Высшая школа, 1989. — 302 с.
3. Криштафович А. К., Трифонюк В. В. Основы промышленной электроники. — 2-е изд. — М.: Высшая школа, 1985. — 287 с.
4. Матвеев И. П. Основы электротехники и микропроцессорной техники / к.т.н. профессор Б. С. Колосницын - Минск: РИПО, 2012 - 248с.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Донской государственный технический университет, г. Ростов – на – Дону, Россия

Ключевые слова: природные катастрофы, прогнозирование, машинное обучение, мониторинг, проектирование, UML-диаграмма.

В статье приводится проектирование системы прогнозирования природных катастроф с применением технологий машинного обучения. Формулируются основные модули будущей системы, разрабатываются UML-диаграмма основных ее компонентов и общая схема работы математической модели для прогнозирования. Также рассматриваются перспективы разрабатываемой системы и сферы ее применения.

I. V. Korolkevich, E.A. Revyakina

## DESIGNING A SYSTEM FOR PREDICTING NATURAL DISASTERS WITH THE USE OF COMPUTER-ASSISTED INSTRUCTION

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: natural disasters, forecasting, computer-assisted instruction, monitoring, design, UML diagram.

The article describes the design of a system for predicting natural disasters using computer-assisted instruction technologies. The main modules of the future system are formulated, a UML diagram of its main components and a general scheme of the mathematical model for forecasting are developed. The prospects of the developed system and the scope of its application are also considered.

### Введение

Природные катастрофы всегда являлись источником социальных потрясений, больших экономических потерь для любого государства. Стихийные бедствия в прошлом происходили в соответствии с развитием естественных природных факторов, а начиная с прошлого столетия на динамику их развития стали влиять антропогенные факторы. Бурный рост инженерной деятельности и формирование сложной социально-экономической структуры мира привели к увеличению доли природных катастроф, обусловленных антропогенной деятельностью, и изменению характеристик окружающей среды в сторону ухудшения.

В настоящее время одним из важнейших направлений современных научных исследований является своевременное прогнозирование природных катастроф, так как наличие возможности заблаговременной подготовки к той или иной опасной ситуации позволяет минимизировать потери как экономические, так и человеческие. В основе всех методик, способов и методов прогнозирования природных катастроф лежит эвристический или математический подход. В первом случае суть заключается в использовании мнений специалистов-экспертов, которые затем применяются для прогнозирования процессов, формализовать которые нельзя. Математический подход заключается в использовании имеющихся наборов данных о некоторых характеристиках прогнозируемого объекта и их последующей обработке математическими методами [1].

Несмотря на то, что тематике прогнозирования природных катастроф посвящено немало количество исследований, вопросы по прогнозированию с применением технологий машинного

обучения на данный момент раскрыты в недостаточной мере. Таким образом, выбранная тема является актуальной, так как проектирование системы прогнозирования природных катастроф с применением технологий машинного обучения может выступить отправной точкой для дальнейшей разработки программного обеспечения, которое расширит набор инструментов, используемых для прогнозирования природных катастроф, что положительно скажется на предотвращении тех или иных угроз.

Целью данной работы является проектирование системы прогнозирования природных катастроф с применением технологий машинного обучения.

В соответствии с поставленной целью были установлены следующие задачи:

- разработать алгоритм системы: определить ее компоненты и их функционал;
- разработать UML-диаграмму взаимодействия компонентов системы;
- определить перспективы развития исследования.

#### 1 Разработка алгоритма системы

Разработка любого программного обеспечения, будь то небольшая консольная процедура или комплексный программный продукт, состоит из нескольких основных этапов таких как:

- формирование требований к будущему ПО;
- проектирование;
- написание программного кода;
- тестирование и отладка;
- внедрение и сопровождение [2].

В рамках данной работы будут выполнены два первых этапа из цикла разработки программного обеспечения и сформулированы перспективы развития данной системы.

Первым этапом разработки программного продукта является формирование требований к создаваемому программному обеспечению, с целью определения его ключевых целей и задач. Для планируемой системы прогнозирования погодных катастроф с применением технологий машинного обучения были сформированы цель – оповещать пользователей системы о возможных в ближайшем будущем природных катастрофах, и задачи:

- вероятность возникновения каждой из разновидностей природных катастроф рассчитывает специально обученная под данный вид модель, на начальном этапе модель для расчета вероятности возникновения лесных пожаров;
- наличие функционала для обучения каждой из моделей;
- наличие функционала для сбора информации и формирования входных файлов для моделей;
- наличие пользовательского интерфейса.

Следующим этапом в разработке системы является проектирование, то есть моделирование теоретической основы и формирование окончательной архитектуры создаваемого продукта. Рассмотрим теоретические основы для прогнозирования лесных пожаров. В качестве исходных данных служат:

- класс пожарной опасности в лесу по условиям погоды;
- данные о рельефе местности;
- данные о погодных условиях (температура воздуха и точки росы в градусах Цельсия и количество выпавших осадков в мм);
- результаты ретроспективного анализа распределения пожаров во времени рассматриваемого региона.

Для вычисления комплексного показателя (КП) пожарной опасности в лесу применяют формулу 1, где  $t$  – температура воздуха;  $r$  – температура точки росы;  $n$  – количество дней после последнего дождя [3].

$$КП = \sum_{1}^n t(t - r) \#(1)$$

Данная система планируется для работы на персональных компьютерах под управлением ОС Windows 10 и Linux. Для ее разработки рекомендуется использовать язык

программирования Python. Данный язык отличается лаконичностью и удобством чтения, он хорошо зарекомендовал себя в разработке систем с машинным обучением.

## 2 Формирование архитектуры системы

Для разработки системы прогнозирования природных катастроф с применением технологий машинного обучения были сформированы следующие модули:

- база знаний;
- модуль сбора данных;
- математическая модель;
- обработчик результатов;
- пользовательский интерфейс.

Рассмотрим каждый из модулей более детально. База знаний – один из ключевых компонентов интеллектуальной системы. Она отвечает за хранение знаний о предметной области. Изначально планируется обучить модель для расчета вероятности лесных пожаров на основе метеорологических данных за последние несколько десятков лет. Затем база знаний будет регулярно пополняться благодаря модулю сбора данных.

Модуль сбора данных – компонент, отвечающий за пополнение базы знаний ежедневными метеорологическими данными из открытых источников сети Интернет. Каждый день в определенное время модуль будет сохранять актуальные данные в базу знаний системы.

Математическая модель прогнозирования вероятности возникновения природной катастрофы отвечает за ежедневный расчет вероятности и последующую передачу полученного значения в модуль обработчика выходных данных.

Следующий компонент разрабатываемой системы – модуль обработки выходных данных. Он отвечает за анализ полученной вероятности из математической модели. Далее, если полученная вероятность высока, модуль отправляет соответствующее уведомление на экран пользовательского интерфейса.

Итоговая UML-диаграмма компонентов системы прогнозирования природных катастроф с применением машинного обучения представлена на рисунке 1.



Рис. 1. UML-диаграмма компонентов системы

## 3 Математическая модель прогнозирования

Как было сказано ранее, в разрабатываемой системе за сбор входных данных отвечает модуль сбора данных. Нам нужно предсказать величину вероятности той или иной природной катастрофы, то есть нужна математическая модель, которая, основываясь на значениях нескольких переменных, в данном случае соответствующих данных о состоянии погоды, вычислит эту величину. Для этой задачи планируется применение алгоритма логистической регрессии.

В машинном обучении логистическая регрессия является широко используемым алгоритмом, который использует логистическую функцию для моделирования зависимости выходной переменной от набора входных. Наиболее часто используют модель логистической регрессии, записываемую уравнением, представленном в формуле 2, где  $p_i$  – вероятность того, что произойдет интересующее событие,  $e$  – основание натурального логарифма,  $z_i$  – линейная комбинация предикторов [4].

$$p_i = \frac{1}{1 + e^{-z_i}} \quad \#(2)$$



Общая схема работы математической модели для прогнозирования вероятности возникновения лесного пожара представлена на рисунке 2. В дальнейшем аналогичные модели будут использоваться для прогнозирования других видов катастроф. На стадии пре-процессинга полученные данные из модуля сбора данных будут приводиться к виду, необходимому для дальнейшей передачи в алгоритм машинного обучения. Пост-процессинг отвечает за анализ рассчитанных значений, их проверку на истинность. Его осуществляет модуль обработчика результатов.



Рис. 2. Общая схема работы модели  
Заключение

Предлагаемую систему прогнозирования природных катастроф с применением технологий машинного обучения предполагается использовать в качестве дополнительного инструмента для расчета вероятностей возникновения той или иной природной катастрофы. Гибкость архитектуры позволит добавлять математические модели для прогнозирования множества видов природных катастроф, что является одной из главных особенностей разрабатываемой системы.

Так же следует выделить возможные перспективы развития данной системы. Одним из главных направлений развития системы является реализация кроссплатформенности: разработка клиентских приложений на мобильные ОС, такие как Android и iOS. Это позволит пользователям получать прогнозы в любое время и в любом месте при условии наличия мобильного устройства, подключенного к сети Интернет. Еще одним вектором развития системы является расширение поддерживаемых для прогнозирования видов природных катастроф: изучение области возникновения того или иного вида, выделение его ключевых признаков и реализация соответствующей математической модели.

В результате исследования была спроектирована система прогнозирования природных катастроф с применением технологий машинного обучения на примере прогнозирования вероятности возникновения лесных пожаров. Была изучена природа их возникновения и алгоритм их прогнозирования. Также была сформирована архитектура разрабатываемой системы, построены UML-диаграмма взаимодействия компонентов и схема работы математической модели, сформулированы возможности применения и перспективы для программного средства.

#### Литература

1. Брежний И.А., Ревякина Е.А., Уколов Е.М. Перспективы развития геоинформационных систем // Российская наука в современном мире Сборник статей XV международной научно-практической конференции. 2018. С. 47-48
2. Intechcore – Компания по разработке программного обеспечения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.intechcore.com/>
3. ВДПО – Всероссийское добровольное пожарное общество. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vdpo.ru/>
4. MachineLearning – Профессиональный информационно-аналитический ресурс. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.machinelearning.ru/>

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ СВЯЗИ В СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ CODESYS

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Уральский институт Государственной противопожарной службы  
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,  
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»,  
г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский  
государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге  
(УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: аналоговые сигналы, аналого-цифровое преобразование, виртуальные лабораторные работы, гармонические колебания, дискретизация по времени, квантование, модуляция, система связи, среда программирования, характеристика преобразования.

Дано описание комплекса виртуальных лабораторных работ (ВЛР) по дисциплине «Автоматизированные системы управления и связь». Обоснован выбор интегрированной среды программирования CoDeSys для создания проектов ВЛР. Комплекс состоит из четырех ВЛР, посвященных рассмотрению процессов преобразования сигналов в системе связи, изучению функций основных блоков, входящих в систему, исследованию влияния параметров системы на качество передачи сигнала, отработке правил ведения радио связи в служебных сетях. Рассмотрены возможности использования ВЛР при изучении дисциплин по связи.

Lugovkin<sup>1</sup> V.V, Kobelev<sup>1</sup> A.M, Kuanyshev<sup>2</sup> V. T.

## MODELING OF COMMUNICATION SYSTEM ELEMENTS IN THE CODESYS PROGRAMMING ENVIRONMENT

<sup>1</sup> "Ural Institute of the State Fire Service Ministry of the Russian Federation for Civil Defense,  
Emergency Situations and Elimination of Consequences of Natural Disasters", Yekaterinburg, Russia  
<sup>2</sup> Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University  
of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: analog signals, analog-to-digital conversion, virtual laboratory work, harmonic oscillations, time sampling, quantization, modulation, communication system, programming environment, transformation characteristic.

The description of the complex of virtual laboratory works (VLR) on the discipline "Automated control systems and communication" is given. The choice of the CoDeSys integrated programming environment for creating VLR projects is justified. The complex consists of four VLRs devoted to the consideration of signal conversion processes in the communication system, the study of the functions of the main blocks included in the system, the study of the influence of system parameters on the quality of signal transmission, and the development of rules for conducting radio communications in service networks. The possibilities of using it in the LR in the study of communication disciplines are considered.

## Введение

Ситуация, связанная с появлением коронавирусной инфекции 2019 года, с особой остротой поставила вопрос об использовании дистанционных форм обучения на всех образовательных уровнях, сделав ДО единственной возможной для реализации формой на достаточно длительное время. При этом наиболее «пострадавшим» из всех традиционных видов занятий стали лабораторные работы, т.к. их адекватное проведение стало возможным лишь в виртуальном варианте. Виртуальные лабораторные работы (ВЛР) являются представителями эффективных интерактивных форм обучения, возникновение которых стало возможным благодаря развитию информационных технологий. С помощью ВЛР обучаемые могут получать практические навыки в определенной предметной области. В ряде случаев ВЛР способны заменить дорогостоящее оборудование, решают проблемы, связанные с его эксплуатацией, ограниченностью доступа к оборудованию, узостью диапазонов варьирования режимных параметров. В нормальном режиме учебного процесса ВЛР обычно рассматриваются как дополнение традиционных (натурных) лабораторных работ. Легко обновляемый комплекс таких работ может существенно дополнить и расширить возможности лабораторного практикума по любой дисциплине [1]. В условиях, подобных текущим, ВЛР призваны полностью компенсировать недоступность лабораторий.

При выборе среды программирования, используемой для разработки проектов ВЛР, важную роль играют такие факторы, как применимость ее в дальнейшей профессиональной деятельности обучаемого, доступность, стоимость приобретения. Интегрированный пакет CoDeSys известен как универсальный инструмент для программирования контроллеров и промышленных компьютеров. Для разработки проектов виртуальных лабораторных работ большим достоинством CoDeSys является возможность программирования на шести языках стандарта МЭК 61131-3 с использованием средств визуализации, что позволяет сделать проект лаконичным и выразительным, а работу изучаемой системы наглядной и динамичной [2, 3]. Важным фактором использования пакета CoDeSys в учебном процессе является его бесплатное распространение. Приведенные выше доводы обусловили выбор интегрированной среды программирования CoDeSys для создания комплекса виртуальных лабораторных работ по дисциплине «Автоматизированные системы управления и связь».

## Программные модули ВЛР

Рассматриваемый комплекс состоит из четырех ВЛР (в статье представлены две из них), посвященных рассмотрению процессов преобразования сигналов в системе связи, изучению функций основных блоков, входящих в систему, исследованию влияния параметров системы на качество передачи сигнала, отработке правил ведения радиосвязи в служебных сетях. Проект каждой ВЛР содержит несколько окон визуализации, а также текстовые документы, содержащие основные теоретические сведения, описание хода выполнения работы, рекомендации по обработке материалов исследований и подготовке отчета. Вызов нужного материала и переходы между окнами визуализаций производятся с помощью элементов визуализации «кнопка» с соответствующими надписями.

В первой ВЛР «Виды и преобразование сигналов» исследуются основные этапы аналого-цифрового преобразования и модуляции, в результате которых первичный электрический аналоговый сигнал преобразуются во вторичный сигнал, подготовленный к передаче по линии связи. В качестве объекта исследования используется модель передающего блока системы связи в составе генератора аналоговых сигналов, аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и модулятора. Программа позволяет синтезировать изучаемый аналоговый сигнал в виде суммы линейной и трех гармонических составляющих с разными параметрами, что обеспечивает вариантность выполнения работы, задавать частоту дискретизации, разрядность АЦП и вид модуляции (амплитудная, частотная, фазовая), наблюдать за изменениями сигналов во времени на всех этапах преобразования, получать статические характеристики преобразования АЦП и модулятора.

Наглядное отображение сигнала и его составляющих представляет первый тренд этого проекта (рисунок 1). В аналитической части работы он используется для определения

параметров гармоник, частотного диапазона сигнала и требований к частоте его дискретизации по теореме В.А. Котельникова.

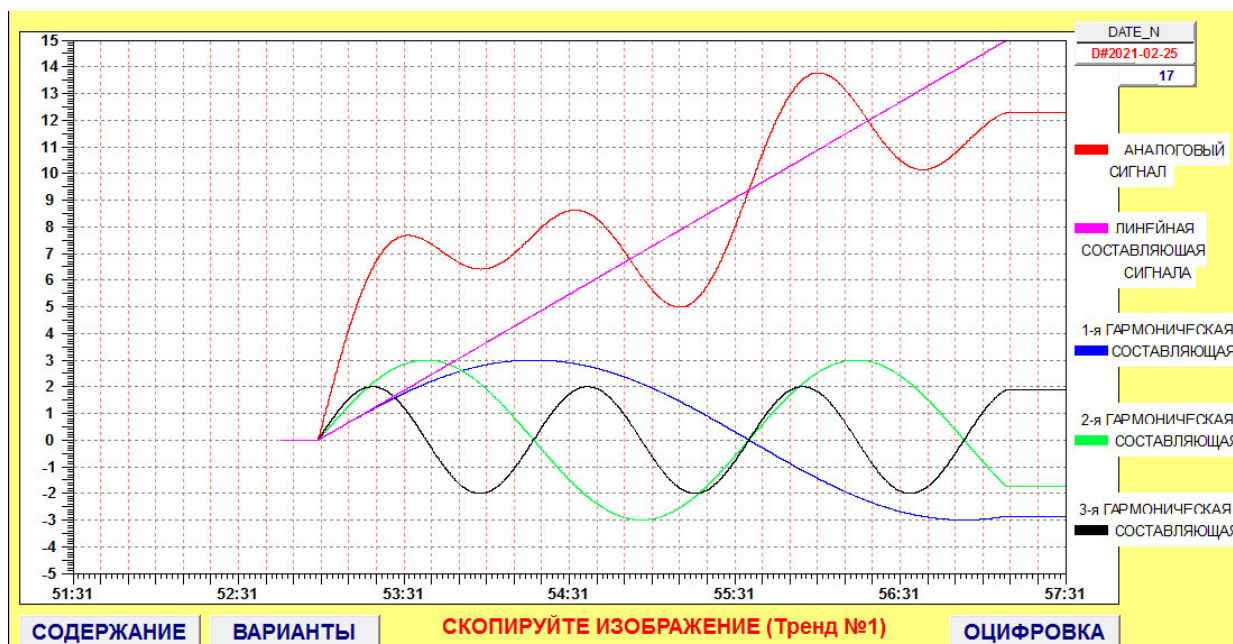


Рисунок 1 – Тренд «Составляющие аналогового сигнала»

Дальнейший ход исследований заключается в наблюдении за работой АЦП, представление о которой дает следующий тренд (рисунок 2). На тренде наглядно с помощью цветной графики представлены этапы дискретизации по времени, квантования по уровню и кодирования. В результате анализа рисунка обучаемые определяют частоту дискретизации и ее соответствие требованию теоремы В.А. Котельникова, выясняют источник шума квантования, устанавливают соответствие между истинным значением аналогового сигнала и его оцифрованным представлением. По данным этого тренда строится характеристика преобразования АЦП.

Повторение опытов при различных задаваемых разрядностях АЦП (2, 3 и 4 разряда) и частотах дискретизации (возможны четыре значения) позволяет сделать вывод о влиянии этих параметров на шум квантования.

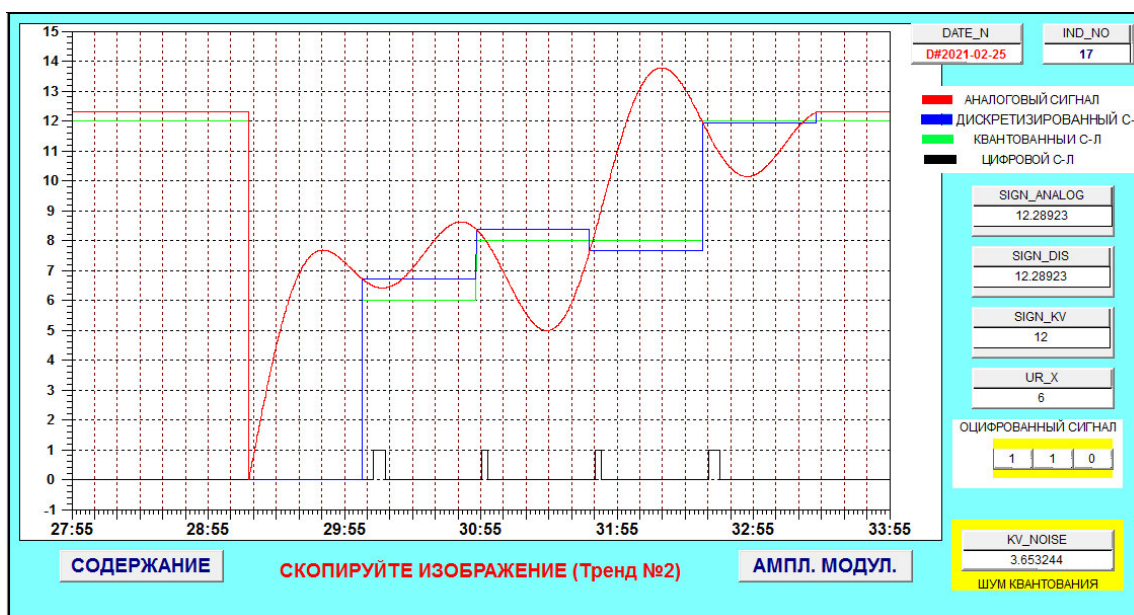


Рисунок 2 - Тренд «Этапы аналого-цифрового преобразования»

Для исследования процессов модуляции программа предусматривает использование трендов с различными масштабами времени. Общее представление о рассматриваемом виде

модуляции (АМ, ЧМ, ФМ) дают тренды с основным масштабом времени, охватывающий все время прохождения аналогового сигнала.

Для более точного определения параметров несущих колебаний и модулированного сигнала предусмотрены тренды с «растяжкой» времени. Их использование дает возможность получать характеристики преобразования процессов модуляции. На рисунке 3 в качестве примера приведен тренд с частотной модуляцией и замедленным масштабом времени.

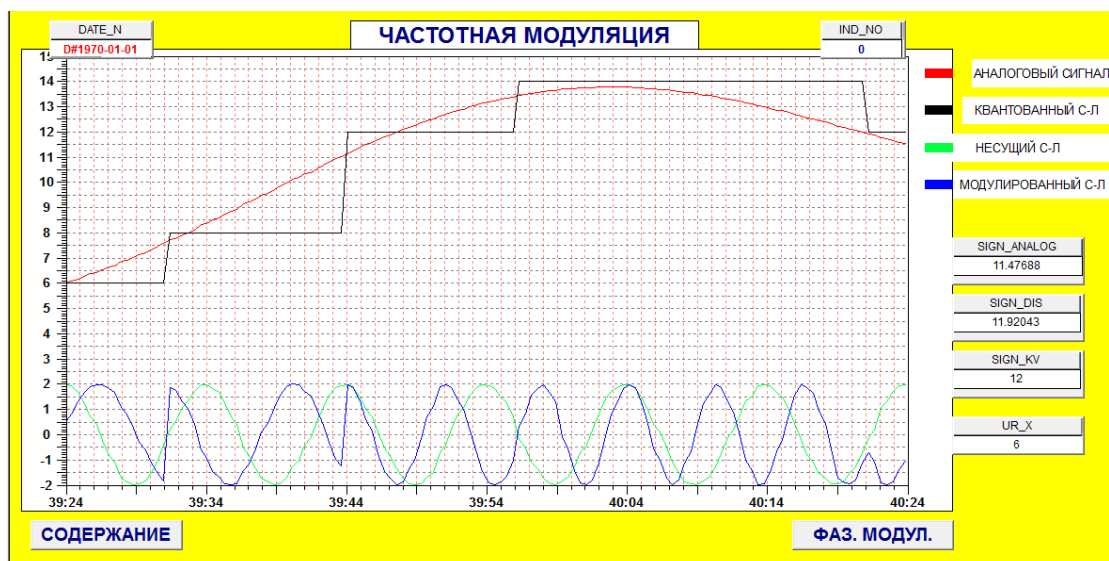


Рисунок 4. Тренд «Частотная модуляция (фрагмент сигнала)»

Вторая ВЛР «Помехоустойчивость цифровой системы связи» предназначена для автоматизированного выполнения лабораторной работы по исследованию процессов передачи цифрового сигнала в канале связи с оценкой помехоустойчивости системы. В качестве объекта исследования используется виртуальная система электросвязи в составе кодера (как источника цифрового сигнала), генератора помех на базе генератора случайных чисел, модулятора, линии связи, демодулятора и блока контроля ошибок. Модель имитирует действие реального лабораторного стенда для проведения названных выше исследований, поэтому в объем работы входит виртуальная сборка схемы и настройка ее элементов, что обеспечивается выдачей обучаемому директив по сборке схемы с контролем правильности выполнения операций. При этом возможность перехода к следующему исследовательскому этапу работы открывается только при правильном выполнении данных подготовительных шагов.

В процессе исследований программа позволяет задавать передаваемую цифровую информацию (4 разряда двоичного кода) и уровни полезного сигнала и помех в линии связи, выбирать вид модуляции (АМ, ЧМ, ФМ), наблюдать за изменениями сигналов на всех этапах преобразования, оценивать соответствие принятой и передаваемой информации путем визуального сопоставления и подсчетом количества ошибок при передаче.

Результат прохождения сигнала в канале связи представлен в специальном окне визуализации в виде тренда и таблиц.

#### Реализация

Рассмотренный комплекс программных ВЛР внедрен в учебный процесс в Уральском институте Государственной противопожарной службы при подготовке бакалавров и специалистов по направлениям «Пожарная безопасность», и «Техносферная безопасность», изучающих курс «Автоматизированные системы управления и связь». На все описанные модули получены «Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ» Федеральной службы по интеллектуальной собственности РФ.

#### Заключение

В целом представленный комплекс позволяет существенно дополнить лабораторную базу подготовки студентов по дисциплинам «Автоматизированные системы управления и

связь» и «Цифровая обработка сигналов». Особую значимость он имеет для студентов заочных и дистанционных форм обучения благодаря применению свободно распространяемого бесплатного программного обеспечения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Троицкий Д. И. Виртуальные лабораторные работы в инженерном образовании //Качество. Инновации. Образование. - 2008. - № 2. - С. 67-71.
2. Разаренов Ф.И. Полезные функции ОВЕН ПЛК // Автоматизация и производство. - 2008. - №1, с. 10...11.
3. Среда программирования CoDeSys 2.3 и другое программное обеспечение для ОВЕН ПЛК - CoDeSys 2.3. [www.owen.ru](http://www.owen.ru), вкладка «ПРОДУКЦИЯ»

## ДЕТЕКТИРОВАНИЕ АНОМАЛИЙ В СИГНАЛАХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЛЬТРА ЛИНЕЙНОГО ПРЕДСКАЗАНИЯ

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия

Ключевые слова: фильтр линейного предсказания, обнаружение аномалий, система управления технологическими процессами.

Рассмотрен способ детектирования аномалий в сигналах, получаемых от автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Продемонстрировано, что для решения данной задачи может с достаточно высокой эффективностью использоваться сигнал ошибки предсказания предиктора, включающего в себя фильтр линейного предсказания.

A.A. Manilkin, A.N. Ragozin

## ANOMALY DETECTION IN SIGNALS OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES USING LINEAR PREDICTION FILTER

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «South Ural State University (National research university)», Chelyabinsk, Russia

Keywords: linear prediction filter, anomaly detection, process control system.

A predictor of information signals observed in automated process control systems (APCS) is considered. It is shown that the error signal of the predictor implemented using the linear prediction filter is informative for detecting anomalies in the observed signals of the APCS.

**Введение.** Вредоносные воздействия, направленные на системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), проявляются как аномалии в динамике наблюдаемых временных рядов данных, наблюдаемых с различных сенсоров АСУ ТП [1]. В исследовании аномалии рассматриваются как неожиданное изменение в поведении наблюдаемых процессов временных рядов данных АСУ ТП, отражаемое в виде существенного увеличения ошибки предсказания предиктора, построенного на основе фильтра линейного предсказания временных рядов данных, наблюдаемых с различных сенсоров АСУ ТП [2].

Для детектирования аномалий предлагается использовать два типа фильтра линейного предсказания: адаптивный и не адаптивный. Отличия между ними заключаются в различных подходах к получению и коэффициентов. Для неадаптивного фильтра коэффициенты рассчитываются однократно, для чего используются временные ряды данных, полученных при работе АСУ ТП в отсутствии воздействий, приводящих к возникновению аномалий. Для адаптивного фильтра коэффициенты вычисляются перед каждым новым отсчетом на временных рядах, предшествующих вычисляемому отсчету.

**Способ формирования сигнала ошибки предсказания предиктора.** Структура метода формирования сигнала ошибки предсказания предиктора, построенного с использованием фильтров линейного предсказания, отражена на рисунке 1.



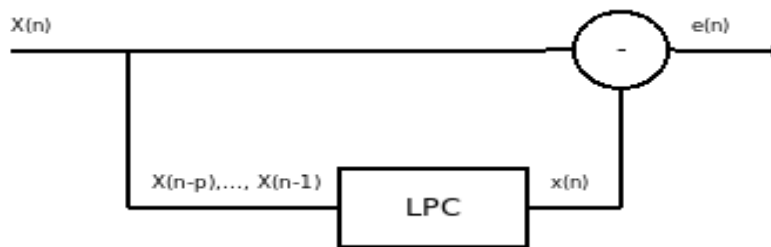


Рис.1. Формирователь сигнала ошибки предсказания предиктора.

На рисунке 1 показано:  $X(n)$  – текущий отсчет временного ряда, получаемый с датчика АСУ ТП;  $x(n)$  – предсказанное значение текущего отсчета исследуемого временного ряда; LPC – фильтр линейного предсказания (адаптивный, или неадаптивный);  $e(n)$  – ошибка предсказания текущего отсчета, то есть разность между отсчётом, полученным с датчика АСУ ТП  $X(n)$ , и его предсказанным значением  $x(n)$ ;  $p$  – порядок фильтра.

### Исследование сигнала ошибки фильтров линейного предсказания.

Временной ряд без аномалии, полученный с датчика АСУ ТП, показан на рисунке 2.



Рис.2. Сигнал АСУ ТП без аномалий.

В качестве аномалии будем рассматривать случай, когда вторая половина сигнала АСУ ТП (рисунок 2) заменена на другой сигнал с иной временной структурой. Аномальная часть сигнала будет представлена в виде более высокочастотного сигнала (рисунок 3). Данный пример иллюстрирует ситуацию скачкообразного перехода АСУ ТП в аномальный режим работы, продолжающийся длительное время.

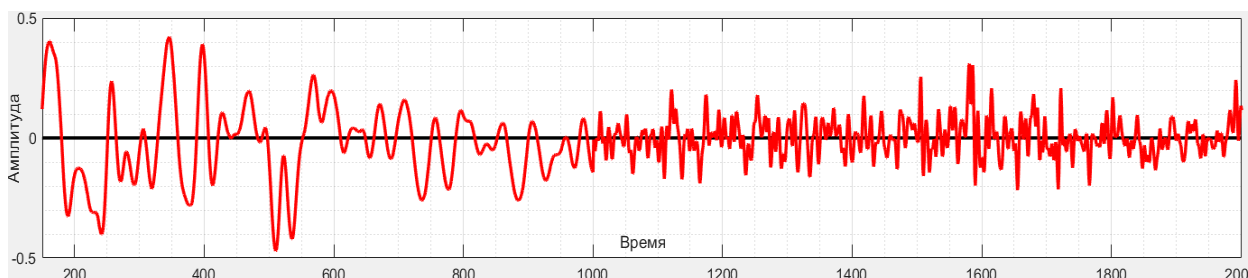


Рис.3. Сигнал с длительной аномалией (вторая половина сигнала).

Рассмотрим спектрограммы аномального сигнала и сигналов ошибки фильтров (рисунки 4 - 6).



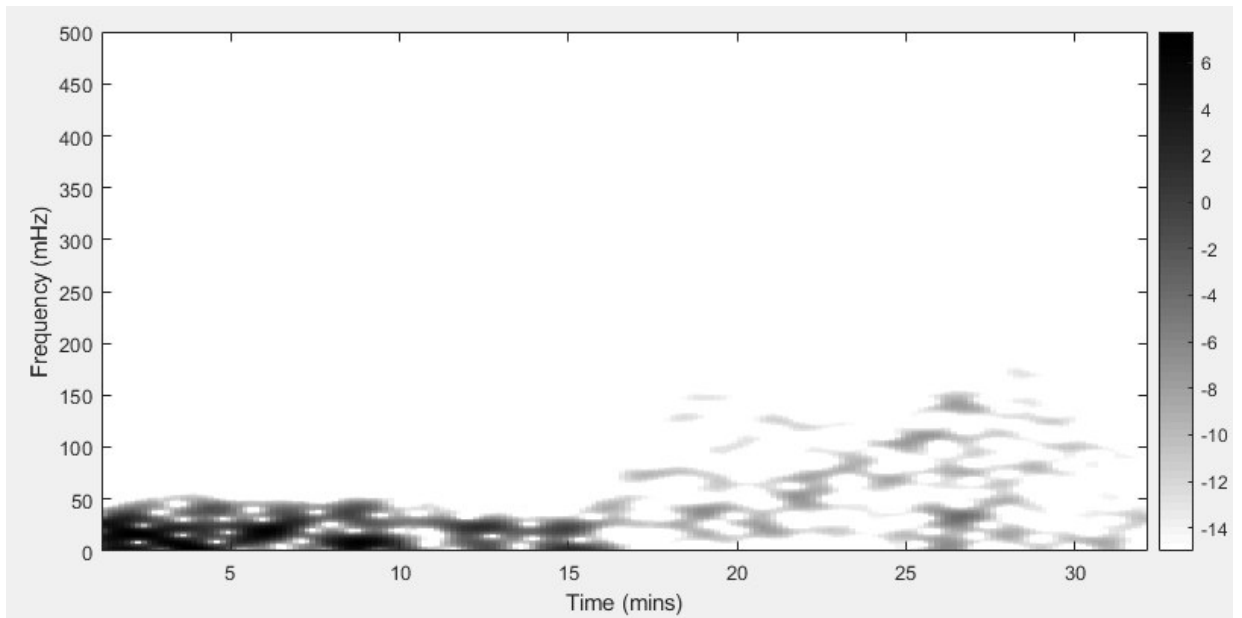


Рисунок 4 - Спектрограмма сигнала с аномалией

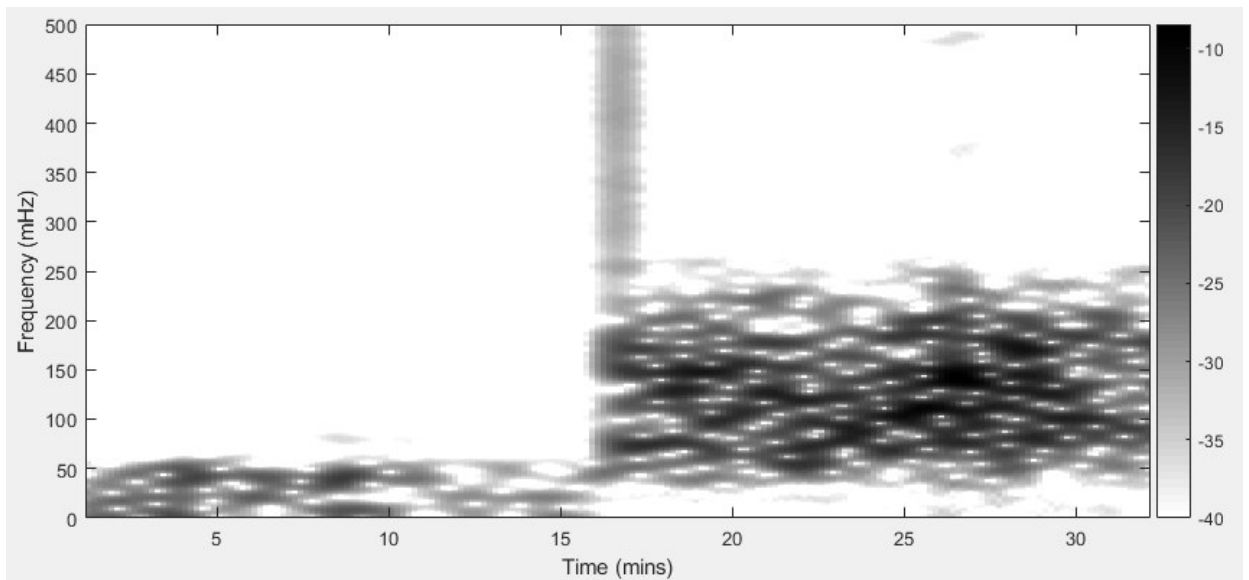


Рисунок 5 - Спектрограмма ошибки неадаптивного фильтра

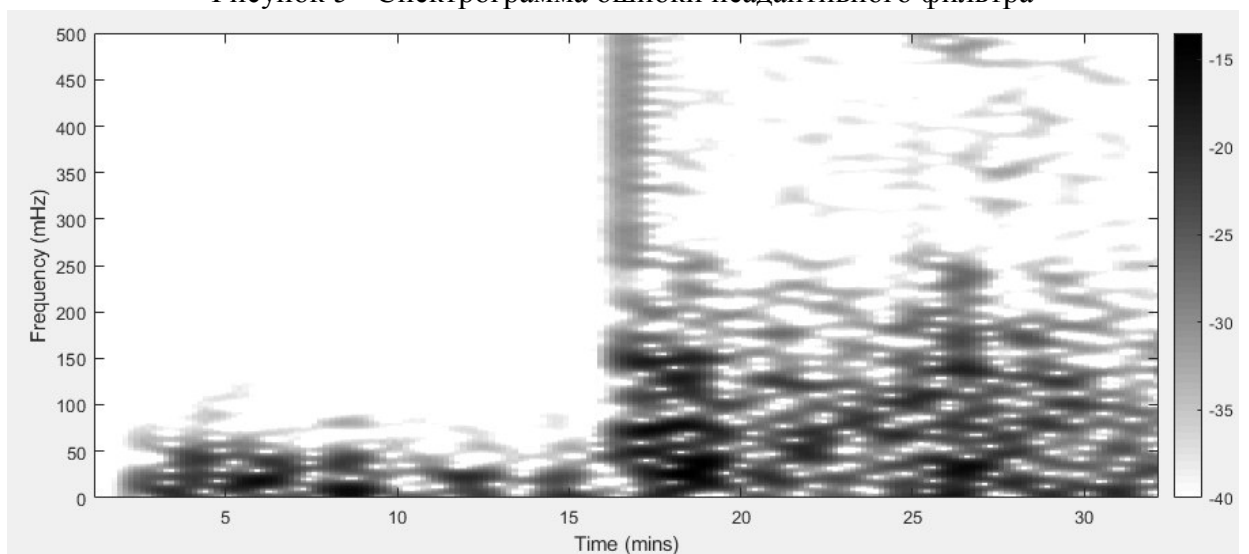


Рисунок 6 - Спектрограмма ошибки адаптивного фильтра

На спектрограммах, представленных на рисунках 4-6, при переходе из нормального режима работы в аномальный наблюдается усиление высокочастотных составляющих спектра,

причем на спектрограммах сигналов ошибок амплитуда аномальных составляющих спектра превышает амплитуду основных составляющих спектра для нормального участка сигнала, поэтому на спектрограмме сигнала ошибки с ограничивающей поверхностью, установленной на уровне амплитуды основных составляющих спектра для нормального участка сигнала, можно обнаружить участки, в которые была внесена аномалия.

**Заключение.** На спектрограммах сигналов ошибки в точке начала воздействия аномалии наблюдается увеличение высокочастотных составляющих, по которым можно обнаружить очаги аномалий. Спектрограмма сигнала ошибки адаптивного фильтра в области аномального воздействия имеет структуру белого шума, а в спектрограмме сигнала ошибки неадаптивного фильтра наблюдается преобладание частот, соответствующих основным частотам аномального участка сигнала. Таким образом, совместное использование адаптивного и не адаптивного фильтров линейного предсказания для анализа сигналов АСУ ТП позволяет обнаруживать длительные аномальные воздействия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. А. Браницкий, И. В. Котенко, Анализ и классификация методов обнаружения сетевых атак, Тр. СПИИРАН, 2016, выпуск 45, 207–244 DOI: <https://doi.org/10.15622/sp.45.13>.
2. Рагозин А. Н. “Применение цифровой обработки сигналов и нейронной сети при формировании прогноза временных рядов данных для целей обнаружения аномалий при автоматизированном управлении технологическими процессами”, Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере., No 1 (35), с. 24–34, 2020.

## **МОДЕЛЬ РЕАЛИЗАЦИИ АДАПТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА**

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: адаптивное тестирование, персонализированное обучение, образование, тестовые технологии, уровни усвоения.

В статье рассмотрена реализация модели проведения тестовых технологий, методика их использования для адаптивного тестирования студентов. Проведен анализ тестовых технологий и указаны пути повышения эффективности.

**A. A. Meshcheryakov, L. I. Doliner**

## **MODEL OF IMPLEMENTATION OF ADAPTIVE TESTING OF STUDENTS OF A TECHNICAL UNIVERSITY**

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISISibGUTI), Russia

Key words: adaptive testing, personalized learning, education, test technologies, learning levels.

The article discusses the implementation of a model for conducting test technologies, a methodology for using them for adaptive testing of students. The analysis of test technologies is carried out and the ways to improve efficiency are indicated.

Реализации учебных программ в вузах по всем направлениям и профилям, дистанционная форма обучения должна иметь возможность для проведения оценки уровня знаний на образовательной платформе, в результате чего будет определена объективная оценка знаний студентов.

В связи с повышенной потребностью в образовании к тестированию уровня знаний возникает область проблем, условий и требований, которые ориентированы на усовершенствования к повышенному качеству систем контроля и оценки качества подготовки студентов учебных заведений. Адаптивное тестирование возможно, в случае предварительно определенной трудности тестовых заданий, что подразумевает их заблаговременную апробацию и обработку полученных результатов с применением методов дисперсионного анализа и теории тестирования для определения надежности, валидности, дифференцирующей способности и трудности. Эффективность контрольно-оценочных процедур совершенствуется с применением многошаговой стратегии отбора и представления вопросов. Стратегия основана на алгоритме с абсолютной контекстной зависимостью, в которых следующий шаг формируется только после оценки результатов выполнения предыдущего шага. Алгоритм отбора и формирования заданий основывается на принципе обратной связи, когда при верном ответе испытуемого очередное задание выбирается более трудным, а неверный ответ влечет за собой предъявление последующего более легкого задания, чем то, на которое учащимся был дан неверный ответ.

Исходя из приведенного выше определения внешнего адаптивного тестирования, выделены следующие направления создания модели.

1. Для исследования уровня знаний студентов по конкретному учебному курсу, содержащему несколько непересекающихся разделов, следует определить подготовку студентов по каждому из разделов.

2. На основе дифференциации банка вопросов формирование дальнейшей сложности представляемых заданий производить методом дихотомии.

Стоит отметить, что в силу большей необходимости дифференциация банка заданий состоит в разбиении на три уровня сложности.

Рассматриваемая модель адаптивного тестирования заключается в полноценном адаптивном тестировании по исследуемому разделу учебного курса с итоговым подсчетом средней оценки по всему курсу, используя для реализации LMS Moodle.

В системе дистанционного обучения Moodle был использован в основе реализации алгоритма плагин Adaptive Quiz. Плагин был модифицирован для возможности перехода на редактирование уже созданного вопроса, при анализе результата пройденного теста, что позволяет ускорить корректировку вопроса и ответов на данный вопрос для создателя тестов. Также была проведена русификация плагина на создание теста и получение результатов.

Использовалась разработанная база тестовых заданий по курсу «Методы оптимизации» для студентов II курса УрТИСИ СибГУТИ, содержащая 100 вопросов.

Учебный тест курса «Методы оптимизации» для студентов II курса УрТИСИ СибГУТИ состоит из 6 основных тем:

- вспомогательные алгоритмы;
- методы оптимизации функций одной переменной;
- безусловная минимизация функций многих переменных;
- линейное программирование;
- оптимизация при наличии ограничений;
- математические программные системы.

Каждый раздел содержит задания одной из тем, приведенных выше. При этом, задания всех разделов формируются в виде трех классов сложности: первый уровень сложности можно отнести к оценке «удовлетворительно»; второй уровень – «хорошо»; третий уровень – «отлично».

Минимальное количество вопросов теста установлено в размере 30 штук, максимальное 50. Такой подход позволит быстрее определить оценку в зависимости от ответов на вопросы теста, в результате чего тестирование закончится и будут представлены результаты. Стандартная ошибка для завершения теста установлена на значение 5%. Стартовый вопрос имеет сложность, соответствующую уровню оценки «хорошо». В случае правильного ответа на данный вопрос студент получит более сложный вопрос, в противном случае более простой.

Исходя из вышеизложенного, тест будет длиться до тех пор, пока не будет получен точный результат, удовлетворяющий данные параметры.

Вопросы и задания формировались на основе следующих источников данного учебного курса: Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс. – М.: Наука, 2004; Пантелеев А.В., Летова Т.А. Методы оптимизации в примерах и задачах, - М.: Наука, 2005; Ширяев В. И, Исследование операций и численные методы оптимизации: учеб. пособие для вузов / В. И. Ширяев. - Изд. 3-е, стереотип. - М.: КомКнига, 2007; Кондратьев В.П. Языки программирования. Система Maple. Ч. III. Язык программирования системы. Учебное пособие. Екатеринбург: УрТИСИ, 2006; Кондратьев В.П. Численные методы оптимизации. Учебное пособие. Екатеринбург: УрТИСИ, 2016. (электронный вариант); Барахнин В. Б. Введение в численный анализ: учеб. пособие для вузов / В. Б. Барахнин, В. П. Шарпеев. - СПб.: Лань, 2005.

Тест включает три структурных компонента: систему тестовых заданий с возрастающей степенью сложности; набор вариантов ответов, включающих в себя и неправильные ответы (дистракторы); систему проверки и анализа результатов. Длительность тестирования ограничивается исходя из соображений: удобства процедуры тестирования; темпа накопления усталости у испытуемых; достижения оптимального уровня дифференциации тестирующихся[1].

В настоящий момент времени при адаптивном контроле особый интерес уделяется пирамидальному тестированию. В данном подходе всем тестируемым устанавливаются задания средней сложности, далее зависит от ответов либо более сложное, либо более простое, методом деления шкалы заданий пополам. Для математического представления задачи адаптивного контроля применяются теоретические основы модели Раша и параметризации

ItemResponseTheory (IRT). При анализе ответов адаптивного тестирования модель Рашаиспользует аппарат нечетких множеств, а IRT для моделирования вероятностей правильных ответов логистическую кривую. Адаптивность в алгоритме тестирования основывается на том, что тест адаптируется на подходящий студенту уровень сложности и таким образом формирует его корректный тестовый балл [1, 2].

Основой системы тестирования выступает конечная модель, реализующая поведение студентов и формирование функции «уровня знаний».

Надежность теста стоит наряду с определением стандартной ошибки: надежность выше тем, чем меньше стандартная ошибка измерений. Существует ряд понятий надежности для диагностических тестов. Надежность параллельных форм - характеристика, получаемая при помощи параллельных вариантов теста, проведенных на одной и той же выборке тестируемых. Ретестовая надежность формируется путем повтора того же самого теста спустя определенный период времени. Надежность отдельных составляющих теста исследуется за счёт анализа устойчивости результатов конкретных совокупностей тестовых заданий при однократном тестировании.

Алгоритм адаптивного тестирования может основываться на следующих пяти уровнях усвоения учебного материала: нулевой уровень - усвоение новой информации; первый уровень - исследование изучаемого объекта; второй уровень - воспроизведение информации по памяти (образцу); третий уровень - использование алгоритма с целью решения нетиповых задач; четвертый уровень - творческая деятельность в ходе разработки алгоритма решения задачи [3, 4].

Исследование возможности повышения эффективности в адаптации тестов взаимодействует напрямую с уровнем подготовки тестируемых и их психологическим типом: синтетики (для них нелегким является тестирование с правом выбора нескольких вариантов ответа; тесты с открытыми вопросами предоставляют шанс для проявления творческих способностей); аналитики (реализуют свои возможности в тех видах деятельности, которые дают детализировать и конкретизировать, проанализировать, прийти к определенному выводу; тесты на решение конкретных задач позволяют применять свои способности к анализу); импульсивные (с легкостью преодолевают традиционные тесты с ограничением срока на выполнение); рефлексивные (потребуется тесты, в которых не задан лимит времени); индуктивные (утомляются от объяснений руководителя, не имея возможности попробовать самостоятельно реализовать это); дедуктивные (следуют указаниям и предпочитают послушать пояснения) [3, 4].

Методика адаптивного тестирования представляет собой последовательную оценку знаний и подготовки учащегося средствами образовательных тестов уровневого характера. В результате исследования (семи тестируемых студентов) преимущества адаптивного тестирования уровня знаний одобряют большинство - 71%; 29% выразили нейтральное отношение; отрицательного отношения данное исследование не вызвало.

В результате разработанной модели получена положительная динамика прохождения и заинтересованности в тестировании у студентов, при прохождении адаптивного теста по сравнению с классическим вариантом. Для проведения адаптивного тестирования была создана база вопросов учебного курса «Методы оптимизации» для студентов магистратуры II курса УрТИСИ СибГУТИ, содержащая 3 уровня сложности и состоящая из 6 основных тем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аванесов В.С. «Композиция тестовых заданий». Учебная книга. 3 изд. доп. М.: Центр тестирования, 2002г. -240 с.
2. Лебедева, И.П. Математические модели как средство обучения Текст. / И.П. Лебедева // Педагогика. 2004. - №2. - С 11-19. - ISSN 0869-561X.
3. Нейман Ю. М., Хлебников В. А. Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов. — М.: Прометей, 2000. — 168 с.
4. Колдаев В.Д. Модерация дуплексной системы управления процессом обучения на основе графовых моделей // Инновационная деятельность в системе образования. Монография / Под общей ред. д.п.н., проф. Г.Ф. Гребенщикова. М.: Издательство Перо, 2011. С. 182-211.

5. Adam Franco. Moodle Adaptive Quiz Module. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://github.com/middlebury/moodle-mod\\_adaptivequiz](https://github.com/middlebury/moodle-mod_adaptivequiz)
6. Practical Adaptive Testing CAT Algorithm [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rasch.org/rmt/rmt22g.htm>

**ПРОГРАММНАЯ СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ  
РЕШЕНИЙ ПО ВЫБОРУ ЭНДОДОНТИЧЕСКИХ ФАЙЛОВ С УЧЕТОМ  
АНАТОМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ КОРНЕВЫХ КАНАЛОВ ЗУБА ПАЦИЕНТА**

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: информационные технологии, эндодонтические инструменты, интерфейс, нейронная сеть, распознавание.

В статье представлен анализ применения информационных технологий, в части интеллектуальных информационных систем, в сфере здравоохранения. Разработана структурно-функциональная схема системы поддержки принятия решений по выбору эндодонтических файлов с учетом анатомических особенностей корневых каналов зуба пациента. Приведен обзор основных блоков схемы, реализующих различные технологии и интерфейсы: пользовательский, административный, базы данных.

А.Е. Nedelko, D.A. Korochentsev

**SOFTWARE STRUCTURE OF THE DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE  
SELECTION OF ENDODONTIC FILES TAKING INTO ACCOUNT THE ANATOMICAL  
FEATURES OF THE ROOT CANALS OF THE PATIENT'S TOOTH**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Key words: information technology, endodontic instruments, interface, recognition.

The article presents an analysis of the use of information technologies, in terms of intelligent information systems, in the field of healthcare. The structural and functional scheme of the decision support system for the selection of endodontic files is developed, taking into account the anatomical features of the root canals of the patient's tooth. An overview of the main blocks of the schema that implement various technologies and interfaces is given: user, administrative, and database.

Информационные технологии заполняют мир и дополняют любую сферу нашей деятельности. Здравоохранение не стало исключением. В наши дни врачи активно применяют в своей практике различные информационные технологии и информационные системы, что значительно облегчает их работу и повышает качество предоставляемых медицинских услуг. В то же время, остаются недостаточно исследованы вопросы применения интеллектуальных информационных систем в области стоматологии, в частности в эндодонтии. Одной из наиболее остро стоящих проблем в рассматриваемой области является адекватность обработки корневых каналов эндодонтическими инструментами в ситуации со «сложной» анатомией корневых каналов и обработки наиболее чувствительных к потере ткани участков корня. Некоторые системы могут быть слишком агрессивны к определенным участкам дентина, ослабляя стенки корня, или, наоборот — не обрабатывать отдельные его участки.[1]

Выбор используемого эндодонтического инструмента осуществляется врачом-стоматологом на основе анализа медицинских изображений, полученных на микроКТ, исходя из его личного профессионального опыта. Таким образом, разработка системы поддержки принятия решений по выбору эндодонтических файлов с учетом анатомических особенностей корневых каналов зуба пациента такого программного обеспечения, которое было бы способно автоматизировать и значительно ускорить процесс обработки медицинских изображений с минимальным количеством ошибок, является актуальной задачей.

С целью повышения точности распознавания анатомических особенностей корневых каналов зуба пациента предлагается использовать искусственные нейронные сети. Результатом рассматриваемой процедуры распознавания является выбор наиболее подходящего эндодонтического инструмента, применяемого к исследуемому объекту. Разрабатываемая система, используя загруженное медицинское изображение, полученных на микроКТ, разбивает его на отдельные участки, вплоть до 4 пикселей[2].

В качестве обучающей выборки предполагается использование данных (медицинских изображений, полученных на микроКТ, с специальными пометками некоторого корневого канала) в объеме 20000 записей и тестовых данных в объеме 1000 записей[3].

На рисунке 1 представлена блок-схема алгоритма системы поддержки принятия решений по выбору эндодонтических файлов с учетом анатомических особенностей корневых каналов зуба пациента.



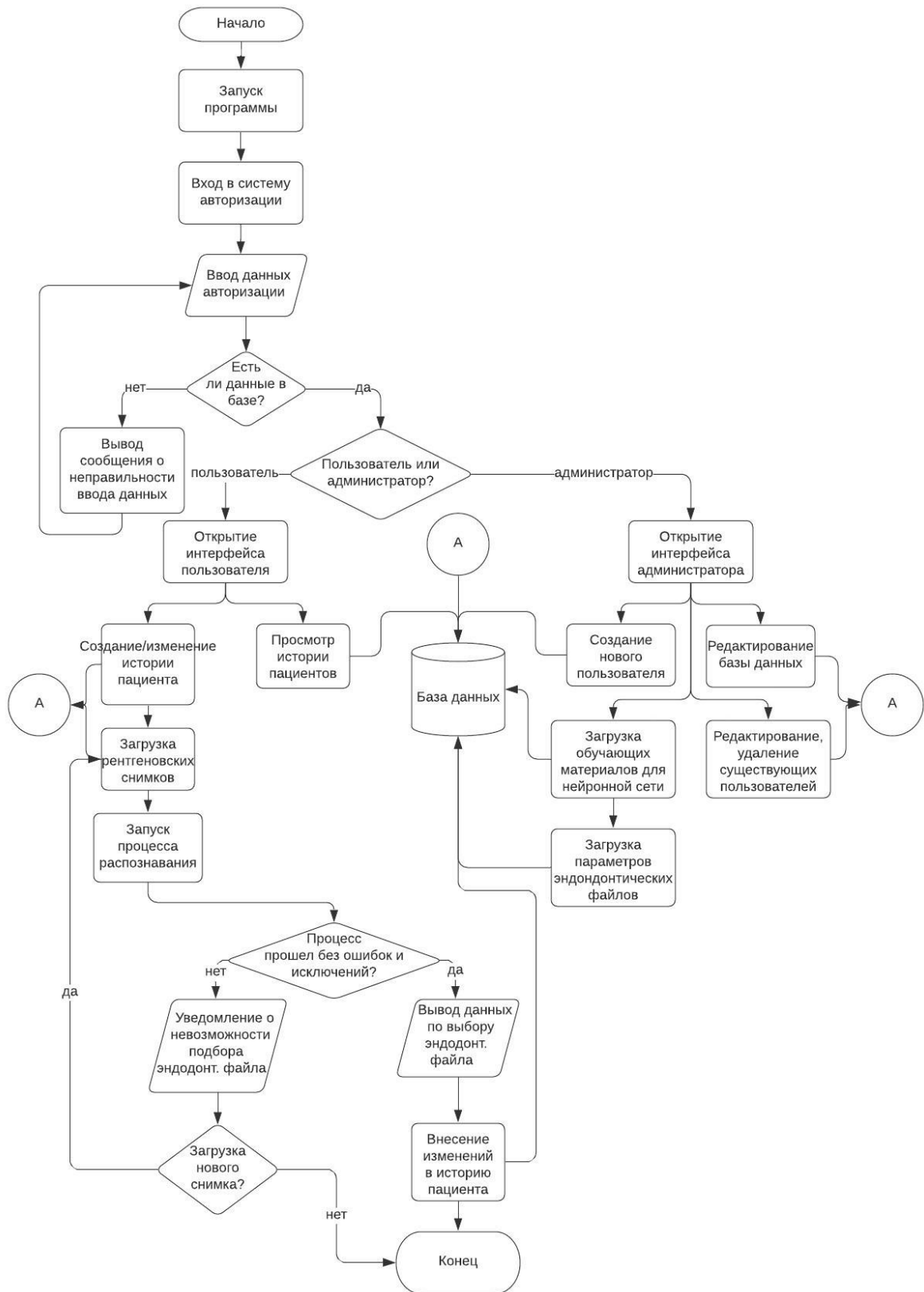


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма системы поддержки принятия решений по выбору эндодонтических файлов

Рассматриваемая система включает в себя 3 основных блока:

Блок 1 - пользовательский интерфейс - содержит набор основных функций, направленных на получение информации о проводимых операциях, в том числе информацию о выборе эндодонтического файла, основываясь на анатомической особенности корней зуба пациента;

Блок 2 - административный интерфейс – перечень процедур по созданию, редактированию и удалению новых пользователей, а так же функции загрузки параметров эндодонтических файлов и обучения нейронной сети.

Блок 3 - база данных – содержит данные подсистем идентификации и аутентификации, данные пациентов, информацию по процессу распознавания корневых каналов и выбору эндодонтических файлов, рентгеновские снимки.

Работа рассматриваемой системы начинается с инициализации подсистемы авторизации, результатом работы которой является определение одного из двух типов пользователей: пользователь или администратора системы.

Администратор системы имеет максимальный перечень на выполнение операций, чем пользователь. В ходе первичной идентификации пользователям-администраторам присваивается стандартные логин и пароль, после авторизации и использованием которых, обязательным является условие создания уникальных данных авторизации с требуемым уровнем сложности. После проведения процедуры авторизации администратору системы предоставляется доступ к следующим функциям:

- создание новых пользователей;
- редактирование существующих учетных записей пользователей;
- редактирование базы данных и поддержание её в актуальном состоянии;
- загрузка обучающей выборки для нейронной сети в ходе начального обучения и переобучения нейронной сети;

- загрузка параметров эндодонтических файлов, используемых как выходной результат работы рассматриваемой системы.

Каждая из представленных операций имеет прямую связь с базой данных, т.к. все данные должны иметь фиксированный формат и доступ к ним должен быть предоставлен постоянно.

В случае авторизации под учетной записью будут доступны следующие операции:

- создание/поддержание в актуальном состоянии медицинской истории пациента;
- просмотр истории пациентов;
- загрузка новых рентгеновских снимков – подраздел создания истории пациентов, куда можно прикреплять рентгеновские снимки;

- запуск процесса распознавания – инициализация нейронной сети, которая на основе анализа загружаемых медицинских изображений, полученных на микроКТ, формирует вариант использования конкретного типа эндодонтических файлов при проведении операции.

В исключительных ситуациях, когда загружено медицинское изображение, полученное на микроКТ, низкого качества или имеющего артефакты, разрабатываемая системы поддержки принятия решений выдает уведомление о невозможности подбора эндодонтического файла и будет предложена загрузка нового медицинского изображения. Если пользователь загружает новое медицинское изображение, работа программы переходит на этап загрузки и распознавания медицинских изображений, в противном случае работа в программе будет окончена. Если на выходе не было получено ошибок и исключений, то система сформирует рекомендации по выбору эндодонтического файла и внесет эти параметры в базу данных конкретного пациента, после чего программа закончит свою работу.

#### Литература

1. Эндодонтические инструменты. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/3590911/page:2/>;
2. Нейронные сети: распознавания образов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://center2m.ru/ai/recognition>;
3. Распознавание образов с помощью нейронных сетей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/33191/1/conference\\_tpu-2016-C28\\_p24-26.pdf](http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/33191/1/conference_tpu-2016-C28_p24-26.pdf);

## СИНТЕЗАТОРЫ ЧАСТОТ ДЛЯ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербургский филиал ФГУП НИИР-ЛОНИИР, Россия

Ключевые слова: синтез частот, пассивный цифровой синтез, активный цифровой синтез, кольцо импульсно-фазовой автоподстройки частоты, счетчик импульсов, побочные спектральные составляющие.

Синтезаторы частоты для систем радиосвязи должны удовлетворять многим и противоречивым требованиям: формировать сетку частот с малым шагом, но с быстрой перестройкой и преемственностью фазы выходного колебания, с малым уровнем шумовых и дискретных побочных спектральных составляющих в ближней зоне отстройки, обеспечивать долговременную стабильность частоты и фазы. Реализовать такой набор требований можно только при системном подходе, используя комбинации различных способов синтеза частот.

Y.A. Nikitin

## FREQUENCY SYNTHESIZERS FOR RADIO COMMUNICATION SYSTEMS

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications, Federal State Unitary Enterprise of the Order of the Red Banner of Labor Research Institute of Radio St. Petersburg Branch "Leningrad Branch of the Research Institute of Radio", Russia

Keywords: frequency synthesis, passive digital synthesis, active digital synthesis, pulse-phase-locked loop, pulse counter, side spectral components.

Frequency synthesizers for radio communication systems must satisfy many and contradictory requirements: to form a frequency grid with a small step, but with fast tuning and continuity of the output oscillation phase, with a low level of noise and discrete side spectral components in the near-field detuning zone, to ensure long-term stability of frequency and phase. Such a set of requirements can be realized only with a systematic approach, using combinations of different methods of frequency synthesis.

Проблемы радиосвязи заключаются во все возрастающем потоке информации при ограниченном частотном ресурсе и в увеличении числа и уровней помех – естественного и преднамеренного происхождения.

Поэтому все более жесткие требования предъявляются к радиопередающим устройствам – по мощности излучения, времени перестройки выходной частоты, уровню шумов и внеполосных излучений; к радиоприемным устройствам – по чувствительности и линейности главного тракта приема, к перегрузочной способности по входу, к уровню шумов первого гетеродина, а также к возможности быстрой перестройки по частоте.

Указанные проблемы имеют системный характер. Одним из возможных путей их преодоления является улучшение параметров выходного колебания синтезаторов частот, используемых и в возбудителях радиопередающих устройств, и в гетеродинах радиоприемных устройств.

Уменьшение уровней шумовых и дискретных побочных спектральных составляющих (соответственно, ПСС и ДПСС) на выходе синтезатора в радиопередатчике улучшает электромагнитную обстановку бортовой аппаратуры. ослабляет требования электромагнитной

совместимости; уменьшение шумов гетеродина позволяет увеличить чувствительность приемника при сохранении его высокой перегрузочной способности.

Сочетание различных методов синтеза позволяет гибко изменять параметры синтезируемого колебания и эффективно разрешать противоречия между требованиями к аппаратуре в целом и возможностями того или иного метода синтеза в частности.

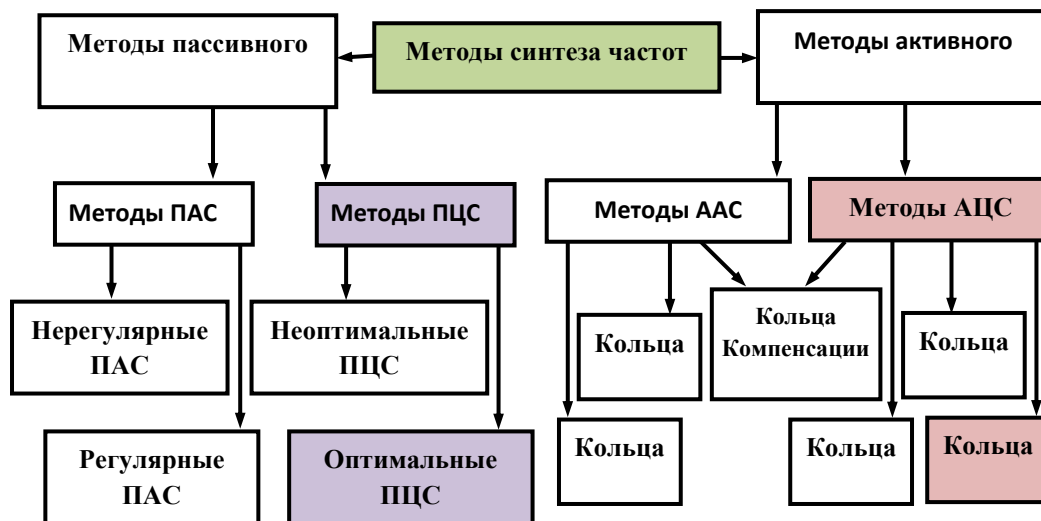


Рис. 1. Классификация методов синтеза частот

Методы синтеза условно можно разделить на две большие группы – методы пассивного синтеза частот и методы активного синтеза частот (рис. 1).

В основе методов пассивного синтеза частот лежит идея когерентного преобразования исходного набора частот (опорных колебаний) с помощью устройств, выполняющих определенные математические операции. Реализуют эти операции с помощью операционных узлов – смесителей (алгебраическое сложение), делителей (деление частоты), умножителей (умножение частоты) и фильтров – нижних частот, верхних частот, полосовых и режекторных (фильтрация промежуточных и конечных продуктов указанных преобразований).

Под термином «пассивный синтез» подразумевают отсутствие дополнительных (внутренних) источников колебаний, кроме источников исходных (опорных) колебаний. Структура пассивного синтеза частот не содержит внутренних генераторных (генерирующих колебания) элементов. Основным признаком устройств пассивного синтеза является пропадание выходного колебания  $f_{\text{выхНЧ}}$  при отключении опорного колебания  $f_{\text{опВЧ}}$ .

К достоинствам методов ПАС следует отнести низкое энергопотребление, регулярность структуры и возможность ее наращивания, т. е. возможность формирования сигнала со сколь угодно малым шагом сетки  $F_s$ , обеспечивать малое время переключения с частоты на частоту. Время переключения ограничивают, в основном, два фактора – время переключения электронных ключей  $K$  и инерционность узкополосных полосовых фильтров ПФ.

Основная идея пассивного цифрового синтеза (ПЦС) заключается в формировании максимально равномерной во времени двухуровневой импульсной последовательности с требуемой частотой  $f_{\text{выхНЧ}}$  из высокостабильного высокочастотного опорного колебания частоты  $f_{\text{опВЧ}}$  с помощью методов цифровой техники.

Основной систем ПЦС является конечный автомат (КА). Главной особенностью автоматов, используемых в технике синтеза частот, является требование максимального быстродействия, которое можно реализовать только на аппаратном уровне.

Кроме того, алгоритм работы КА должен быть оптимизирован с точки зрения минимизации временной неравномерности формируемого потока импульсов – функциональной фазоимпульсной модуляции, что в спектральной области соответствует минимальному уровню дискретных побочных спектральных составляющих (ДПСС), вызванных неравномерностью структуры потока выходных импульсов.

Понижения уровня ДПСС с помощью чисто цифровых методов можно добиться только увеличением коэффициента деления  $N$ , что не всегда приемлемо. Поэтому на практике используют цифро-аналоговые методы ПЦС, дополняя чисто цифровые структуры либо управляемыми устройствами задержки (УУЗ), либо преобразуя мгновенный код фазы в амплитуду с помощью ЦАП. В последнем случае говорят о многоуровневом ПЦС.

Задачу многоуровневого пассивного цифрового синтеза (МПЦС) частот можно сформулировать следующим образом: аппроксимация с минимальной ошибкой воспроизведения колебания требуемой частоты  $f_{\text{выхНЧ}}$  с гладкой огибающей дискретным во времени и квантованным по уровню колебанием с разрывами первого или второго рода или с непрерывной производной, т.е. выбор координат узлов аппроксимации по совокупности заданных критериев оценки.

При многоуровневом синтезе экстраполятор нулевого порядка реализуется технически наиболее просто, с помощью устройства «выборка-хранение».

Все известное многообразие структур пассивного цифрового синтеза можно свести к «дереву реализаций», показанному на рис.2. Две основные группы этого дерева – двухуровневый и многоуровневый синтез.

Следует заметить, что основой ПЦС служит конечный автомат, дополненный цифроаналоговыми узлами – либо УУЗ при двухуровневом синтезе, либо ЦАП при многоуровневом синтезе. Конечный автомат, дополненный цифроаналоговыми устройствами (УУЗ или ЦАП) называют модифицированным (МКА). На рис.2 цветом выделены структуры, наиболее широко применяемые в настоящее время.

При активном синтезе частот в цепи отрицательной обратной связи наиболее часто используют элементы цифровой схемотехники – счетчики импульсов (СИ), что, однако, не исключает аналоговых и цифро-аналоговых трактов приведения.

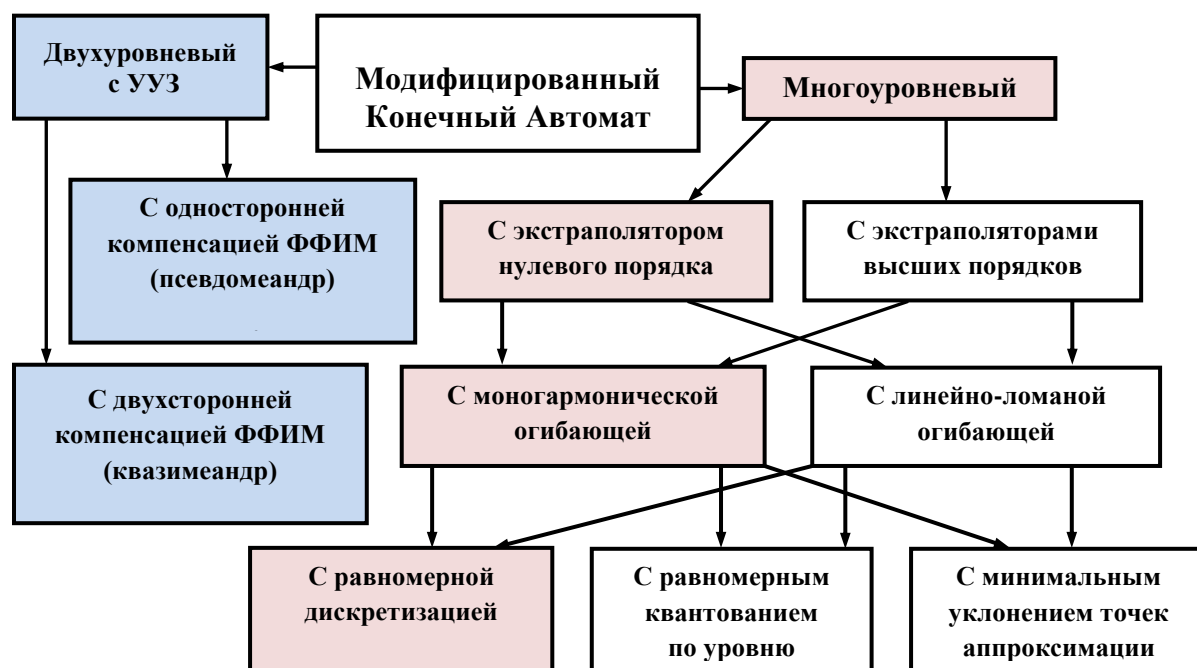


Рис. 2. Классификация МКА по способу реализации выходной частоты

В основе методов активного синтеза лежит идея управления частотой внутреннего генератора (генераторов) с помощью цепи отрицательной обратной связи. Другими словами, структура активного синтеза частот является системой автоматического регулирования, которая содержит внутренние генераторные (генерирующие колебания) элементы [1].

Основным признаком устройств активного синтеза является наличие выходного колебания  $f_{\text{выхВЧ}}$  при отключении источника опорного колебания  $f_{\text{опНЧ}}$  (но частота выходного колебания в этом случае не соответствует коду управления).

Методы активного синтеза реализуют как с помощью колец импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАП), так и с помощью колец компенсации или возвратного гетеродинамирования.

Введение в цепь отрицательной обратной связи СИ превращает непрерывное аналоговое кольцо ФАП в импульсную систему автоматического регулирования – ИФАП. Это влечет за собой существенные последствия:

- Кольцо ИФАП становится импульсной системой автоматического регулирования, сохраняя астатизм по частоте, но прекращает фильтрацию помех при отстройках от несущей, больших  $f_{опНЧ}/2$ ;
- Уменьшается зона компенсации помех, воздействующих на ПГ;
- Возрастает подчеркивание в  $N$  раз низкочастотных помех, приходящих с опорным колебанием и попадающих в полосу прозрачности условно разомкнутого кольца;
- Появляется возможность умножения частоты дискретизации  $f_{опНЧ}$  в  $N$  раз.

В кольцах ИФАП принято называть СИ с управляемым коэффициентом пересчета делителем с переменным или дробно-переменным коэффициентом деления (ДПКД или ДДПКД). Возможное «дерево реализаций» однокольцевых систем ИФАП приведено на рис.3.

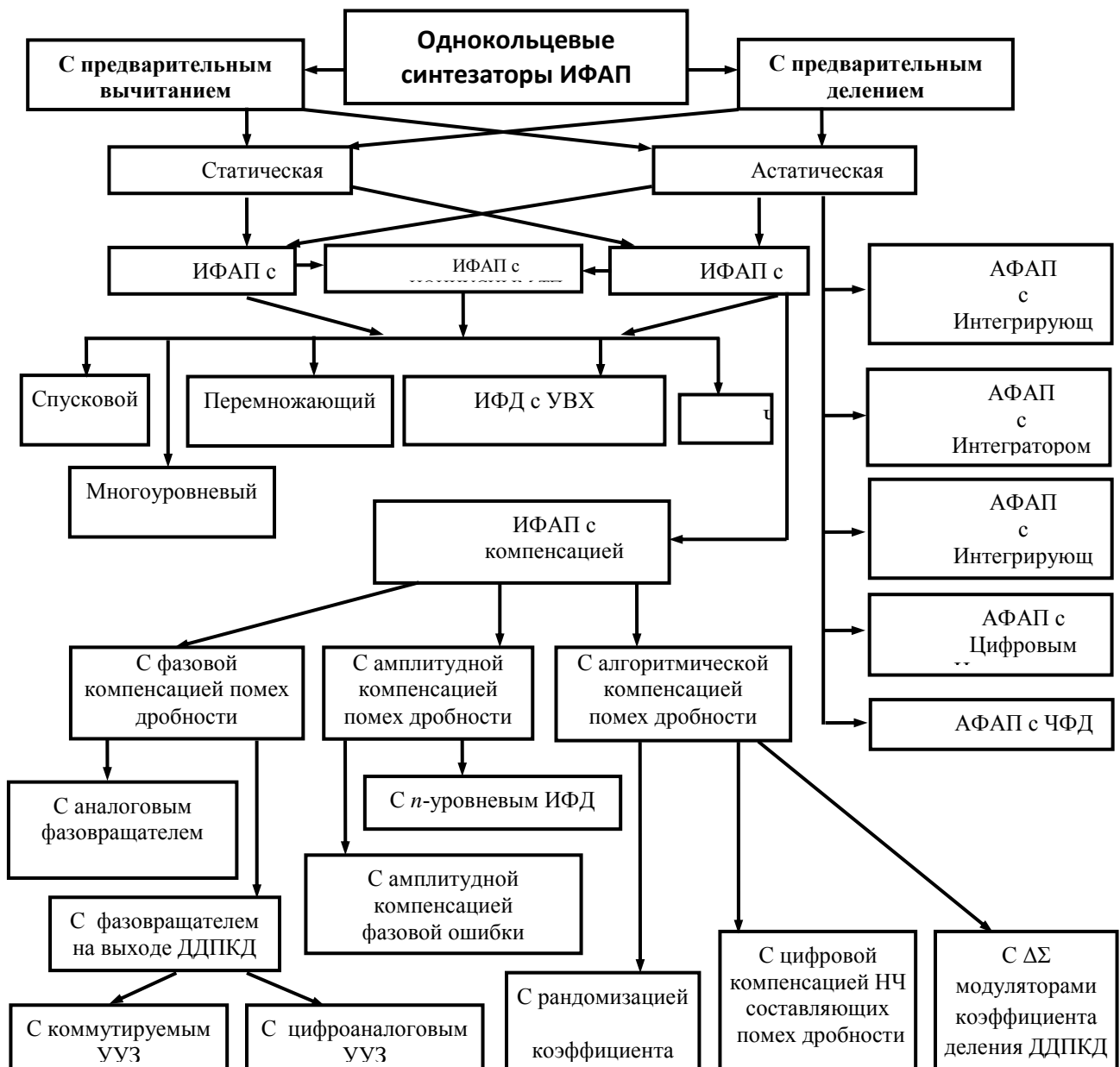


Рис. 3. Классификация однокольцевых цифровых синтезаторов частот на основе ИФАП

В настоящее время в диапазоне частот до полутора тысяч мегагерц возможно использование методов пассивного цифрового синтеза – двухуровневого и многоуровневого, а во всем радиочастотном диапазоне – вплоть до миллиметрового диапазона СВЧ – возможно использование методов ПАС и активного цифрового синтеза частот.

Многообразие методов синтеза частот и доступ к современной элементной базе позволяет гибко менять структуры синтезаторов и обеспечивать заданное качество формируемых колебаний.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Никитин Ю. А.* Цифроаналоговый синтез частот. Теория и схемотехника: [монография] / Ю. А. Никитин. – СПб.: Изд-во СПб ГУТ, 2018. – 367 с.

## ВАРИАНТ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОАНАЛОГОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербургский филиал ФГУП НИИР-ЛОНИИР, Россия

Ключевые слова: Цифроаналоговый преобразователь, управляющий код, шаг квантования, аналоговый сумматор, мерная шкала.

Основными проблемами при построении цифроаналоговых преобразователей (ЦАП) являются конечная точность реализации аналоговых элементов (матрицы R-2R, ключей тока – напряжения) и (или) конечное быстродействие указанных узлов. Рассмотрен способ построения ЦАП повышенной точности на основе нониусных преобразований.

Y.A. Nikitin

## DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTER CONSTRUCTION OPTION

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications, Federal State Unitary Enterprise of the Order of the Red Banner of Labor Research Institute of Radio St. Petersburg Branch "Leningrad Branch of the Research Institute of Radio", Russia

Keywords: Digital-to-analog converter, control code, quantization step, analog adder, scale.

The main problems in the construction of digital-to-analog converters (DAC) are the final accuracy of the implementation of analog elements (R-2R matrix, current-voltage switches) and (or) the final speed of these nodes. A possible way of constructing a digital-to-analog converter with increased accuracy based on vernier transformations is considered.

Основными проблемами при построении быстродействующих и (или) многоразрядных цифроаналоговых преобразователей (ЦАП) являются конечная точность реализации аналоговых элементов (матрицы R-2R, ключей тока – напряжения) и (или) конечное быстродействие указанных узлов. В параллельных ЦАП из опорного сигнала  $Y$  – тока или напряжения, формируют эталонные сигналы, соответствующие значениям (весам) разрядов входного управляющего кода  $X$ , которые затем суммируют и образуют дискретные значения выходной аналоговой величины  $Z$  – тока или напряжения [1].

Будем считать, что цифровой код управления позиционный, а система счисления с основанием  $a$  двоичная ( $a = 2$ ).

Например, цифровой двоичный код числа (управляющее слово)  $X$ , отнормированный к единице:

$$0 \leq X = \sum_{k=0}^{\psi-1} q_k \times a^{-k} < 1,$$

где  $a = 2$ ;  $q_k \in [0,1]$ ;  $\psi$  – число двоичных разрядов в слове  $X$ .

Для двоичного ЦАП выходной сигнал определяется следующим образом:

$$Z = hY(a_{k-1}2^{k-1} + a_{k-2}2^{k-2} + \dots + a_02^0),$$

где  $Y$  — опорный (эталонный) сигнал;  $q \in (a_0, a_1, \dots, a_{k-1}) \equiv [0,1]$ , — коэффициенты двоичных разрядов, принимающие значения «0» или «1»;



$k = 0, 1, \dots, \psi-1$  — номер двоичного разряда;  
 $h$  — коэффициент пропорциональности.

Величина ступеньки (шага квантования) на выходе такого ЦАП равна  $s = Y/(a^\psi - 1)$ . В этом случае  $Z = Y \times X$  и имеет место "классическое" преобразование  $X \Rightarrow Z$ , причем точность преобразования является линейной функцией точности элементарных электронных компонентов ЦАП – резистивных (конденсаторных) матриц, ключей тока (напряжения) и т.д., т.е. определена технологией изготовления конкретной микросхемы ЦАП и конечной точностью (разбросом) номинальных значений его внутренних элементов.

Основными факторами погрешностей элементов являются технологический разброс параметров (точность изготовления), влияние изменений окружающей среды (в основном температуры) – температурная стабильность, изменение параметров во времени (старение), воздействия внешних и внутренних шумов и помех. Поэтому характеристики преобразования реальных ЦАП отличаются от идеальных формой, величиной ступеней и их расположением относительно осей координат.

Для увеличения точности преобразования можно усложнять внутреннюю структуру ЦАП, увеличивать точность и стабильность параметров используемых элементов, но только в пределах возможностей производства. Указанные причины ограничивают максимально достижимую точность параллельного ЦАП 20...22 двоичными разрядами (битами) кода управления  $X$ .

Существует способ цифроаналогового преобразования с аналоговым вложением ступенек младших разрядов, пример реализации которого приведен на рис.1 [2].

В этом способе преобразования цифровое слово управления  $X = M + a^{-\alpha}N$  длины  $\psi$  разрядов делится на два слова управления  $M$  и  $a^{-\alpha}N$  (желательно половинной длины  $\psi/2$ , но не обязательно):  $\psi = \alpha + \beta$ , где  $\alpha$  – число старших разрядов кода управления  $X$ , а  $\beta$  – число младших разрядов кода управления  $X$ . Тактируются оба ЦАП в одни и те же моменты времени  $t$ .

При данном преобразовании используется единственный опорный сигнал (мерная шкала)  $Y$ .



Рис.1. Многоразрядный параллельный ЦАП с аналоговым вложением ступенек младших разрядов

Младшие  $a^{-\alpha}N$  разряды длины  $\beta$  кода управления  $X$  умножаются в цифровом умножителе в  $a^\alpha$  раз, образуя управляющее слово  $N$  длины  $\beta$  разрядов.

Первый ЦАП\_1 преобразует управляющее слово  $M$  длины  $\alpha$  разрядов в аналоговый сигнал  $Z_1$ , второй ЦАП\_2 преобразует управляющее слово  $N$  длины  $\beta$  разрядов в аналоговый сигнал  $Z_2$ .

Величина ступеньки (шага квантования) на выходе ЦАП\_1 равна  $s_1 = Y/a^\alpha \gg Y/a^\psi$ , а величина ступеньки (шага квантования) на выходе ЦАП\_2 равна  $s_2 = Y/a^\beta \gg Y/a^\psi$ . В случае  $\alpha \approx \beta$  величины ступенек  $s_1 \approx s_2$ .

Для того, чтобы уменьшить величину ступеньки выходного сигнала  $Z_0$  до исходного значения  $s = Y/a^\psi$  необходимо уменьшить размах выходного сигнала  $Z_2$  на выходе ЦАП\_2 в  $a^\alpha$  раз с помощью аналогового аттенюатора и сложить полученный сигнал  $Z_3 = Z_2/a^\alpha$  с выходным сигналом ЦАП\_1  $Z_1$  (у которого величина ступеньки  $s_1 = Y/a^\alpha$ ) в сумматоре сигналов.

На выходе сумматора сигналов (рис.1) получим выходной сигнал  $Z_0 = Z_1 + Z_3$ , который может изменяться от  $0$  до  $Y(1 - a^{-\psi})$  с требуемым шагом квантования  $s = Y/a^\psi$ .

Однако в рассмотренном способе цифроаналогового преобразования необходимо обеспечить высокую точность ЦАП\_1 и аналогового аттенюатора. К этим двум аналоговым узлам структуры предъявляются жесткие требования по точности.

В основу предлагаемого способа (рис.2) положен модифицированный принцип нониусного преобразования [3] - использование двух мерных шкал, находящихся в дробно - кратном соотношении [4], т.е. осуществление пары преобразований  $X \Rightarrow Z_1; X \Rightarrow Z_2; Z_1, Z_2 \Rightarrow Z_0$ .

Иными словами, присутствует пара мерных шкал (опорных сигналов  $Y$ ), связанных зависимостью:

$$Y_2 = Y_1(1 \pm a^{-\alpha}). \quad (1)$$

Данные преобразования обеспечивают требуемую точность преобразования цифрового кода управления  $X$  в аналоговую величину  $Z_0$ :

$$Z_0 = Y_1 \left\{ \sum_{k=1}^{\alpha} q_k a^{-k} + a^{-\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} q_k a^{-k} \right\},$$

Причем требования к высокой точности предъявляются только к источникам опорного сигнала – тока или напряжения  $Y_1$  и  $Y_2$  на постоянном токе и в одной точке шкалы.

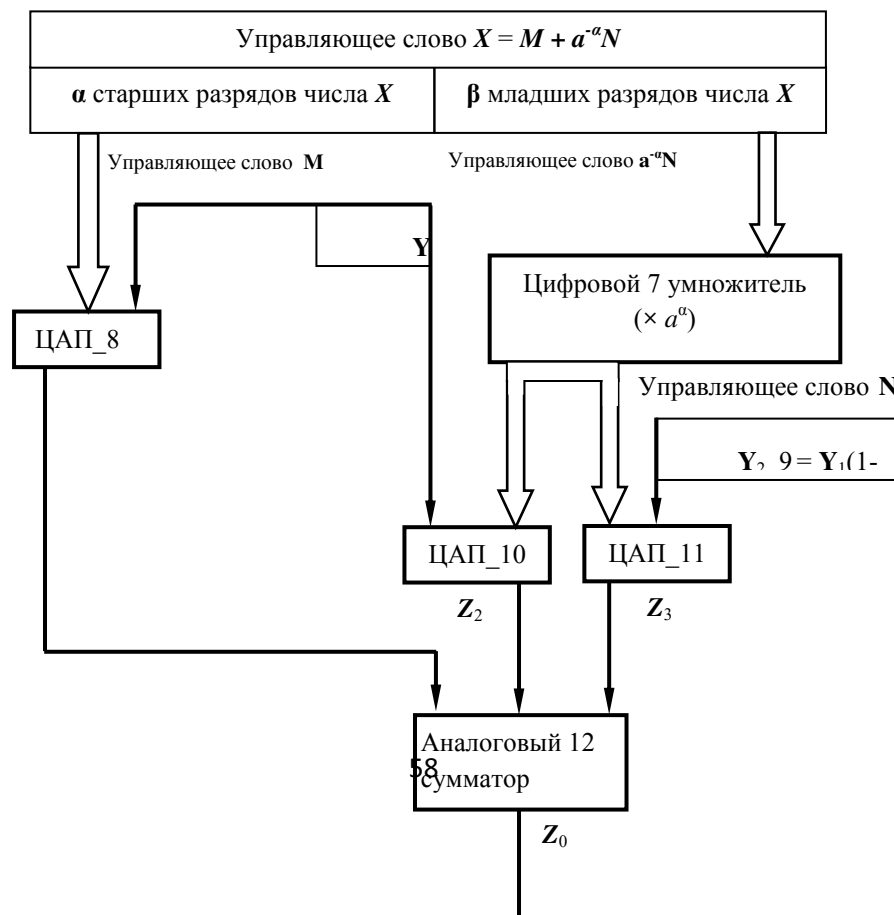


Рис.2. Способ нониусного цифроаналогового преобразования

Структурная схема одного из возможных вариантов построения нониусного цифроаналогового преобразователя, реализующего предлагаемый способ, приведена на рис.2 В цифровом умножителе 7 младшие  $\beta a^{-\alpha}N$  разрядов управляющего слова  $a^{-\alpha}N$  подвергаются цифровому умножению в  $a^{\alpha}$  раз (сдвиг влево на  $\alpha$  разрядов). При этом выходная шина  $\alpha$  старших разрядов управляющего слова  $M$  подключена к соответствующей входной шине управления ЦАП\_8, к другому входу которого подключен выход источника 6 опорного сигнала  $Y_1$ . Выход ЦАП\_8 соединен с соответствующим входом аналогового 12 сумматора, к другим входам которого подключены выход ЦАП\_10 и выход ЦАП\_11, а на входную шину управления ЦАП\_10 и ЦАП\_11 поданы  $\beta$  младших разрядов управляющего слова  $N$  (управляющее слово  $a^{-\alpha}N$ , подвергшееся цифровому умножению в  $a^{\alpha}$  раз (сдвиг влево на  $\alpha$  разрядов), другой вход ЦАП\_10 соединен с выходом источника 6 опорного сигнала  $Y_1$ , а соответствующий вход ЦАП\_11 соединен с выходом источника 9 опорного сигнала  $Y_2$ , причем мерные шкалы (опорные сигналы)  $Y_1$  и  $Y_2$  связанных зависимостью (1).

На выходе аналогового 12 сумматора имеем выходной аналоговый сигнал  $Z_0$ .

Таким образом, наличие пары мерных шкал, связанных соотношением (1), позволяет получить точность преобразования цифрового кода управления в аналоговый сигнал, значительно превышающую точность преобразования используемых ЦАП. При выполнении условия  $M = N$  выигрыш в точности равен  $N^2$ , т.е. при использовании 14 битовых ЦАП итоговая точность преобразования составит 28 бит.

Кроме того, рассматриваемый способ нониусного преобразования позволяет, при необходимости, увеличить быстродействие ЦАП, уменьшив вдвое разрядность исходных двоичных элементов.

#### Литература

1. Микроэлектронные цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи информации / Под ред. В. Б. Смолова. Энергия, 1976. – 336с.
2. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем.- М. Мир, 1982. – 512 с.
3. Никитин Ю. А. Способ нониусного цифроаналогового преобразования. Пат. 2703228 Российская Федерация; заявитель и патентообладатель Никитин Ю.А. – № 2019107698; заявл. 18.03.2019; опубл. 15.10.2019
4. Никитин Ю. А. Способ нониусного цифроаналогового преобразования. Патент № [2726 911](#) Российская Федерация, заявитель и патентообладатель Никитин Юрий Александрович, заявка 2019120873 заявл. 02.07.2019, опубл. 16.07.2020 бюл. № 20.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ФИНАНСОВОМ РЫНКЕ**

Донской государственной технической университет , г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: облачные технологии, облачная инфраструктура, RegTech-сервисы, облачные услуги.

В статье раскрываются основные подходы к применению облачных технологий и созданию облачной инфраструктуры на облачных технологиях, описываются сценарии применения и реализации облачных сервисов финансовыми организациями в разных странах, а также проводится анализ подходов финансовых регуляторов к управлению рисками и регулированию в соответствующей сфере.

**I. S. Seye, E. V. Roshchina**

## **OVERVIEW OF METHODS FOR RECOGNIZING THE TYPE OF SIGNAL MODULATION IN INFORMATION TRANSMISSION SYSTEMS**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: cloud technologies; cloud infrastructure; RegTech-services; cloud services.

The article reveals the main approaches to the use of cloud technologies and the creation of cloud infrastructure based on cloud technologies, describes scenarios for the use and implementation of cloud services by financial organizations in different countries, and analyzes the approaches of financial regulators to risk management and regulation in the relevant area.

Передача Рынок ИТ услуг в последние годы характеризуется стремлением ИТ отделов компаний делегировать управление своей инфраструктурой (центрами обработки данных, серверами, массивами хранения, сетевым оборудованием, оборудованием для обеспечения безопасности и т.д).

Повсеместное использование термина «облако», а также изменение парадигмы для размещения ИТ инфраструктуры компаний заставляют задуматься о парадоксальных реалиях рассматриваемого рынка с высоким потенциалом роста со стороны аналитиков.

Облачные сервисы позволяют организациям масштабировать свою ИТ-инфраструктуру за счет аренды виртуальных ресурсов у провайдера облачных услуг. Делать это можно по мере необходимости и без затрат на установку и поддержку локального оборудования.

Сервисная инфраструктура - это основополагающая платформа для создания, управления, защиты и использования API и сервисов в организациях. Она используется Google API, Cloud API, Cloud Endpoints и API Gateway. Сервисная инфраструктура предоставляет широкий спектр функций потребителям и производителям услуг, включая аутентификацию, авторизацию, аудит, ограничение скорости, аналитику, выставление счетов, ведение журналов и мониторинг.

Служба управления инфраструктурой предназначена для поддержки миллионов производителей и потребителей услуг. Для управления такой масштабируемостью служба управления инфраструктурой использует распределенную микросервисную архитектуру. Система разделена на три уровня в зависимости от их функциональности.

- Уровень управления (Management plane), который позволяет разработчикам управлять конфигурациями своих сервисов и их использованием.

- Уровень данных (Data Plane), который управляет трафиком данных между клиентами и службами. Уровень данных может работать в различных средах и поддерживать как внутренних, так и внешних клиентов.

- Уровень контроля (Control plane), который управляет уровнем данных на основе конфигураций из уровня управления, например, ограничение скорости передачи данных.

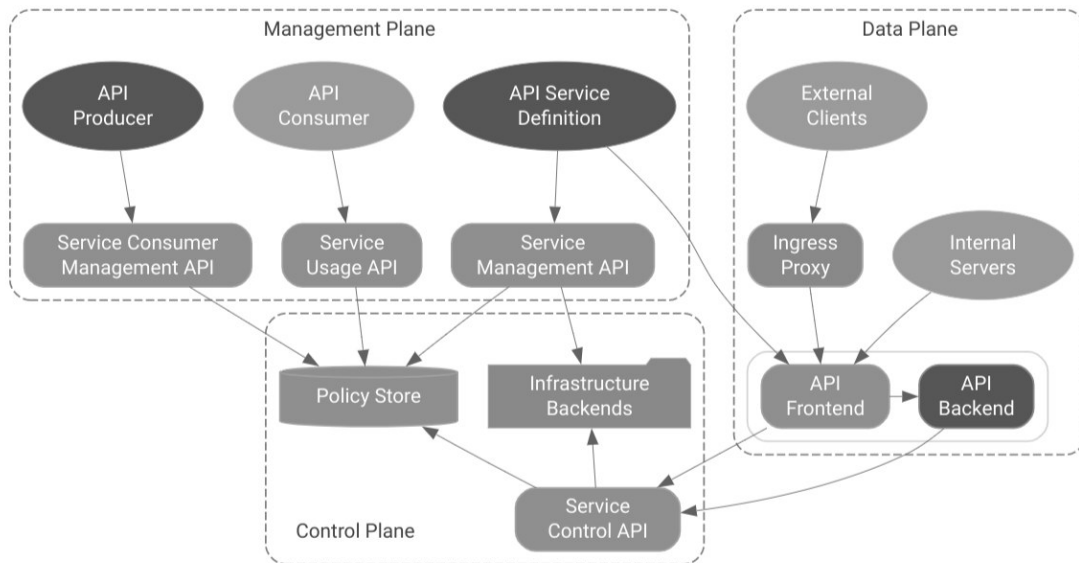


Рис. 1 – Архитектура облачного сервиса на примере Google Cloud [1]

Служба инфраструктуры предоставляет несколько открытых API для указанных уровней. Разработчики могут использовать эти API для интеграции своей службы непосредственно с инфраструктурой службы или использовать платформу, основанную на этих API, например, Cloud Endpoints и API Gateway.

Чтобы создать управляемую службу с помощью службы инфраструктуры, необходимо создать конфигурацию службы для определения параметров и поведения службы, таких как имя службы и поверхность API. Затем пользователь запускает конфигурацию службы в API управления службами, чтобы создать свой сервис и зарегистрировать его в Google Cloud.

Чтобы запустить управляемую службу с помощью службы инфраструктуры, служба должна вызвать API управления службами для контроля допуска по каждому запросу и создания отчетов телеметрии по каждому ответу, например проверки ключей API и показателей отчетов API. Это позволяет сервису пользователя применить богатый набор функций, предоставляемых Google Cloud. Если служба имеет некоторые внутренние компоненты, такие как конвейеры выставления счетов, они также могут использовать API управления службами для контроля допуска и создания отчетов телеметрии. Например, чтобы сообщить показатели выставления счетов в Cloud Billing.

Если пользователь является производителем услуг, он может использовать API управления службами потребителей и API службы Networking для управления клиентами службы, включая создание проектов клиентов для клиентов, настройку сетевого утверждения между проектами клиентов и клиентскими проектами, а также управление ограничениями квот для клиентов.

Если пользователь является клиентом служб, он может использовать служб для перечисления, включения и отключения API и служб в облачных проектах и применения ограничений квот к службам, используемым облачными проектами или в организации. Пользователь может управлять как сервисами, предоставляемыми Google, так и сервисами, созданными с помощью облачных конечных точек.

Для большинства таких вариантов рекомендуется использовать сервис инфраструктуры через Cloud Endpoints в качестве средства создания и управления службами.

Регулирующие технологии (RegTech) объединяют сообщество технологических компаний, которые решают проблемы, возникающие в технологической экономике, с помощью

автоматизации. Рост цифровых продуктов привел к увеличению числа утечек данных, кибервзломов, отмывания денег и других мошеннических действий. Используя большие данные и технологии машинного обучения, regtech снижает риск для комплаенс-отдела компании, предлагая данные о деятельности по отмыванию денег, осуществляемой в Интернете, деятельности, к которой традиционная комплаенс-команда может быть не причастна из-за увеличения количества подпольных рынков в Интернете. Инструменты Regtech направлены на мониторинг транзакций, которые происходят онлайн в режиме реального времени, чтобы выявить проблемы или нарушения в сфере цифровых платежей. Любой выброс передается в финансовое учреждение для анализа и определения того, имеет ли место мошенническая деятельность. Учреждения, которые выявляют потенциальные угрозы финансовой безопасности на ранней стадии, способны минимизировать риски и издержки, связанные с потерей средств и утечкой данных. Компании Regtech сотрудничают с финансовыми институтами и регулирующими органами, используя облачные вычисления и большие данные для обмена информацией. Облачные вычисления – это недорогая технология, при которой пользователи могут быстро и безопасно обмениваться данными с другими объектами. Банк, получающий огромные объемы данных, может счесть их слишком сложными, дорогими и трудоемкими. Фирма regtech может комбинировать сложную информацию из банка с данными предыдущих провалов регулирования, чтобы предсказать потенциальные области риска, на которых банк должен сосредоточиться. Создавая аналитические инструменты, необходимые этим банкам для успешного выполнения требований регулирующего органа, фирма regtech экономит время и деньги банка.

Публичное облако (public cloud) – общедоступный облачный сервис, предоставляемый бесплатно (с рядом существенных ограничений) или по платной подписке (с лимитами согласно тарифному плану) для большого числа клиентов на виртуально разделяемой и однотипной для всех инфраструктуре. [2] Такие технологии извлекают выгоду из пандемии Covid-19 больше, чем когда-либо. По оценкам Gartner, расходы организаций на публичные облачные сервисы в 2021 году возрастут на 18,4% до 304,9 млрд долларов США по сравнению с 257,5 млрд долларов в 2020 году. Пандемия подтвердила ценность облака, — полагает Сид Наг (Sid Nag), вице-президент Gartner по исследованиям. — Возможность использовать масштабируемые облачные модели по запросу для достижения экономической эффективности и непрерывности бизнеса дает организациям стимул для быстрого ускорения своих планов цифровой трансформации бизнеса. Более широкое использование общедоступных облачных сервисов сделало внедрение облачных технологий «новой нормой». [3]. Доля глобальных расходов на облачные вычисления будет ускоряться даже после нынешнего кризиса, считает фирма, которая прогнозирует, что облако будет составлять 14,2% этих расходов в 2024 году по сравнению с 9,1% в 2020 году.

Согласно данным, собранным недавно Gartner, почти 70% организаций, использующих облачные сервисы, сегодня планируют увеличить свои расходы в этой области из-за сбоя, вызванных Covid-19. Хотя программное обеспечение как услуга (SaaS) является и останется крупнейшим сегментом рынка, достигающим 117,7 миллиарда долларов в 2021 году, ожидается, что платформы как услуга (PaaS) будут расти выше (26,6%). "Рост потребления PaaS обусловлен необходимостью для удаленных работников иметь доступ к высокопроизводительной, содержательной и масштабируемой инфраструктуре для выполнения своих задач, которые в значительной степени представлены в виде собственных модернизированных облачных приложений», комментирует аналитическая фирма. Тем не менее, сегмент, который будет иметь наибольший рост, это офис как услуга (DaaS), оборот которого, как ожидается, достигнет почти 2 миллиардов долларов в следующем году.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Service Infrastructure Documentation “Google Cloud” [Электронный ресурс] / Дата обращения: 11.03.2021. - Режим доступа: <https://cloud.google.com/service-infrastructure/docs/overview>
- 2 Глоссарий EMC [Электронный ресурс]: Публичное облако / Дата обращения: 11.03.2021. - Режим доступа: <http://russia.emc.com/corporate/glossary/public-cloud.htm>

3 Gartner Forecasts Worldwide Public Cloud End-User Spending to Grow 18% in 2021  
[Электронный ресурс] / Дата обращения: 21.03.2021. – Режим доступа:  
<https://www.gartner.com>

## О МЕТОДАХ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ФРАКТАЛЬНОГО КОДИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: фрактальные алгоритмы, фрактальное сжатие, фрактальное кодирование, ранговые и доменные блоки.

В статье проведен анализ методов повышения скорости фрактального кодирования изображений на основе обзора отечественных и зарубежных научных публикаций. Время, потраченное на кодирование изображений, будет зависеть от сложности доменно-ранговых сопоставлений и их количества. Проведенный обзор публикаций показывает, каким образом можно добиться повышения скорости фрактального кодирования изображений.

S.A. Tychinkin, D.V. Kusaykin

## ON METHODS OF INCREASING THE SPEED OF FRACTAL IMAGE CODING

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISISibGUTI), Russia

Key words: fractal algorithms, fractal compression, fractal coding, rank and domain blocks.

The article analyzes methods for increasing the speed of fractal image coding based on a review of domestic and foreign scientific publications. The time spent on encoding images will depend on the complexity of the domain-rank comparisons and their number. The review of publications shows how it is possible to increase the speed of fractal coding of images.

С современными темпами развития технологий возникает необходимость в более быстрых методах кодирования изображений. И так как для фрактального кодирования требуется большой объем вычислений, то необходимо увеличение скорости обработки изображений при использовании данного метода [1].

Самые первые фрактальные методы были очень медлительными и вычисления на самых мощных станциях занимали достаточное количество времени, от нескольких часов до нескольких дней. Все это препятствовало практическому использованию фрактальных методов для обработки изображений. Увеличение скорости кодирования делалось в двух направлениях: классификации доменов и сравнении ранговых и доменных областей [1].

Если сравнивать ранговый блок с каждым доменным блоком, то на это потребуются значительные вычислительные ресурсы, так как вычисления будут включать в себя пиксельные операции вращения и сжатия, а также вычисления методом наименьших квадратов для коэффициентов яркости и контрастности. Данные операции производятся до тех пор, пока не будет достигнуто необходимое соответствие между ранговым и доменным блоком. Больших объемов вычислений можно избежать путем выделения некоторого числа особенностей, которые будут характеризовать ранговые и доменные блоки. Характеристики ранговых и доменных блоков могут быть получены путем вейвлет-анализа [2], спектрального анализа Фурье [3] и на основании показателей текстуры и оттенка изображения [4].

В описании к патенту [5] приводится результат повышения скорости кодирования при разбиении изображения на ранговые блоки и нахождении для каждого рангового блока своего доменного блока или блока из кодовой книги с соответствующим преобразованием. Если соответствие не нашлось, то блоки разбиваются на меньшие по размеру или пока размер



ранговых блоков не достигает определенного предела, и, таким образом, добиваются приемлемого соответствия между ранговым и доменным блоком. После разбиения изображения на блоки осуществляется классификация, согласно которой каждый доменный блок исходного изображения или кодовой книги относится к одному из трех классов подобия. В последствии по этим классам подобия определяются сопоставления доменов с ранговыми областями, в результате чего при кодировании выполняется поиск не только среди доменов, но и среди блоков из кодовой книги.

Соответствующие оптимальным значениям параметры яркости  $\beta$  и контрастности  $\alpha$  вычисляются методом наименьших квадратов:

$$E(R, D) = \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [R_{ij} - (\alpha D_{ij}) + \beta]^2, \quad (1)$$

где  $E(R, D)$  – метрика между ранговым блоком  $R$  и приведенным к нему по размеру доменным блоком  $D$ ;

$n$  – число строк в ранговом блоке;

$m$  – число столбцов в ранговом блоке.

В результате исследования, время кодирования изображения с классификацией доменных блоков и блоков из кодовой книги снижается в два раза, при незначительном снижении качества изображения, что делает данный алгоритм приемлемым при передаче изображений по низкоскоростным каналам связи. На рис.1 представлено сравнение между проведенным кодированием изображений с применением данного алгоритма и без.

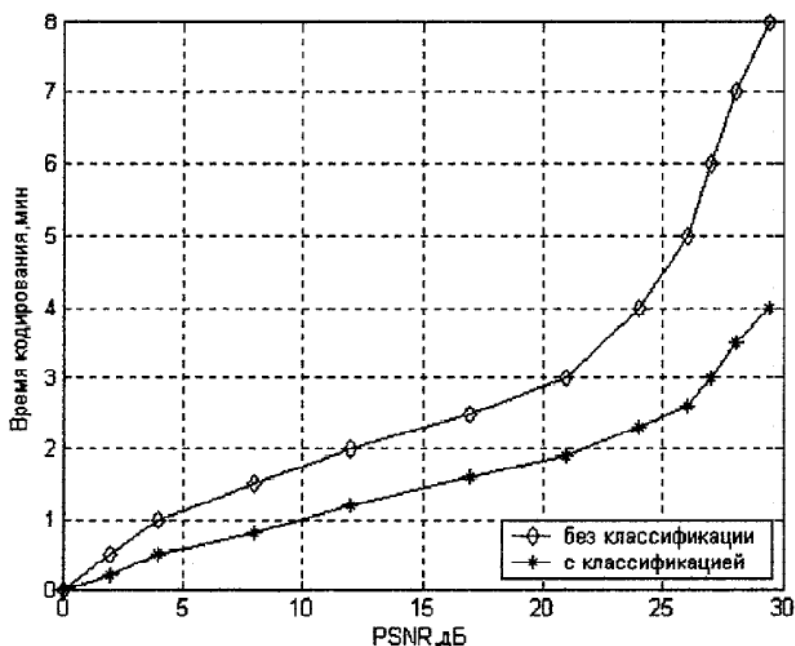


Рис. 1. Сравнение фрактального кодирования с классификацией областей и без классификации областей

В статье [6] описываются методы по ускорению процесса фрактального сжатия. Автором статьи приводятся несколько методов, позволяющие ускорить работу алгоритмов. Как правило, подбор нужного домена и соответствующего аффинного преобразования, является самым сложным этапом во всех фрактальных алгоритмах, и от того, насколько схожими будут участки на изображении, зависит степень сжатия и качество декодированного изображения. Таким образом в статье приведены следующие методы по ускорению процесса фрактального сжатия:

- метод разбиения – основывается на квадродереве, где система ранговых блоков представляется несколькими слоями (уровни разбиения изображения), а затем части блоков

делятся на блоки кратного размера. Это происходит до тех пор, пока не найдется соответствующий доменный блок для рангового блока;

- классификация блоков – основывается на классификации доменных и ранговых блоков до начала кодирования, тем самым сокращая перебор блоков.

- метод кластеризации – подход применяется для поиска подобных блоков изображения и подавления шума;

- выделение точечных особенностей – основывается на разбиении изображения на уровни, где происходит вычисление на основе коэффициентов вес точек на каждом уровне;

- подготовка памяти – основывается на упорядочивании ранговых и доменных блоков для более удобного считывания.

В статье [7] авторами приводился эксперимент со сравнением алгоритмов кодирования изображений и последующей оценкой их эффективности. В данной работе были рассмотрены применения различных методов масштабирования изображений. Принцип действия алгоритмов заключается в том, что для каждой точки изображения берется определенный набор точек исходного изображения и интерполируется в соответствии с выбранным методом и взаимным положением этих точек.

Для эксперимента были выбраны неадаптивные методы –Box, Linear, Cosine, Spline, Cubic, Mitchell, Albrecht, Lanczos, Gaussian, Blackman, Hann, Hamming, Sinsh. Каждый метод характеризуется своим ядром передискретизации. Так же были взяты восемь изображений (рис.2) и каждое изображение было сжато с использованием фрактального кодирования различными методами.

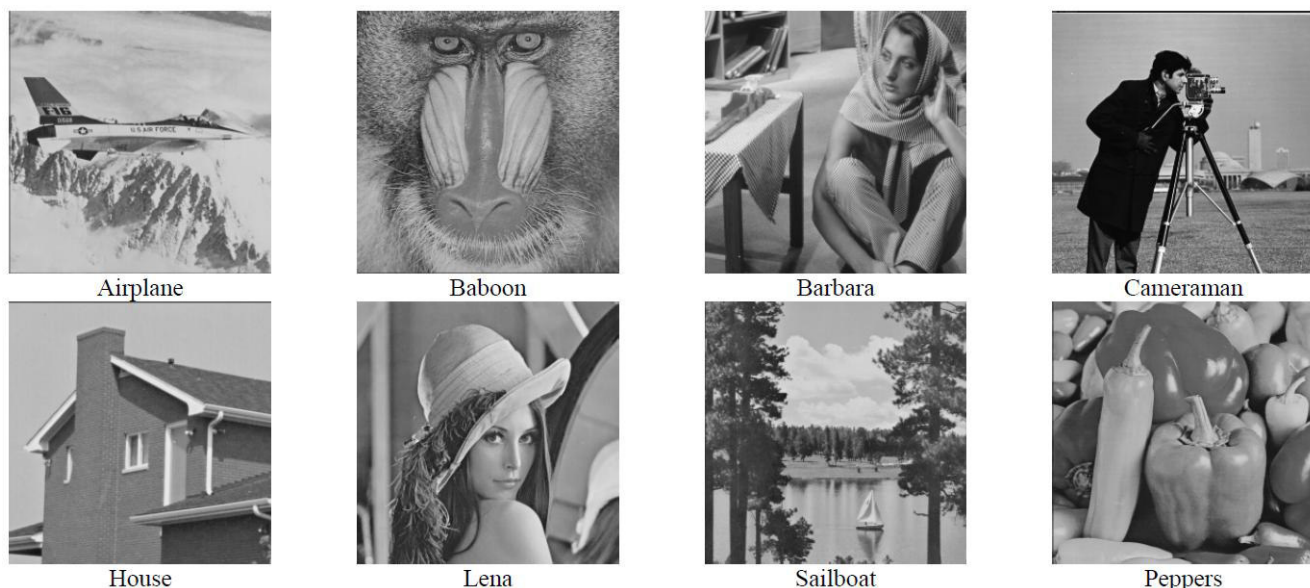


Рис.2. Экспериментальные изображения

Сравнение качества обработанного изображения и оригинала приводится с использованием пикового отношения сигнала к шуму (PSNR). Результаты работы неадаптивных методов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты работы неадаптивных методов в эксперименте

	Airplane	Baboon	Barbara	Cameraman	House	Lena	Sailboat	Peppers
Box	30.768	28.339	28.373	28.104	32.452	30.504	29.611	31.572
Linear	31.241	28.486	28.397	28.552	32.459	30.973	30.310	31.494
Cosine	30.997	28.509	28.672	27.506	32.597	30.655	30.209	32.070
Spline	30.879	27.396	28.088	32.297	31.282	30.720	30.105	31.368
Albrecht	31.031	28.564	28.740	27.276	32.500	30.913	30.135	32.077
Mitchell	31.071	28.481	28.688	27.371	32.388	30.942	30.012	31.479

Продолжение таблицы 1								
	Airplane	Baboon	Barbara	Camera n	House	Lena	Sailboat	Peppers
Cubic	31.026	28.551	27.924	24.645	32.058	30.783	30.190	32.098
Hermite	31.026	28.553	27.925	24.645	32.056	30.783	30.190	32.098
Blackman	31.089	28.572	28.453	24.056	32.270	30.840	30.243	32.017
Hann	30.929	28.488	28.430	24.955	32.466	30.789	30.052	31.906
Hamming	31.014	28.489	28.751	24.910	32.486	30.338	30.169	31.512
Sinsh	31.021	28.484	28.569	23.300	32.114	30.760	30.123	32.089
Lanczos	30.984	28.557	28.596	24.409	32.546	30.449	30.140	31.974
Gaussian	30.977	28.556	27.814	25.050	31.739	30.668	30.210	32.048

Из полученных экспериментальных результатов все неадаптивные методы показали схожее качество работы с другими участвующими в эксперименте методами, а методы Вохи Linear превзошли остальные методы по скорости кодирования.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование различных методов фрактального кодирования для обработки изображений не оказывает особого влияния на качество обработанного изображения. Время кодирования во всех методах зависит от сложности доменно-рангового сопоставления и количества доменно-ранговых сопоставлений. При использовании простых методов кодирования, результаты получаются схожими с использованием более сложных методов, но по скорости кодирования более сложные методы уступают простым.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Stephen T.W. «Fractal and wave letimage compression techniques», p. cm. – Tutorial texts in optical engineering; v. TT40, 1999, 320 с.
2. Hebert D., Soundararajan E. «Fast Fractal Image Compression with Triangulation Wavelets», Proc. of SPIE Conf. on Wavelet Applications in Signal and Image Processing VI, San Diego, 1998.
3. McGregor D., Fryer R.J., Cockshott W.P., Murray P. «Fast Fractal Transform Method for Data Compression», University of Strathclyde Research Report/94/156[IKBS-17-94], 1994.
4. Welstead S. «Self-Organizing Neural Network Domain Classification for Fractal Image Coding», Proc. of IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing, July, 1997, Banff, Canada, IASTED Press: 248-251 с.
5. Патент № 2321184 С2 Российская Федерация, МПК H04N 7/40, G06T 9/00. Способ повышения скорости кодирования при совместном использовании векторного квантования и фрактального кодирования изображений: № 2006111545/09: заявл. 07.04.2006: опубл. 27.03.2008 / А. В. Тезин, А. В. Шмойлов, Р. Б. Трегубов; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации (Академия ФСО России).
6. Чуприна, Ю. А. «Модификации алгоритма фрактального кодирования»// Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 01–20 мая 2017 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2017. – С. 4573-4575.
7. Карцов, С. К. «Влияние выбора метода масштабирования изображения на процесс фрактального кодирования» // DSPA: Вопросы применения цифровой обработки сигналов. – 2016. – Т. 6. – № 3. – С. 605-608.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СТУДЕНЧЕСКОГО ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ В ХИИК**

Хабаровский институт инфокоммуникаций (филиал) ФГБОУ ВО  
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»  
(ХИИК СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: звуковое вещание, студенческое радио, тракт формирования программы, тракт распределения программы, микшерный пульт, трансляционные громкоговорители, трансляционный усилитель.

В статье авторы указывают преимущества создания системы студенческого звукового вещания, выявленные на основе пятилетнего опыта его работы, а также объясняют необходимость её модернизации. Модернизация была произведена как в тракте формирования программы студенческого радио, так и в тракте её распределения.

S.A. Fuzeev. S.A. Bezdverny, R.M. Danilov

## **MODERNIZATION OF THE STUDENT SYSTEM SOUND BROADCASTING IN HIК**

The Khabarovsk Institute infocommunication (branch) FSBEI  
«Siberian state university of telecommunications and informatics», Russia

Keywords: audio broadcasting, student radio, program formation path, program distribution path, mixing console, broadcast loudspeakers, broadcast amplifier.

In the article, the authors point out the advantages of creating a student sound broadcasting system, identified on the basis of five years of experience in its work, and also explain the need for its modernization. The modernization was carried out both in the path of the formation of the student radio program and in the path of its distribution.

С 11 ноября 2015-го, то есть уже более пяти лет, во втором учебном корпусе Хабаровского института инфокоммуникаций осуществляет вещание студенческое радио ХИИК [1].

За это время студенческое радио уже не воспринимается как нечто новое, его работа стала привычным делом как для студентов, так и для преподавателей и для администрации учебного заведения, а необходимость создания своей радиоточки в ХИИК уже ни у кого не вызывает сомнения. Студенческое радио дает возможность административным органам учебного заведения быстро довести необходимую важную информацию для учащихся и рабочего состава института. Также работа на студенческом радио имеет большое воспитательное значение. Кроме того, студенты знакомятся с технологией и оборудованием, предназначенным для подготовки программ звукового вещания. Участие в деятельности студенческого радио учит студентов ответственности, добросовестному исполнению своих обязанностей, стимулирует познавательную и творческую деятельность. Студенты чувствуют себя участниками непрерывного рабочего процесса, и от каждого из них зависит его надёжность, ведь вещание осуществляется в течение всего учебного года шесть дней в неделю по графику, и допускать его срывов никак нельзя. Всё это поможет студентам в их дальнейшей трудовой деятельности, даже если она не будет связана с радио или телевизионным вещанием.

Напомним, что термин «студенческое радио» - не совсем верный и точный, но устоявшийся. На самом же деле имеется в виду не излучение сигналов звукового вещания в

виде радиоволн на определённую территорию (зону обслуживания), а распределение программ при помощи системы проводного вещания на трансляционные громкоговорители, расположенные на всех четырех этажах учебного корпуса. Дело в том, что для вещания в диапазоне метровых волн УКВ необходимо иметь большие финансовые средства, а также пройти огромное количество процедур. Под термином «студенческое радио» в дальнейшем мы будем подразумевать «радиостанцию или радиопередачу, где студенческая молодежь является целевой аудиторией, что отражается в поставленных целях, задачах, формате, а также в тематическом наполнении» [2,3,4,5].

Рассмотрим канал студенческого проводного вещания. В его состав входит тракт формирования программы (ТФП) и тракт распределения программы (ТРП). В тракте формирования программы осуществляется запись и монтаж её фрагментов, а в тракте распределения входят два трансляционных усилителя, сеть проводного вещания и трансляционные громкоговорители. Последние в данном случае не следует выделять в отдельный тракт приёма программ, поскольку за них также отвечают сотрудники студенческого радио.

Необходимость модернизации обусловлена тем, в тракте формирования и распределения программы используется морально устаревшее оборудование, которое необходимо заменить. Также в ТФП отсутствует конденсаторный микрофон, а имеется только динамический. Кроме того, нет микшерного пульта, главной задачей которого является свести множество источников сигнала воедино и добиться оптимального баланса на выходе.

Всё это вызывает определённые неудобства при подготовке программ звукового вещания. Схема звукового тракта ТФП после модернизации представлена на рисунке 1.

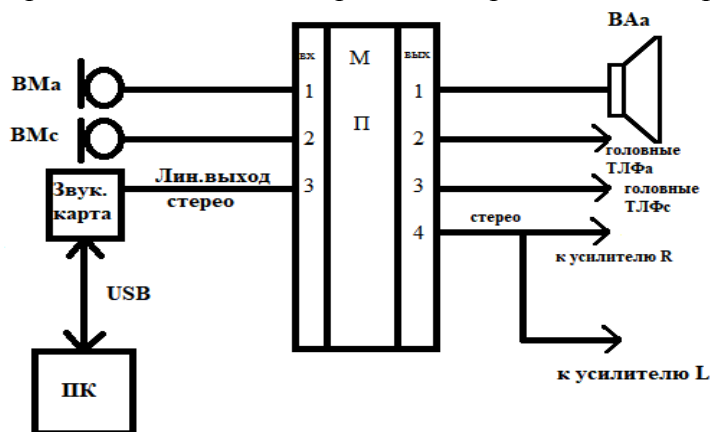


Рис. 1 Схема звукового тракта

Схема содержит:

- микрофон, находящийся в аппаратной (ВМа);
- студийный микрофон (ВМс);
- звуковую карту (Звук. карта);
- персональный компьютер (ПК);
- интерфейс для связи ПК со звуковой картой (USB);
- микшерный пульт (МП);
- громкоговорители, находящиеся в аппаратной (ВАа);
- головные телефоны, находящиеся в аппаратной (Головные ТЛФа);
- головные телефоны, находящиеся в студии (Головные ТЛФс).

Что касается тракта распределения программы, то старые бестрансформаторные разнотипные громкоговорители были заменены на новые трансформаторные. В этом случае можно будет использовать трансформаторный выход трансляционного усилителя с напряжением 110 В.

Это улучшило равномерность звукового поля на этажах и качественные показатели системы проводного вещания.

Таким образом, пятилетнее существование студенческого радио показало его необходимость и востребованность. Тем не менее, в процессе работы радио были выявлены

недостатки, которые устранены при модернизации. В процессе модернизации была осуществлена замена динамического микрофона на конденсаторный, введён в эксплуатацию микшерный пульт и новая аудиокарта, что расширило функциональные возможности тракта формирования программы. Коснулась модернизация и тракта распределения программы. Здесь она заключалась в замене старого трансляционного усилителя и громкоговорителей на новые одного типа. Это улучшило равномерность звукового поля на этажах и качественные показатели системы студенческого звукового вещания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бездверный С.А., Данилов Р.М. Организация студенческого радио в ХИИК СибГУТИ, Хабаровск: ХИИК «СибГУТИ», 2020. – 46с.
2. Биченко И.Г. Ценностные ориентации студентов в условиях социальной аномии: автореф. дис. ... канд. соц. наук: 22.00.04. – М.: МГУ, 2009. – 23с.
3. Быкова М.В. Образовательные возможности современного университетского радио и проблемы их реализации // Научные ведомости. – 2013. - № 13 (156). – Выпуск 18. – С. 171-180. – Серия «Гуманитарные науки».
4. Колесникова А.В. Роль студенческой радиостанции в формировании единого информационного пространства университета // Известия СНЦ РАН, Специальный выпуск «Технология управления организацией. Качество продукции и услуг». – 2008. – С. 114-120.
5. Раскатова Е.Р. Типологический анализ современного российского радиовещания: автореф. дис. ... канд. филол. наук: 10.01.10. – Воронеж: ВГУ, 2005. – 22 с.

## **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» В СООТВЕТСТВИИ С НАЦИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММОЙ «ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА»**

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: информационная безопасность, киберполигон, цифровая экономика, WorldSkills, академия Cisco.

Данная статья посвящена анализу влияния создания киберполигона в ВУЗе на качество повышения подготовки специалистов по направлению «Информационная безопасность» в соответствии с национальной программой «Цифровая экономика».

E.S. Tarasov

## **IMPROVING THE QUALITY OF TRAINING OF SPECIALISTS IN THE FIELD OF «INFORMATION SECURITY» IN ACCORDANCE WITH THE NATIONAL PROGRAM «DIGITAL ECONOMY»**

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISISibGUTI), Russia

Keywords: information security, cyberpoligon, digital economy, WorldSkills, Cisco Academy.

This article is devoted to the analysis of the impact of the creation of a cyber-polygon in the university on the quality of training of specialists in the field of «Information Security» in accordance with the national program «Digital Economy».

### **Введение**

Инфокоммуникации плотно вошли в жизнь современного человека, общества и государства. Эффективное использование современных информационных технологий способствует экономическому развитию государства и формированию информационного общества. Однако, с развитием информационных технологий повышается уровень информационных угроз, которые могут негативно сказываться не только на деятельности отдельного человека или организации, но и в целом общества и государства. Поэтому, одним из важнейших национальных интересов в информационной сфере является формирование системы международной информационной безопасности, направленной на противодействие угрозам использования информационных технологий в целях нарушения стратегической стабильности, а также на защиту суверенитета Российской Федерации в информационном пространстве [1].

Одной из задач государственных органов в рамках деятельности по развитию и совершенствованию системы информационной безопасности является совершенствование форм и методов взаимодействия сил обеспечения информационной безопасности в целях повышения их готовности к противодействию информационным угрозам, в том числе путем регулярного проведения тренировок (учений) [1]. Для решения этой задачи [Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ](#) инициировало создания национального киберполигона в рамках федерального проекта «Информационная безопасность» национальной программы «Цифровая экономика».

### **Открытие киберполигона в СибГУТИ**



Для создания и работы национального киберполигона требуются высококвалифицированные кадры, которые готовятся в колледжах и ВУЗах страны. Поэтому перед учебными заведениями ставится задача организовать собственные киберполигоны, как часть национального киберполигона, для подготовки высококвалифицированных специалистов в области информационной безопасности.

17 мая 2021 года в Сибирском государственном университете телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ) был открыт киберполигон. Он представляет собой площадку, на которой планируется проводить обучение и тренировку специалистов по направлению «Информационная безопасность». Киберполигон повторяет типовые сетевые инфраструктуры предприятий различных отраслей. Он позволяет отработать практические навыки специалистов без рисков, нанесения ущерба деятельности реального предприятия.

Киберполигон СибГУТИ реализован как multifunctional цифровой комплекс, предоставляющий инфраструктуру для разработки и тестирования программного и аппаратного обеспечения, моделирования киберугроз и отработки реакций на них, отработки практических навыков обучающихся, преподавателей и специалистов СибГУТИ и других организаций в области информационной безопасности. Планируется, что на киберполигоне будут проходить соревнования по WorldSkills, киберспорту, начало работать студенческое конструкторское бюро [2]. Так же на нем смогут заниматься школьники.

### **Организация киберполигона в УрТИСИ**

В рамках работы киберполигона, в УрТИСИ создаются различные лаборатории и площадки, цель которых повысить качество подготовки выпускников УрТИСИ.

В декабре 2019 года в УрТИСИ была открыта сетевая академия Cisco. Слушатели академии могут получить теоретические знания и практические навыки по современным информационным технологиям. Для работы академии, силами студентов УрТИСИ, в рамках конструкторского бюро, создана лаборатория «Сетевая информационная академия Cisco», которая оснащена оборудованием Cisco. Лаборатория позволяет научить студентов работать в операционной системой IOS и Linux, создавать сети Internet-вещей, обеспечивать информационную безопасность с помощью оборудования Cisco и многие другие аспекты в области информационных технологий.

Также в рамках киберполигона открытого в СибГУТИ, руководство УрТИСИ приняло решение организовать в институте площадки для подготовки и проведения демонстрационных экзаменов и чемпионатов WorldSkills по компетенциям: №39 «Сетевое и системное администрирование», №02 «Информационные кабельные сети». Данные компетенции проверяют уровень подготовки выпускников института по основополагающим навыкам в инфокоммуникационных технологиях. Компетенция «Сетевое и системное администрирование» направлена на оценку навыков выпускников по настройке и предоставлению высококачественных услуг, в том числе по обеспечению информационной безопасности. Компетенция «Информационные кабельные сети» направлена на оценку навыков выпускников по построению качественных кабельных сетей.

Было принято решение, что площадка по компетенции «Сетевое и системное администрирование» будет создаваться силами студентов в рамках конструкторского бюро с использованием системы «Группового проектирования». Студенты занимаются проектированием сетевой инфраструктуры площадки, настройкой серверов и оборудования. На основе выполненной работы, будут писаться студенческие научно-исследовательские работы, выпускные квалификационные работы. Студенты будут участвовать в студенческих научно-практических конференциях, которые ежегодно проходят в УрТИСИ.

На сегодняшний день ведется организация лаборатории «Информационной безопасности». Сегодня в РФ ведется политика импортозамещения, в том числе в области инфокоммуникационных технологиях. Поэтому, в лаборатории будет использоваться оборудование Российской компании «Код безопасности». Институту предоставлены три виртуальных стенда, которые в точности эмулируют работу реального оборудования. Таким образом, студенты смогут научиться организовывать защиту сетей от различных атак,



защищать компьютеры от несанкционированного доступа к конфиденциальной информации и вирусов, контролировать рабочие места администратора, сервера управления и хоста гипервизора, обеспечивая целостную защиту приложений от атак со стороны виртуальной инфраструктуры [3]. Также на данных стендах можно проводить широкий круг исследований в рамках «Информационной безопасности». Развертыванием лаборатории также занимаются студенты в рамках конструкторского бюро.

### **Заключение**

Открытие киберполигона в СибГУТИ и создаваемые лаборатории в УрТИСИ, в рамках этого киберполигона, отвечает основной задаче совершенствования информационной безопасности в РФ, путем повышения качества подготовки специалистов и проведения различных научных исследований по направлению «Информационная безопасность».

### **Литература**

1. Указ Президента Российской Федерации от 05.12.2016 № 646 "Об утверждении Доктрины информационной безопасности Российской Федерации".
2. URL: <https://sibsutis.ru/news/3438505/> (Дата обращения: 15.05.2021).
3. URL: <https://www.securitycode.ru/> (Дата обращения: 16.05.2021).

## **СЕКЦИЯ 2. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

УДК 656.25

**И.Д. Вершинин, С.А. Миклин, Ю.В. Могильников**

### **ВНЕДРЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ, КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА**

Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования  
Уральский государственный университет путей сообщения  
г. Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: безопасность, железнодорожный транспорт, приемная катушка, локомотив, рельс, рельсовый ток, магнитные поля, паразитные магнитные поля.

В статье представлены основные методы автоматизации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте, установленные виды и уровни автоматизации транспорта, описан принцип действия автоматической локомотивной сигнализации. Проведен анализ сбоев устройств локомотивной безопасности на Южно-Уральской железной дороге, проведено сравнение количества сбоев в зависимости от рода тока. Приведены основные факторы, способствующие сбою приёма полезного кода, а также предложения по уменьшению влияния паразитных полей.

**I.D. Vershinin, S.A. Miklin, Yu.V. Mogilnikov**

### **INTRODUCTION OF UNMANNED TECHNOLOGIES IN RAILWAY TRANSPORT AS A FACTOR OF IMPROVING SAFETY OF TRANSPORTATION PROCESS**

Federal Agency for Rail Transport  
Federal State Budgetary Institution of Higher Education  
Ural State University of Railways  
Yekaterinburg, Russia

Keywords: safety, railway transport, reception coil, locomotive, rail, rail current, magnetic fields, parasitic magnetic fields

The article presents the main methods of automation of the transportation process in railway transport, the established modes and levels of automation of transport, describes the principle of operation of automatic locomotive signalling. An analysis of failures of locomotive safety devices on the South Ural Railway was carried out, a comparison of the number of failures depending on the type of current was made. The main factors contributing to the failure of the reception of useful code, as well as proposals to reduce the influence of parasitic fields, are given.

Основной задачей железнодорожного транспорта является обеспечение безопасности как грузовых, так и пассажирских перевозок. Работа устройств безопасности без сбоев и отказов является основой надежного обеспечения безаварийного движения поездов.

Массовое оснащение локомотивов устройствами безопасности началось в 90-х годах прошлого столетия. Это позволило значительно сократить число проездов запрещающих сигналов, а также повысить пропускную способность перегонов за счет увеличения участковой скорости.

Сегодня же стоит вопрос о введении беспилотных технологий на железнодорожный транспорт, повышение качества пассажирских и грузовых перевозок, а также пропускной

способности перегонов. Развитию беспилотных технологий, т.е. автоматизации перевозочного процесса препятствуют возникающие отказы в работе систем.

На данный момент существует задача по снижению количества сбоев в работе устройств систем безопасности на локомотивах. Как правило, основное количество сбоев в работе устройств происходит на участках переменного тока, где имеются достаточно мощные паразитные магнитные поля, вызванные тяговым током или, наводимые от высоковольтных линий намагничивания рельсов и т.д., которые и влияют на приемные катушки электровоза, также кривые малого радиуса, из-за разности подвеса приемных катушек.

Сбои в работе устройств АЛС могут привести к аварии, которые влияют на безопасность перевозок. Это всё делает недопустимым введения беспилотного управления поездом. Для уменьшения числа сбоев принимаются различные меры, такие как проверка катушек на чувствительность, оценка помехозащищённости и т.д.

Сбоем устройств безопасности предшествует неправильный (искаженный) код, который принимается катушкой и неверно расшифровывается устройствами безопасности. Из-за этого в системы поездной автоматики принимают неправильно закодированный сигнал и выводят на локомотивный светофор неправильный сигнал, который может привести к аварии[1].

Развитие беспилотных технологий на железнодорожном транспорте началось в 1957 году, с момента создания экспериментального комплекса автоведения для пригородных поездов. Тогда же был создан стандарт ИЕС-62290-1 определяющий уровень автоматизации на железнодорожном транспорте. Существует 4 степени автоматизации на железнодорожном транспорте, в настоящее время практически все поезда оснащены устройствами безопасности, относящиеся к первому уровню автоматизации.

Второй уровень автоматизации предполагает собой энерго-оптимальное ведение поезда, за счет регулировки тяги и торможения по конкретно заданному маршруту с учетом расписания движения поездов, а также, бланком предупреждения, показаний автоматической локомотивной сигнализации. Применение таких технологий понижает утомляемость машиниста и позволяет сократить энергопотребление и опоздание поездов, вследствие чего повышается качество железнодорожных перевозок.

Третий уровень предполагает отсутствие машиниста, и требует введения системы технического зрения, а также является недопустимым сбоем в системах безопасности локомотива.

Четвертый уровень предполагает полную автоматизацию перевозочного процесса, что ставит серьезные задачи по повышению безопасности, путем изменения конструкции локомотивов, а также устройств железнодорожной автоматики [2].

В настоящее время на сети железных дорог России в качестве систем безопасности (контроля занятости перегона) выполняют рельсовые цепи, а также устройства безопасности локомотива (АЛСН, КЛУБ, БЛОК), основной задачей является повышение качества приема кодового сигнала из рельсовой цепи и уменьшения сбоев автоматической локомотивной сигнализации. На рисунке 1 представлена структурная схема АЛС по видам.

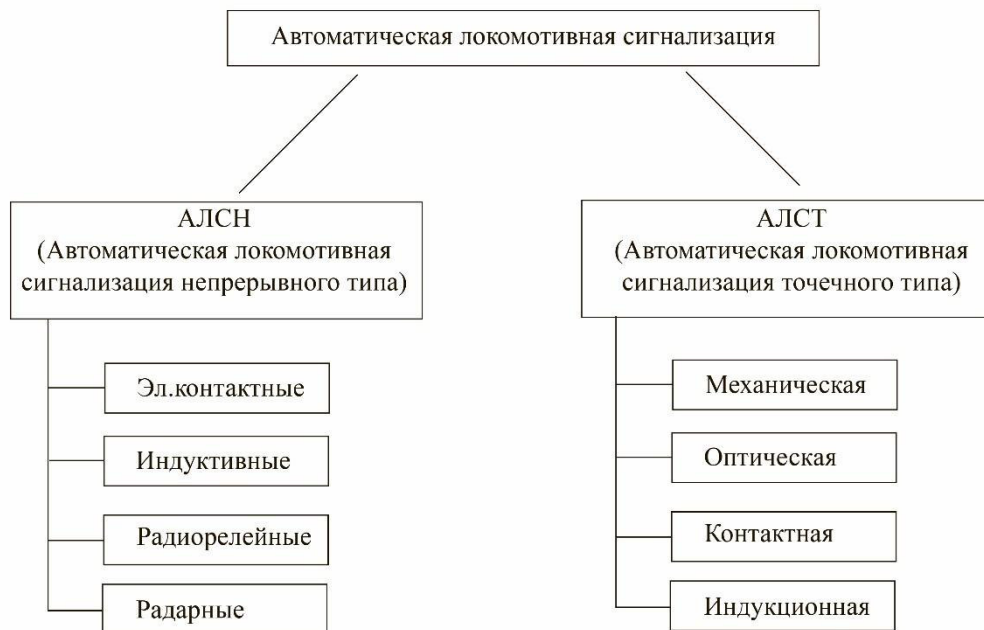


Рисунок 1 – Структурная схема АЛС по видам

Так же системы АЛСН подразделяют на низкочастотные, работающие с токами сигнальных частот в пределах 25-2000 Гц, и высокочастотные у которых сигнальные токи занимают спектр выше 30 кГц[3].

Высокочастотные системы АЛС непрерывного действия передают информацию на локомотив частотами выше 30 кГц. Использование рельсовых нитей в этом диапазоне невозможно из-за большого затухания сигнала, поэтому между рельсами по шпалам прокладывают специальные кабельные линии - шлейфы, по которым пропускают высокочастотные сигнальные токи.

Образующееся вокруг проводов линии магнитное поле пересекает приемные катушки на ферритовых сердечниках, закрепленные на локомотиве. Сигнал, снимаемый с приемных катушек, усиливается и поступает в дешифрирующее устройство и на исполнительные органы. Информация поступает в линию связи - шлейф от кодирующего устройства. Чаще всего применяют двоичный код, в котором «1» соответствует одна частота, а «0» - другая. Информация передается телеграммой-комбинацией нулей и единиц.

Недостатками высокочастотных систем АЛСН являются легкая повреждаемость кабельного шлейфа при ремонте железнодорожного пути, смене шпал и рельсов и др. Шлейф излучает электромагнитную энергию и поэтому создает помехи для линий связи. Затухание шлейфа зависит от толщины изоляции и качества диэлектрика. Повреждение изоляции приводит к увеличению затухания, а снег, покрывающий шлейф в зимнее время, увеличивает его в значительных пределах.

Рассмотрим причины нарушения нормальной работы систем безопасности на Южно-Уральской железной дороге и методы повышения помехозащищенности.

Локомотивными депо Златоуст, Челябинск, Курган, Карталы Оренбург и Петропавловск, Южно-Уральской железной дороги, были собраны статистические данные, на основе которых был проведен первичный анализ. Было установлено, что основное количество сбоев происходит на участках с переменным тяговым током, что видно на рисунке 2.

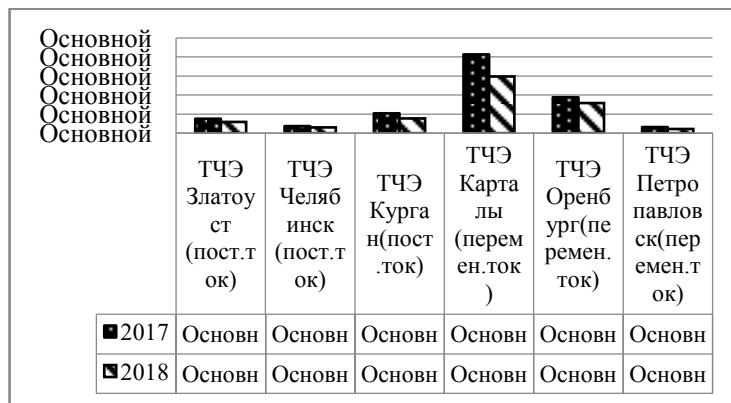


Рисунок 2 – Диаграмма допущенных сбоев кода на Южно – Уральской железной дороге

В ходе дальнейших исследований было установлено, что основными причинами кратковременных нарушений в работе устройств безопасности, на участках переменного тока, является наличие помех в работе рельсовой цепи. Вероятными причинами возникновения, которых является: асимметрия обратного тягового тока, наличие остаточной намагниченности после проведения капитального ремонта пути, наличие плетей-длинномеров внутри колеи и на концах шпал, которые имеют так же остаточную намагниченность, также различные наведенные помехи от устройств верхнего строения пути[1]. Необходимо отметить работу приемных катушек в критических параметрах, которая значительно сказывается на приеме кода, так при прохождении локомотивом кривой образуется разность высоты подвеса приемных катушек (при вертикальном смещении локомотива), а также продольное смещение приемных катушек по отношению к кодированным рельсам. Галомирование подвижного состава, а с ним и катушек. Вероятность потери кодовой комбинации в данных условиях работы очень велика [4].

Сейчас очевидно, что будущее транспорта за беспилотными технологиями. Для достижения данной цели требуется решить очень много проблем, связанных регулировкой скорости движения, приема устойчивого кодового сигнала от светофора, а также того что, в случае наличия перед поездом таких препятствий как ленты, пакеты, которые обмотались за ближайший столб и вызывают срабатывание сенсоров технического зрения. Сегодня существуют локомотивы с дистанционным управлением, управляющиеся пультом дистанционного управления, но самая главная цель это беспилотный поезд, не требующий участия человека в своей поездной работе. Так же, существуют такие технологии позиционирования объекта «ГЛОНАСС», имеющие возможность довольно точно определять местоположение, но в этом случае стоит вопрос киберзащищенности, существуют технологии определения местоположения поезда с помощью счётчика осей, но возникает проблема отсутствия контроля целостности рельсов (контрольного режима)[5].

В этом случае рельсовые цепи хорошо справляются со своей задачей и на сегодняшний момент. Но для реализации беспилотного управления поездом такая технология не подходит, современные технологии во всех областях науки и техники позволяют отметить необходимость отказа от морально устаревшей и несовершенной технологии рельсовой цепи. Дальнейшее развитие данной технологии не дает новых качеств, что не позволяет достичь инновационное управление движением. Но в то же время отказ от рельсовой цепи не может оказаться моментальным, в силу проблем внедрения новых технологий, экономических составляющих и других факторов. На данный момент научно-технический прогресс не способен представить достойный аналог рельсовой цепи. Тем не менее, следует ожидать, что рельсовая цепь передаст свои функции другим технологическим системам, уступив место более эффективным технологиям современности, тем самым повысив безопасность движения, и качество перевозочного процесса, приблизив человечество к беспилотным поездом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Могильников Ю.В. Влияние тяжеловесных поездов на работу рельсовых цепей и аппаратуры АЛСН //Транспорт Урала – 2014. - № 2(41) – с.109-113;

2. IEC 62290-1-2014 Railway applications – Urban guided transport management and command/control systems – Part 1: System principles and fundamental concepts;
3. Теоретические основы железнодорожной автоматики и телемеханики/ под ред. Сапожникова В.В.-М: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008 -394с;
4. Статья «Повышение помехоустойчивости в работе локомотивных устройств безопасности» /В.В. Касьяненко/ 2016 г.//сборник статей победителей VI Международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2016 с.58-62;
5. Могильников Ю.В. Оценка эффективности рельсовых цепей и средств дефектоскопии при выявлении изломов и дефектов рельс //Транспорт Урала – 2019. - № 3(62) – с.64-67;

## **ИНТЕГРАЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ С МОБИЛЬНЫМИ ПРОГРАММАМИ**

ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС), г. Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: видеоконференцсвязь, интеграция, мобильное приложение.

Использование видеоконференцсвязи (далее по тексту – ВКС) в компании ОАО «РЖД» является неотъемлемой частью при повышении эффективности работы. Она имеет ряд достоинств, главными из которых являются сокращение времени реагирования при возникновении чрезвычайной ситуации на дороге, а также экономическая эффективность. Для организации ВКС на дороге используют специальное оборудование, такое как Polycom. С помощью него можно создать устойчивую сеть с передачей текста, голоса и изображения выступающего, что позволяет виртуальное общение приблизить к реальному. Но данная система Polycom не имеет возможности подключения мобильных абонентов, что уменьшает гибкость системы.

## **INTEGRATION OF THE EXISTING RAILWAY VIDEO CONFERENCE SYSTEM WITH MOBILE PROGRAMS**

**A.S. Dmitrieva, K.D. Zyryanova, Yu.V. Mogilnikov**

Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia

Keywords: video conferencing, integration, mobile application.

The use of video conferencing (hereinafter referred to as videoconferencing) at Russian Railways is an integral part of improving work efficiency. It has a number of advantages, the main of which are reduced response time in case of an emergency on the road, as well as economic efficiency. To organize videoconferencing on the road, special equipment such as Polycom is used. With it, you can create a stable network with the transmission of text, voice and image of the speaker, which allows virtual communication to be closer to real. However, this Polycom system does not have the ability to connect mobile subscribers, which reduces the flexibility of the system.

Цель данного исследования заключается в интеграции существующей системы видеоконференцсвязи с приложениями, которые позволят подключать в сеть не только персональные компьютеры, но и мобильные устройства, такие как телефон, планшет, ноутбук.

Существует много различных приложений, которые дают возможность проводить ВКС в сети Интернет, а также по корпоративной сети. Интеграция аппаратных и программных решений позволит сократить производственные расходы, например, капитальные вложения. В данной статье рассмотрим некоторые из них – Skype for Business, Zoom, Cisco Jabber, TrueConf. Каждое приложение имеет свои достоинства и недостатки. Рассмотрим более подробно.

1. Skype for Business – программа, которая дает возможность обмениваться сообщениями, совершать видео- и аудио- звонки абонентам, зарегистрированные в приложении, согласно выбранному тарифу, а также разговаривать с незарегистрированными или стационарными телефонами за дополнительную плату. Данная разработка имеет свои функциональные особенности:

1) Интеграция с системой ВКС на предприятии с помощью компонента Video Interoperability Server (VIS), который может включать в себя до 16 конечных устройств.

2) Одновременно участвовать в онлайн-конференции бесплатно может до 250 человек, а при выделении сервера на предприятии – до 1000.

3) Возможность трансляции контента через Интернет для слушателей до 10 000 человек при подключении опции Skype Meeting Broadcast.

4) Записи всех конференций сохраняются в облачном хранилище, которые можно будет предоставить в общий доступ.

5) Возможность во время выступления демонстрировать презентации, данные, при этом слушатели могут пролистывать слайды вперед и назад.

Данная программа имеет недостатки, такие как:

- Сбор и передачи конфиденциальной информации в сеть;
- Запись разговоров;
- Вероятность взлома учетной записи;
- Низкое качество изображения.

На данный момент программу Skype for Business постепенно заменяет Microsoft Teams, который, по словам разработчиков, в дальнейшем будет содержать много различных опций. При этом главным критерием для сравнения с другими программами является стоимость предоставляемых услуг. Цена приложения Skype for Business по минимальному тарифу составит 312,50 рублей на пользователя в год. Ограничение по количеству участников – 300 человек (93750 руб.) [1].

2. Zoom – платформа, предназначенная для проведения совещаний, встреч, образовательных мероприятий.

Функциональные особенности данной программы:

1) Возможность подключения слушателей до 1000 участников, при этом одновременно камеру могут использовать 49 человек;

2) Бесплатное время сеанса – 40 минут, количество участников – 100.

3) Администратор имеет различные инструменты, которые могут включать и выключать микрофон и камеру у слушателей;

4) Также, как и в Skype возможно демонстрировать свой экран полностью, либо часть.

Программа Zoom имеет следующие недостатки:

- Возможность утечки информации;
- Вероятность взлома учетной записи.

Стоимость лицензии на данный продукт составит 350 долларов (на 18.03.2021 составит 25 585,67 руб.). Количество участников – до 300 [2].

3. Cisco Jabber – клиент компании Cisco, который позволяет обмениваться тестовыми и голосовыми сообщениями, а также вести переговоры. Данный сервис дает возможность создать персональные и корпоративные телефонные книги.

Cisco Jabber имеет свои особенности:

1) Управление за оборудованием при наличии своего сервера;

2) Возможность работать без выхода в сеть;

3) Децентрализация, т.е. предприятие может само зашифровать сервер, доступ к которому будет затруднен.

Недостатки данной программы:

• Потребление трафика нерациональное, так как много информации составляет о присутствии абонента в сети.

• Не смотря на то, что уровень безопасности у данной программы выше, чем у предыдущих, нельзя исключать тот факт, что может произойти утечка информации.

Лицензирование данной программы на одного пользователя 667 рублей, также подключение дополнительных функций осуществляется за дополнительную плату. Подключение 300 пользователей составит 200 100 руб.

4. TrueConf – программа российских разработчиков, предназначена для организации видеосвязи с разрешением 4K Ultra HD, работающая через Интернет или локальную сеть.

Данная программа, также, как и предыдущие имеет свои особенности:



- 1) Возможность закрыть корпоративную сеть от сети Интернет;
- 2) Организация большого количества пользователей, а именно 3000 на одном сервере, при увеличении числа пользователей потребуется несколько серверов без дополнительной лицензии.
- 3) Требуется лицензия на количество участников, находящиеся онлайн в видеоконференцсвязи.

Недостатки программы TrueConf:

- Ограничение функционала в Web-версии приложения;
- Повышенные требования к материалу, из которого выполнены абонентские устройства, а также к ширине канала связи [3].

Все перечисленные программы, помимо описанных особенностей, могут записывать сеансы конференций, демонстрировать свой экран, производить общение в чате и много других общих функций.

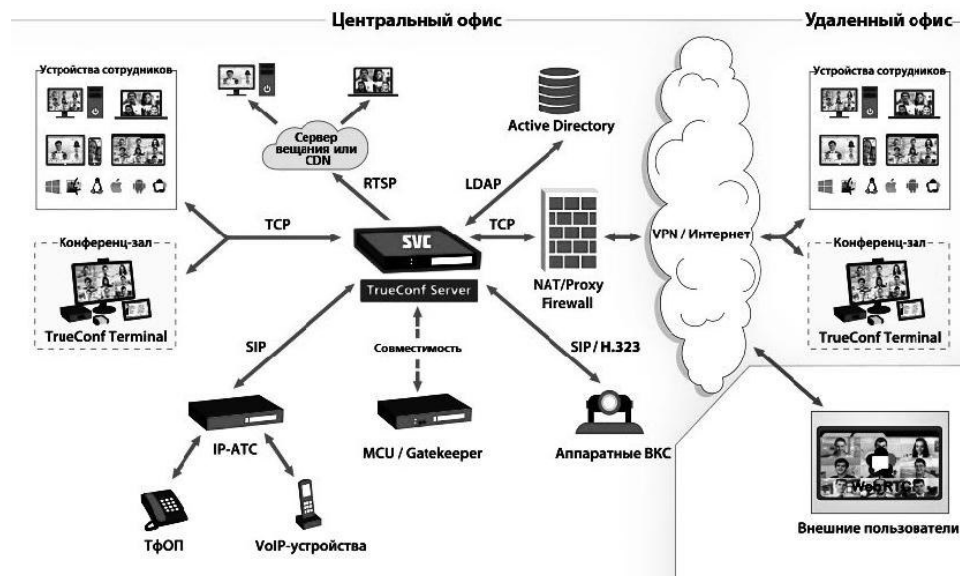
Таблица 1 – Сравнительные характеристики

Функции	Skype	Zoom	Cisco Jabber	TrueConf
Возможность работать без интернета	+	-	+	+
Ограничение сеанса по времени	-	+	-	-
Возможность полноценной интеграции в структуру предприятия	+	-	+	+
Возможность установки в локальную сеть предприятия	+	-	+	+
Совместимость с телефонией	Только при покупке CAL лицензий всех трех уровней	Только при покупке специальных опций	+	+
Стоимость	На 300 пользователей 93 750 руб.	Лицензия на подключение 300 пользователей в год 25 585,67 руб	Подключение 300 пользователей 200 100 руб.	До 150 онлайн участников стоимость составит 819 500 руб.

Представленная таблица 1 позволяет понять, какая разработка подойдет для малых, средних и крупных предприятий. Крупным предприятиям целесообразнее использовать программное решение такое как Cisco Jabber и TrueConf. Однако, наиболее предпочтительным является Cisco Jabber, так как оно имеет больше возможностей, качественную и безопасную аудио- и видео- связи, передачу данных, при этом стоимость услуг ниже. Оставшиеся программы Skype и Zoom больше подойдут для малого и среднего бизнеса, где требования к системе снижены.

На рисунке 1 представлена схема интегрирования программы TrueConf на производстве.

Рисунок 1 –Схема интегрирования программы TrueConf на предприятии



В заключение можно отметить, что интеграция существующей системы видеоконференцсвязи на производстве и программного решения Cisco Jabber позволит:

- Расширить возможности проведения совещаний внутри компании, с клиентами и партнерами;
- Сэкономить денежные средства на транспортные расходы служебных командировок;
- Ускорить время принятия решений;
- Снизить расходы в существующую систему видеоконференцсвязи;
- Объединить мобильные устройства и персональные компьютеры, подключенные к существующей системе видеоконференцсвязи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [Яковлева Е. С.](#) Самоучитель Skype. Бесплатная связь через Интернет. [текст]/ - СПб.: БХВ-Петербург, 2008. - 304с.
2. Zoom [электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://zoom.us/>.
3. TrueConf [электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://trueconf.ru/>.

## **РАЗВИТИЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, КАК ОСНОВА ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ**

ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС),  
г. Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: блокчейн, логистика, информационные технологии в экономике, распределенный реестр.

В статье представлены материалы, которые содержат информацию о современных тенденциях развития общемировой экономической ситуации. Рассмотрено влияние технологии блокчейн на деятельность организации. Рассмотрено применение технологии распределенного реестра в логистике.

**V.R Melnikov, E.S. Bogdanova**

## **DEVELOPMENT OF INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES AS A BASIS FOR DIGITALIZATION OF THE ECONOMY**

Ural state university of railway transport (USURT), Ekaterinburg, Russia

Key words: blockchain, logistics, information technology in the economy, distributed ledger.

The article presents materials that contain information on current trends in the development of the global economic situation. The influence of blockchain technology on the activities of the organization is considered. The application of the distributed ledger technology in logistics is considered.

Развитие современного общества происходит синхронно с развитием современных технологий. Основной задачей развития информационных технологий является упрощение функционирования тех или иных сфер жизнедеятельности человека. Этапы технологического прогресса принято отслеживать через информационные революции, то есть через резкие скачки научно – технического прогресса. А.И. Ракитов приводит следующее определение информационной революции: по его мнению, это преобразование сложившихся общественных укладов, связанное с кардинальными изменениями в области сбора и обработки информации. [1]

В ходе исследования были изучены работы С.Ю. Глазьева [2], где он определяет пять технологических укладов, каждый из которых определен через ряд факторов. Наиболее интересным для нашего исследования является пятый технологический уклад. Данный технологический уклад определен промежутком с 1980 по 2030 год. Основными факторами на данном промежутке являются информационные и цифровые технологии. Основная роль пятого уклада в жизни общества заключается в автоматизации производства, информатизации образования и медицины, управлении организациями, информационном обеспечении социума и автоматизации интеллектуальных процессов. На рубеже конца двадцатого века и начала двадцать первого была реализована теория конвергенции, в которой произошло развитие современных инфокоммуникационных технологий, что позволило «телефонному миру» стать мультисервисным. Данная теория была реализована с помощью конвергенции различных сетей электросвязи, которые в конечном итоге образуют общую мультисервисную сеть нового поколения NGN (NextGenerationNetwork). Данная сеть имеет возможность предоставлять информационные услуги и услуги связи в любой момент времени, определяемый пользователем, вне зависимости от его местоположения и личных потребностей.

Началом цифровизации экономических отношений можно считать саммит на Окинаве 22.06.2000 года, по итогу которого была принята хартия, в которой говорится: «Каждый человек должен иметь возможность пользоваться теми благами, которые предоставляет глобальное информационное общество». Цифровизация экономики не обошла и Российскую Федерацию. Новое веяние пришло в нашу страну в 2017 году, а именно 28 июля. Тогда была утверждена программа «Цифровая экономика», основной целью которой является внедрение цифровых технологий логистическую сеть производственных предприятий. С момента внедрения программы «Цифровая экономика» и по сей день было разработано более пятидесяти пакетов законодательных мер. Разработка нормативных актов велась министерством экономического развития при поддержке экспертного и предпринимательского сообщества. Разработка данных нормативно – правовых актов велась на площадке Фонда «Сколково». [3]

В настоящее время одной из самых популярных информационных технологий является блокчейн, которая организована на базе одноранговых пиринговых сетей. Такая система представляет собой обобщенную совокупность блоков, которая создается на базе распределенного реестра. Эти блоки имеют между собой жесткую связь, которая подкреплена двойным контролем за каждым элементом системы (Рис. 1). [4]

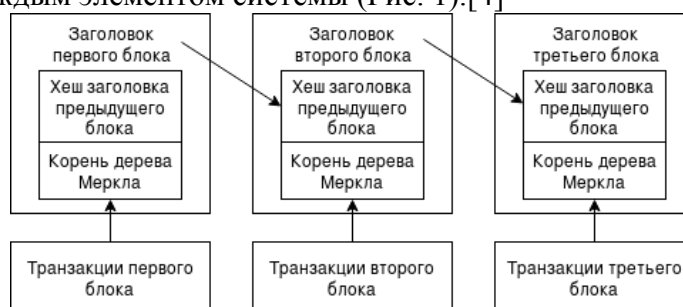


Рис. 1 - Схема осуществления транзакций с использованием блокчейн

Технология блокчейн у большинства людей ассоциируется только с различными криптовалютами. За последние годы данная технология сильно масштабировалась и нашла себе применение во многих отраслях. Одним из интересных направлений развития технологии блокчейн – являются контакт центры. Сеть PodOne является одним из самых ярких примеров. Она позволяет эффективно использовать совместные ресурсы смежных компания, добиваясь колоссальной экономии финансовых средств. [5]

Технология блокчейн нашла себе применение в различных сферах экономической деятельности, а наиболее яркое проявление наблюдается в сфере логистики, которая требует обработки максимального объема информации в кратчайшие сроки. Данная технология позволяет решить самую сложную и фундаментальную задачу логистики – управление цепями поставок (УЦП). Ведь в перевозке участвует большое количество контрагентов, которые по своей сути повторяют структуру системы блокчейн (рис. 1), но со своими нюансами. Использование данной технологии для решения задач УЦП позволяет достичь наиболее безопасной и прозрачной связи между каждой организацией, являющейся частью цепочки поставки, повышает скорость электронного документооборота (ЭДО) в разы. [6]

Ошибочно бытует мнение, что под логистикой подразумевается только перевозка грузов из точки А в точку Б. Фактически же логистика реализует пять задач в деятельности любой организации. К этим задачам относятся закуп сырья, производство продукции, сбыт произведенной продукции, транспортировка продукции и информационное обеспечение всех внутренних и внешних процессов организации.

Применение блокчейн в логистике уже на начальных этапах внедрения позволяет получить следующие результаты:

1. Отслеживание поставляемого товара на всех этапах перевозки, начиная от завода изготовителя, заканчивая конечным потребителем.
2. Защита конечного покупателя контрафактной продукции, поскольку весь путь товара прозрачен и невозможно бесследно внести изменения в цепь поставки.

3. Распределенный реестр позволяет принимать участие в процессе перевозки в режиме реального времени, отслеживать действия каждого контрагента.

4. Использование смарт – контрактов на каждом этапе, что исключает возможность незаконных действий контрагентов. [7]

Анализируя сложившуюся экономическую ситуацию и влияния цифровых технологий на нее можно сделать вывод, что технология блокчейн с каждым годом находит больше применений. Технология распределенного реестра позволяет повысить эффективность деятельности организации, повышает прозрачность всех финансовых процессов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гафнер В.В. Информационная безопасность учебное пособие [электронный ресурс]. –Режим доступа: [http://информационная-безопасность.гафнер.рф / chitat – posobie / glava-1 / 1 - 3-rol – informacii – v – razviti-i – obshchestva / informacionnye – revolyucii /](http://информационная-безопасность.гафнер.рф/chitat-posobie/glava-1/1-3-rol-informacii-v-razviti-i-obshchestva/informacionnye-revolyucii/)
2. С.Ю. Глазьев Эволюция технико - экономических систем: возможности и границы централизованного регулирования. - М.: Наука, 1992. - 594с.
3. Минэкономразвития России разработает законодательный фундамент для программы «Цифровая экономика» [электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://economy.gov.ru/minec/press/news/2017181201>
4. Василенок В.Л., Быков В.Н. О некоторых угрозах экономической безопасности России // Научный журнал НИУ ИТМО Серия «Экономика и экологический менеджмент» - 01.03.2012
5. В.Р. Мельников «ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ КОНТАКТ-ЦЕНТРОВ, ПОСТРОЕННЫХ НА ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН»// Журнал ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА БЕЗ ГРАНИЦ: СОЦИАЛЬНО - ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ, № 13, 2020, с. 45-47
6. Сергеев В.И., Кокурин Д.И. Применение инновационной технологии «Блокчейн» в логистике и управлении цепями поставок// Издательство «Креативная экономика» Том 12, Номер 2, Февраль 2018
7. Лысенко Ю.В., Лысенко М.В., Гарипов Р.И. БЛОКЧЕЙН В ЛОГИСТИКЕ // Azimuth of Scientific Research: Economics and Administration. 2019. Т. 8. № 3(28)

**ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ СЧЁТА ОСЕЙ**

ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС),  
г. Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: электронные системы счета осей, датчик контроля прохода осей, рельсовая цепь, контроль целостности пути.

В статье рассмотрены достоинства и недостатки систем счета осей, а также перспективы их развития в будущем.

**S.A. Miklin, D.S. Larchenko, Yu.V. Mogilnikov**

**ELECTRONIC AXLE COUNTING SYSTEMS**

Key words: electronic axle counting systems, axle passage control sensor, rail circuit, track integrity control.

The article discusses the advantages and disadvantages of axle counting systems, as well as the prospects for their development in the future.

Первый подсчет осей состоял из простого механизма, данный механизм чем-то напоминал педали. Но чуть позже были найдены ошибки и в Европейских странах в конце 19 века произошла замена на гидравлические контакты рельсов. Позже их заменили на пневматические переключающие элементы. Так как пневматические элементы стали ограниченными в применении, в 1950-х годах произошла замена на магнитные контакты. Данный механизм стал первым бесконтактным переключающим устройством. Известен он был как «магниты для подсчета осей». Выступающая часть обода железнодорожного колеса вызывала срабатывание, останавливая магнитное поле. 3 июня 1960 года Эрнст Хофстеттер и Курт Хаас подали документы на первый патент на устройство данного типа. В это время уже применялись индуктивные методы на основе трансформаторов. Благодаря разработкам в области электроники и внедрении интегральных схем в 1970-х годах создали счетчики осей используемые по сей день.

Система счета осей – это обратная рельсовым цепям система автоматического контроля занятости и свободности участков железнодорожного пути, которая базируется на микропроцессорных технологиях [1]. На данный момент электронные системы счета осей (ЭССО) подвижного состава предоставляют возможность автоматически подсчитывать оси подвижного состава, которые проходят через определенные участки станции в любом направлении и за любой промежуток времени, а также сжимать эту информацию. Благодаря этому мы можем узнать информацию о количестве вагонов, которые находятся в настоящее время на участках пути. Главной составной частью системы ЭССО является датчик контроля прохода осей подвижного состава (ДПВ-02). Датчики используются не только в системе контроля свободности участков пути, но и в составе ПОНАБ (ДИСК, КТСМ), диагностики колесных пар подвижного состава и других систем. Напольное оборудование ЭССО включает в себя: электронный модуль; аппарат защиты от грозовых и импульсных перенапряжений, рельсовый датчик, комплект крепления датчика. Данная аппаратура ЭССО не нуждается в сезонных регулировках, имеет малый размер и проста в установке [2]. Так как устройства счета осей не проверяют целостность рельсовых линий, а при отсутствии рельсовых цепей невозможно осуществить кодирование путей кодами АЛСН. Из-за этого применение счетчиков осей на главных путях станций, путях, по которым осуществляется движение пассажирских поездов, путях безостановочного пропуска, а также на перегонах, которые обустроены

автоблокировкой нецелесообразно. В таких случаях вблизи с рельсами на участках пути укладываются шлейфы, которые имеют длину не более 260 – 300 м. Если протяженность участка больше, лучше использовать несколько шлейфов, которые подключены через отдельные кодовые трансформаторы. Изъятие из эксплуатации рельсовых цепей, являющихся причиной 35-45% всех отказов устройств СЦБ, приведет к уменьшению задержек и простоев подвижного состава, увеличению оборота вагонов и локомотивов, повышению безопасности движения поездов. При этом исключены эксплуатационные расходы по подрезке балласта, по замене и обслуживанию элементов изоляции рельсовых линий и стыковых соединителей, в том числе затраты на эксплуатацию дрезин для приварки стыковых соединителей (горюче-смазочные материалы, ремонт).

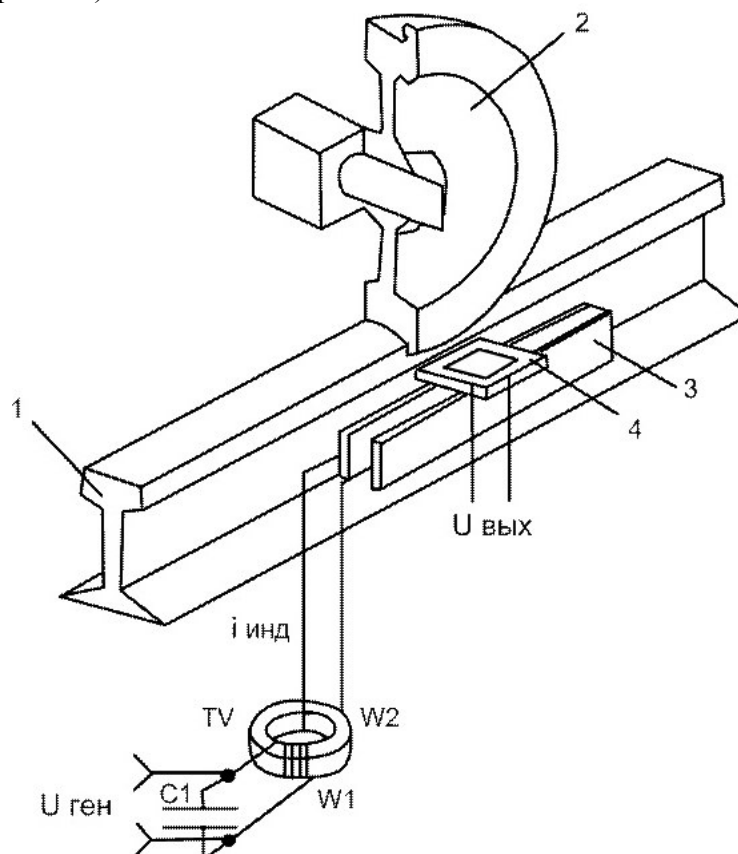


Рисунок 1. Датчик счета осей

Параллельно оси рельса (1) находится индуктор (3), по которому течет ток  $i_{инд}$ , образующий в пространстве возле рельса (1) и колеса (2) переменное магнитное поле. Данное поле создает в выходной катушке (4) напряжение  $U_{вых}$ , значение которого зависит от магнитного сопротивления цепи между индуктором (3) и катушкой (4). Отсутствие или присутствие колеса в этом месте изменяет это магнитное сопротивление и взаимоиндуктивность  $M$  между индуктором (3) и катушкой (4), что влечет за собой изменения объема выходного напряжения датчика  $U_{вых}$ .

Достоинства	Недостатки
Счетчики осей хороши на электрифицированных железных дорогах, так как они устраняют необходимость в тяговой связке	На линиях с переключателями без блокировки/ручного управления обнаружение точек переключения должно проверяться отдельно, тогда как на рельсовых нитях сдвинутые точки могут быть расположены для автоматического разрыва рельсовой цепи
Счетчики осей убирают множество соединений рельсов (IRJ), которые являются слабым местом в	На высокоскоростных поездах используются магнитные тормоза,

рельсовых цепях	которые иногда счетчик осей обнаруживает ошибочно
Счетчику осей не помеха проблема, связанная с загрязнением головки рельса из-за ржавчины и смазки	Если колеса поезда останавливаются на механизме счетчика, то выдает неправильный счет
Счетчики осей подходят для туннелей, где обычные рельсовые цепи ненадежны	Счетчики осей не могут выявить дефект рельса
Благодаря расширенному функционалу можно узнать направление движения и скорость состава	Используются на участках с малым движением поездов так, как не делают контрольный и режим АЛСН
Для работы счетчиков осей нужно намного меньше кабеля, чем для рельсовых цепей	
Обслуживание в разы дешевле	

Таблица 1. Преимущества и недостатки.

Эти системы широко используются в странах Европы и Запада. Россия же не может отказаться от рельсовых цепей, так как необходим контроль целостности пути. Вызван такой контроль тяжелыми условиями использования рельсовой линии. Из-за множества факторов может произойти излом рельса, а также, возможно изъятие рельса сторонними лицами в целях хищения. Однако исследования показали, что рельсовые цепи не гарантируют надежное обнаружение изломов [3]. Системы счета осей не могут контролировать целостность пути, но это возможно благодаря применению дополнительных систем. В заключении стоит отметить, что системы, основанные на рельсовых цепях, во многих регионах устарели и имеют множество недостатков, а переход на счет осей позволит значительно уменьшить количество отказов и сократить эксплуатационные расходы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Могильников Ю.В., Нурекенова М.С., Феданов Н.С. Недостатки рельсовых цепей и их устранение // В сборнике: WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS. Сборник статей победителей VII Международной научно-практической конференции. 2017. С. 75-77.
2. Могильников Ю.В., Муллагалямова Ю.З., Соломатин Н.С. Сравнительный анализ рельсовых цепей и систем счёта осей // В сборнике: НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ И ОТКРЫТИЯ СОВРЕМЕННОЙ МОЛОДЁЖИ. Сборник статей IV Международной научно-практической конференции. 2018. С. 75-77.
3. Могильников Ю.В. Оценка эффективности рельсовых цепей и средств дефектоскопии при выявлении изломов и дефектов рельсов // Транспорт Урала. 2019. № 3 (62). С. 64-67.



## АВТОРЫ СТАТЕЙ

- БЕЗДВЕРНЫЙ** старший преподаватель кафедры информационных технологий Хабаровского института инфокоммуникаций (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (ХИИК СибГУТИ), г. Хабаровск, Россия, [nodoor\\_86@mail.ru](mailto:nodoor_86@mail.ru)
- БИКБАЕВ** студент Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)» (ФГАОУ ВО ЮУрГУ (НИУ)), г. Челябинск, Россия, [arthurbikbaev@yandex.ru](mailto:arthurbikbaev@yandex.ru)
- БОГДАНОВА** кандидат технических наук, преподаватель ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС), г. Екатеринбург, Россия, [bes.usurt@gmail.com](mailto:bes.usurt@gmail.com)
- БУДЫЛДИНА** кандидат технических наук, доцент кафедры инфокоммуникационных технологий и мобильной связи Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [bnv@urtisi.ru](mailto:bnv@urtisi.ru)
- ВЕРШИНIN** студент ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС), г. Екатеринбург, Россия, [Ilya.vershinin.98@yandex.ru](mailto:Ilya.vershinin.98@yandex.ru)
- ГОРАЙ** студентка Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [aigul677@gmail.com](mailto:aigul677@gmail.com)
- ДАНИЛОВ** кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий Хабаровского института инфокоммуникаций (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (ХИИК СибГУТИ), г. Хабаровск, Россия, [danilovroman@mail.ru](mailto:danilovroman@mail.ru)
- ДМИТРИЕВА** студентка ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС), г. Екатеринбург, Россия, [yuram1987@list.ru](mailto:yuram1987@list.ru)
- ДОЛИНЕР** доктор педагогических наук, профессор кафедры информационных систем и технологий Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [dolis13@rambler.ru](mailto:dolis13@rambler.ru)
- ДРОКИН** студент Донского государственного технического университета (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия, [drokinv123@gmail.com](mailto:drokinv123@gmail.com)
- ДУПЛИЩЕВА** аспирантка Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), г. Томск, Россия,

- ЗЫРЯНОВА** [nata120513@mail.ru](mailto:nata120513@mail.ru)  
Ксения Дмитриевна студентка ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС), г. Екатеринбург, Россия, [yuram1987@list.ru](mailto:yuram1987@list.ru)
- КАПИТОНОВ**  
Станислав Алексеевич студент Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [kapitonov.stas200@yandex.ru](mailto:kapitonov.stas200@yandex.ru)
- КОБЕЛЕВ**  
Антон Михайлович старший научный сотрудник кафедры Автоматизированных систем противопожарной защиты ФГБОУ ВО «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (УРИГПС), г. Екатеринбург, Россия, [antonkobelev85@mail.ru](mailto:antonkobelev85@mail.ru)
- КОНДРАТЬЕВ**  
Дмитрий Эдуардович студент Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), г. Екатеринбург, Россия, [ekaterinburg.10@mail.ru](mailto:ekaterinburg.10@mail.ru)
- КОРОЛЬКЕВИЧ**  
Иван Владимирович студент Донского государственного технического университета (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия, [korolkevich.i@yandex.ru](mailto:korolkevich.i@yandex.ru)
- КОРОЧЕНЦЕВ**  
Денис Александрович студент Донского государственного технического университета (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия
- КУАНЫШЕВ**  
Валерий Таукенович кандидат физико-математических наук, зав. кафедрой высшей математики и физики Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [kvt@urtisi.ru](mailto:kvt@urtisi.ru)
- КУЛИКОВА**  
Ольга Витальевна кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Кибербезопасность информационных систем» Донского государственного технического университета (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия, [kov0768@mail.ru](mailto:kov0768@mail.ru)
- КУСАЙКИН**  
Дмитрий Вячеславович кандидат технических наук, доцент кафедры многоканальной электросвязи Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [kdv@urtisi.ru](mailto:kdv@urtisi.ru)
- ЛАРЧЕНКО**  
Данила Сергеевич студент ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС), г. Екатеринбург, Россия, [danielarченко578@gmail.com](mailto:danielarченко578@gmail.com)
- ЛУГОВКИН**  
Владимир Викторович кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (УРИГПС), г. Екатеринбург, Россия, [lugovkin@el.ru](mailto:lugovkin@el.ru)
- МАНИЛКИН**  
Александр Александрович студент ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия,

- МЕЛЬНИКОВ** [alexandr.manilkin@yandex.ru](mailto:alexandr.manilkin@yandex.ru)  
 Виталий Романович студент ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС), г. Екатеринбург, Россия, [Melnikoff98@gmail.com](mailto:Melnikoff98@gmail.com)
- МЕЛЬНИКОВ**  
 Георгий Владимирович студент Донского государственного технического университета (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия, [melnikov241@gmail.com](mailto:melnikov241@gmail.com)
- МЕЩЕРЯКОВ**  
 Андрей Андреевич студент Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [mesheryakov97@gmail.com](mailto:mesheryakov97@gmail.com)
- МИКЛИН**  
 Степан Андреевич студент ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС), г. Екатеринбург, Россия, [Stepa1998m@mail.ru](mailto:Stepa1998m@mail.ru)
- МОГИЛЬНИКОВ**  
 Юрий Валерьевич ассистент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на ж.д. транспорте» ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС), г. Екатеринбург, Россия, [yuram1987@list.ru](mailto:yuram1987@list.ru)
- НЕДЕЛЬКО**  
 Александр Евгеньевич студент Донского государственного технического университета (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия [aleksandrthebest44@gmail.com](mailto:aleksandrthebest44@gmail.com)
- НИКИТИН**  
 Юрий Александрович кандидат технических наук, доцент, начальник лаборатории ФГУП НИИР-ЛОНИИР Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (СПбГУТ), г. Санкт-Петербург, Россия, [yuriyan@list.ru](mailto:yuriyan@list.ru)
- ОВЧИННИКОВ**  
 Дмитрий Александрович старший преподаватель кафедры инфокоммуникационных технологий и мобильной связи Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), г. Екатеринбург, Россия, [oda@urtisi.ru](mailto:oda@urtisi.ru)
- ПОПОВА**  
 Ксения Юрьевна кандидат физико-математических наук, доцент Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), г. Томск, Россия, [dekanat-rtf@tusur.ru](mailto:dekanat-rtf@tusur.ru)
- РАГОЗИН**  
 Андрей Николаевич кандидат технических наук, доцент ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)» (ФГАОУ ВО ЮУрГУ (НИУ)), г. Челябинск, Россия, [ragozinan@susu.ru](mailto:ragozinan@susu.ru)
- РЕВЯКИНА**  
 Елена Александровна кандидат технических наук, доцент кафедры «Кибербезопасность информационных систем» Донского государственного технического университета (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия, [revyelena@yandex.ru](mailto:revyelena@yandex.ru)
- РОГОЖНИКОВ**  
 Евгений Васильевич кандидат технических наук, доцент Донского государственного технического университета (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия, [udzhon@mail.ru](mailto:udzhon@mail.ru)
- РОЩИНА**  
 Евгения Валерьевна кандидат экономических наук, доцент Донского государственного технического университета (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия, [ev\\_roschina@mail.ru](mailto:ev_roschina@mail.ru)
- СЭЙ**  
 Ибрахима самб студент Донского государственного технического университета (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия, [sambseye@gmail.com](mailto:sambseye@gmail.com)

- ТАРАСОВ** доцент кафедры инфокоммуникационных технологий и  
Евгений Сергеевич мобильной связи Уральского технического института связи  
и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский  
государственный университет телекоммуникаций и  
информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), г.  
Екатеринбург, Россия, [tes@urtisi.ru](mailto:tes@urtisi.ru)
- ТЫЧИНКИН** студент Уральского технического института связи и  
Сергей Алексеевич информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский  
государственный университет телекоммуникаций и  
информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), г.  
Екатеринбург, Россия, [tychinkins@gmail.com](mailto:tychinkins@gmail.com)
- ФУЗЕЕВ** студент Хабаровского института инфокоммуникаций  
Сергей Алексеевич (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный  
университет телекоммуникаций и информатики» (ХИИК  
СибГУТИ), г. Хабаровск, Россия, [advan\\_next@mail.ru](mailto:advan_next@mail.ru)

**АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ  
THE AUTHOR'S INDEX**

Бездверный С. А.	<b>68</b>	Ларченко Д. С.	<b>86</b>
Бикбаев А. А.	<b>6</b>	Луговкин В. В.	<b>34</b>
Богданова Е. С.	<b>83</b>	Манилкин А. А.	<b>39</b>
Будылдина Н. В.	<b>10, 21</b>	Мельников В. Р.	<b>83</b>
Вершинин И. Д.	<b>74</b>	Мельников Г. В.	<b>13</b>
Горай А. О.	<b>10</b>	Мещеряков А. А.	<b>43</b>
Данилов Р. М.	<b>68</b>	Миклин С. А.	<b>86</b>
Дмитриева А. С.	<b>79</b>	Могильников Ю. В.	<b>74, 79, 86</b>
Долинер Л. И.	<b>43</b>	Неделько А. Е.	<b>47</b>
Дрокин В. Д.	<b>13</b>	Никитин Ю. А.	<b>51, 56</b>
Дуплищева Н. В.	<b>17</b>	Овчинников Д. А.	<b>26</b>
Зырянова К. Д.	<b>79</b>	Попова К. Ю.	<b>17</b>
Капитонов С. А.	<b>26</b>	Рагозин А. Н.	<b>6, 39</b>
Кобелев А. М.	<b>34</b>	Ревякина Е. А.	<b>30</b>
Кондратьев Д. Э.	<b>21</b>	Рогожников Е. В.	<b>17</b>
Королькевич И. В.	<b>30</b>	Рощина Е. В.	<b>60</b>
Короченцев Д. А.	<b>47</b>	Сэй И. С.	<b>60</b>
Куанышев В. Т.	<b>34</b>	Тарасов Е. С.	<b>71</b>
Куликова О. В.	<b>13</b>	Тычинкин С. А.	<b>64</b>
Кусайкин Д. В.	<b>64</b>	Фузеев С. А.	<b>68</b>