

REDS:

Телекоммуникационные устройства и системы

№4

2022

СОДЕРЖАНИЕ

<p>Рыжков А.В., Шварц М.Л., Аладин В.М. ОПОРНЫЙ УЗЕЛ ФОРМИРОВАНИЯ ШКАЛЫ ВРЕМЕНИ КОГЕРЕНТНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ</p>	4
<p>Гадасин Д.В., Шведов А.В., Вакурин И.С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ БЛИЗОСТИ ТЕКСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА СРАВНЕНИЯ СУЩНОСТИ ГРАФОВ</p>	11
<p>Комаров С.Н., Фуников И.Д. АНАЛОГОВЫЙ ЭФИРНЫЙ ПРОЦЕССОР. ПРИНЦИП РАБОТЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ</p>	20
<p>Киров Д.Е., Тутова Н.В., Андреев И.А. ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЖИВОЙ МИГРАЦИИ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН</p>	28
<p>Байгутлин Г.Р., Феофанов С.А. РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНОГО ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПАССАЖИРОВ МЕЖДУГОРОДНИХ АВТОБУСОВ</p>	34
<p>Дворянинов Н.В., Ерусланкин С.А. АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СПОСОБОВ И УСТРОЙСТВ В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ СТЕНДОВ ВЕСОВОГО ДОЗИРОВАНИЯ</p>	37

ОПОРНЫЙ УЗЕЛ ФОРМИРОВАНИЯ ШКАЛЫ ВРЕМЕНИ КОГЕРЕНТНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Рыжков Анатолий Васильевич,

*МТУСИ, г.н.с., д.т.н., профессор, Москва, Россия,
ryjkov.anatoly@yandex.ru*

Шварц Михаил Львович,

*МТУСИ, начальник отдела, к.т.н., Москва, Россия,
mschwartz@srd-mtuci.ru*

Аладин Владимир Михайлович,

*МТУСИ, н.с., Москва, Россия,
VAladin@smsync.ru*

Аннотация

Данная статья является логическим продолжением и конкретизацией работ авторов [1, 2] по обоснованию и использованию ядра частотно-временного обеспечения (ЧВО) сети фиксированной связи в качестве основного ядра ЧВО мобильной связи стандартов 5G и 6G. В ней рассматриваются возможности реализации основного узла ЧВО когерентной сети связи общего пользования (когерентного, по терминологии МСЭ, первичного эталонного генератора (кзПЭВЧ)), в нашей интерпретации – опорного узла формирования шкалы времени (ОУФШВ) на отечественном оборудовании. В основу положены Рекомендации МСЭ-T как по структуре ОУФШВ, так и по точностным характеристикам входных и выходных сигналов частоты и времени. Приведены нормы на допустимые погрешности основных узлов и показана их реализуемость.

Ключевые слова: *шкала времени, сетевая синхронизация, частотно-временное обеспечение, сетевые протоколы времени NTP, PTP и SIRF, методы сличения и распределения шкал времени, магистральная и мобильная сети связи, когерентная сеть.*

Введение

Различные (основные) сценарии построения когерентных сетей связи, обеспечивающих реальность достижения требуемых точностей в гармонии с рекомендациями МСЭ-T в любом регионе страны, рассмотрены в работе [3]. Когерентная сеть связи общего пользования может исключать ошибку в шкале времени с точностью до десятков наносекунд как при переходе из одной зоны синхронизации сети в другую зону, так и при переходе из сети одного оператора связи в сеть другого оператора. Например, в докладе HIS «Экономика 5G» говорится, что к 2035 г. рынок промышленных решений, использующих технологию 5G, достигнет объема почти 4,7 трлн. долларов. Промышленные решения будут составлять 36% от общего рынка 5G объемом 13,2 трлн. долларов, а промышленность, безусловно, будет являться той отраслью, на которую 5G повлияет больше всего. Сетевое взаимодействие, чувствительное по времени, является ключевой технологией для промышленной автоматизации, а возможность синхронизации по времени через беспроводные сети 5G обеспечит большую гибкость при автоматизации производства. Таким образом, гарантированная реализация когерентной сети с заданной надежностью возможна при условиях наличия следующих сигналов частоты и времени на входах ОУФШВ:

1. Сигналов единого точного времени (ЕТВ), передаваемых глобальными навигационными спутниковыми системами (ГНСС), являющимися по существу, если не учитывать задержки сигнала между элементами ввода/вывода информации в сети, когерентными системами (рис. 1). Сегмент пользователей (применительно к сети связи – сетевых элементов) потенциально может состоять из неограниченного количества спутниковых навигационных приемников, которые принимают сигналы ГНСС и производят расчеты текущего местоположения, скорости и времени с погрешностями, определяемыми спутниковой ГНСС и аппаратурой потребителя. Требуемая точность по частоте для стационарных

источников не хуже $1 \cdot 10^{-12}$ согласно Рекомендации G.811.1, 08/2017, а по времени не более ± 30 нс (G.8272.1, 2016). Для мобильных пользователей характерны два понятия – **холодный старт** и **теплый старт**. Первый описывает ситуацию, когда приемнику нужно получение всей информации для определения места положения. Это может занять до 12 минут. Второй описывает ситуацию, когда у приемника есть почти вся необходимая информация в памяти. В этом случае приемник определит место положения в течение минуты.



Рис. 1. ГНСС в действии

Тем не менее, отсутствие альтернативных решений по доставке сигналов ЕТВ потребителю может привести и к нежелательным последствиям в части функционирования рассматриваемых технологий из-за неустойчивой работы сетей связи, вызванной:

- возможными преднамеренными (spoofing, jamming) или непреднамеренными воздействиями (физические или электромагнитные, включая чрезмерную активность Солнца) на ГНСС;
- некоторыми затруднениями приема сигналов ГНСС в условиях города и в закрытых помещениях.

Таким образом, сигналы ГНСС следует использовать лишь в качестве резервных для получения данных о государственной шкале времени (ШВ) (UTC (SU)) при невозможности получения ее по наземным линиям связи.

2. Использование в составе ОУФШВ традиционных для современных сетей электросвязи, высокостабильных первичных эталонных источников [4], соответствующих последним рекомендациям МСЭ-Т и способных хранить шкалу времени определенное время в случае потери сигнала ГНСС.

3. Непосредственное получение данных о государственной шкале времени (ШВ) (UTC (SU)) по наземным линиям связи. В работе [5], посвященной разработке и исследованию систем передачи эталонных радиочастотных сигналов на оптической несущей по волоконным линиям длиной до 200 км и более с активной электронной компенсацией, сделан вывод, что вклад таких систем в суммарную стандартную неопределенность измерений при сличениях частот территориально удаленных эталонов может не превышать $1 \cdot 10^{-16}$.

4. Организация обмена частотно-временной информацией между ОУФШВ, принадлежащих различным зонам синхронизации или различным операторам связи, с целью исключения ошибки в шкале времени с точностью до десятков наносекунд при переходе из одной зоны синхронизации сети в другую зону или при переходе из сети одного оператора связи в сеть связи другого оператора.

Цель статьи – показать возможности реализации ОУФШВ когерентной ССОП на отечественном оборудовании и указать некоторые пути его доработки в части удовлетворения требований Рекомендаций МСЭ-Т.

Узел формирования шкалы времени

На рисунке 2 приведены ограничительные маски для перспективных вариантов первичных эталонов времени и частоты (кгПЭВЧ) по стабильности частоты и максимальной ошибке временного интервала (МОВИ). Функциональная схема ОУФШВ (кгПЭВЧ) представлена на рис. 3. Наиболее жесткие требования к точности воспроизведения ШВ сформулированы в Рек. Г. 8272.1 (красная линия) – не более ± 30 нс.

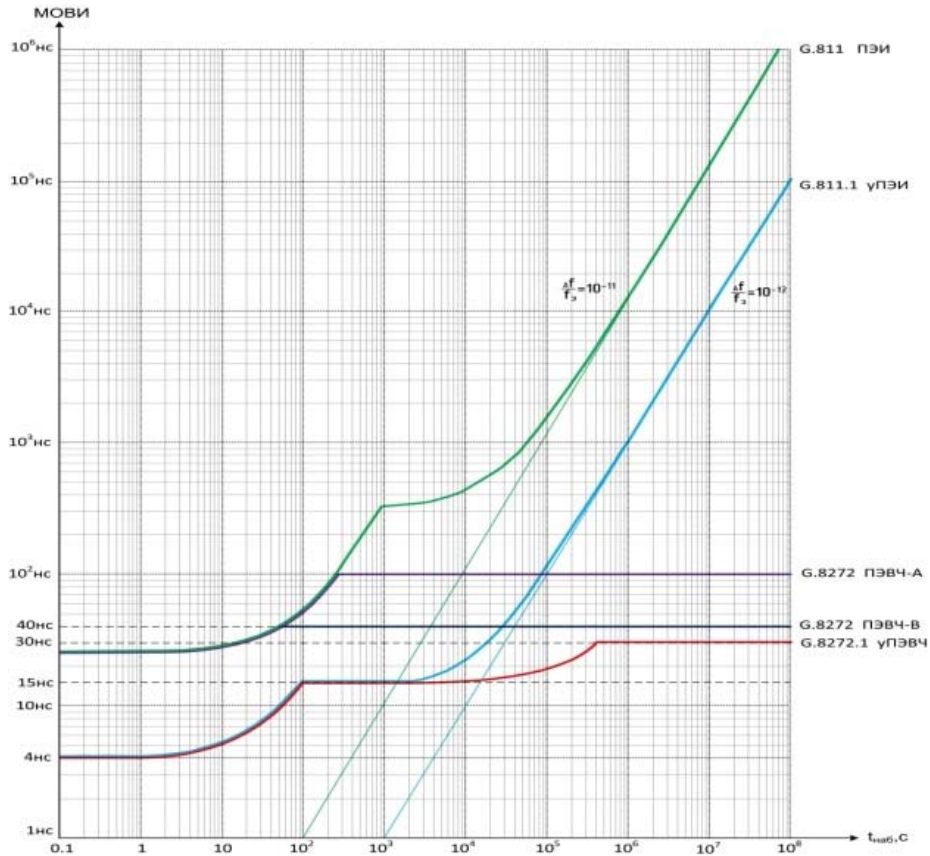


Рис.2. Ограничительные маски по стабильности частоты и МОВИ по Рек. МСЭ-T

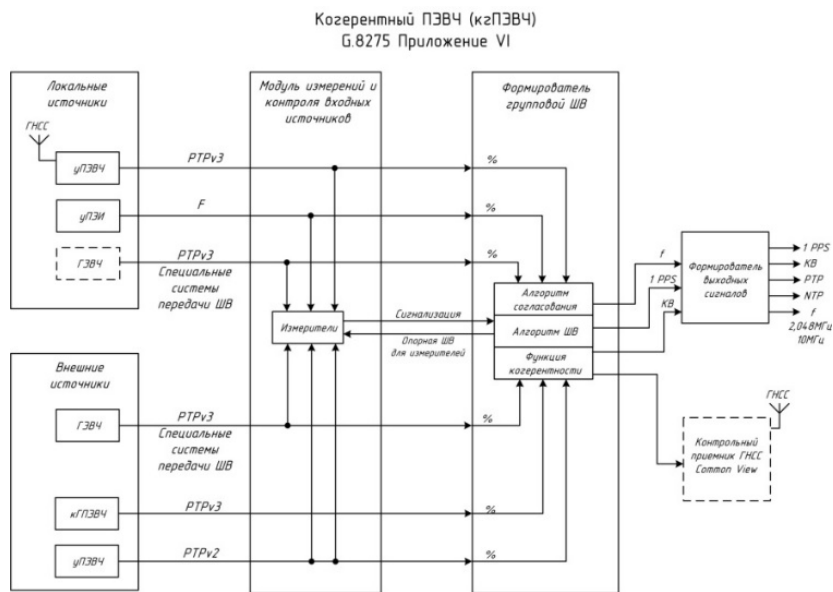


Рис. 3. Функциональная схема ОУФШВ (кгПЭВЧ)

Кратко рассмотрим составляющие элементы ОУФШВ в отечественном исполнении.

Приемники ГНСС

1. Приемник-синхронизатор VCH-311C (ЗАО «Время-Ч», г. Нижний Новгород, Россия) содержит в своем составе приемник сигналов ГНСС ГЛОНАСС/GPS, аппаратуру сравнения шкал времени и автоматически корректируемый по частоте рубидиевый опорный генератор. Для передачи шкалы времени между ОУФШВ (кГПЭВЧ) или между лабораторией UTC и ОУФШВ (кГПЭВЧ) потребуется его модернизация. Должен быть внедрен новый вариант протокола PTP, изначально предложенный специалистами ЦЕРН под названием White Rabbit (белый кролик), а затем стандартизованный в документе IEEE1588v2.1 от 2019 года. Этот стандарт значительно сложнее применяемого в сетях связи протокола PTP (IEEE 1588v2-2008), но позволяет обеспечить точность подстройки удалённых ведомых часов в пределах единиц нс и лучше, а также обеспечить формирование групповой частоты на уровне первичного эталонного источника (ПЭИ).

2. Первичный источник частоты и времени «ССВ-1Г»

Источник частоты и точного времени ССВ-1Г (ЗАО «КОМСЕТ-сервис», г. Москва) представляет собой автономное устройство высотой 1,5 U, устанавливаемое в 19” телекоммуникационную стойку, предназначенное для генерации сигналов частоты и точного времени. В отличие от многих других продуктов, представленных на рынке, источник ССВ-1Г выполнен не на базе промышленных серверов, а использует собственную аппаратную платформу, позволившую значительно снизить его стоимость, повысить надёжность, а также исключить зависимость от производителя операционной системы и серверной платформы. Подстройка опорного кварцевого генератора происходит от сигналов ГЛОНАСС и GPS или входных модулей. По аналогии с VCH-311C требуется модернизация в части имеющейся версии протокола PTP на более совершенную, стандартизованную в документе IEEE1588v2.1 от 2019 года.

Первичный эталонный источник VCH-1008C. VCH-1008C является водородным стандартом частоты пассивного типа и предназначен для формирования высокостабильных сигналов, используемых в цифровых сетях связи в качестве синхросигналов первого уровня иерархии. Удовлетворяет требованиям Рекомендации G.811.1.

Основные характеристики

Выходные сигналы

Синусоидальные: 5, 10 и 100 МГц, (1 ± 0.2) В на нагрузке 50 Ом.

Импульсные 2,048 МГц (прямоугольный импульс), $(1,5 \div 2,8)$ В на нагрузке 75 Ом (МСЭ-Т G.703, раздел 13); 1Гц, импульс положительной полярности, длительность импульса (10 ± 0.1) мкс, TTL уровень на нагрузке 50 Ом, длительность фронта < 10 нс.

Метрологические характеристики

Погрешность по частоте	$\pm 3 \times 10^{-13}$ (при выпуске)	
Относительная погрешность по частоте	$\leq \pm 1 \times 10^{-12}$	
Частотный корректор	разрешение диапазон	1×10^{-15} 1×10^{-10}
Нестабильность частоты (вариация Аллана при $(25 \pm 1)C^\circ$, без воздействия внешних факторов)	1 с	$\leq 1,0 \times 10^{-12}$
	10 с	$\leq 3,0 \times 10^{-13}$
	100 с	$\leq 1,0 \times 10^{-13}$
	1 час	$\leq 3,0 \times 10^{-14}$
	1 день	$\leq 2,0 \times 10^{-14}$
Погрешности (согласно МСЭ-Т G.811 раздел 6.1 и ЕТС 300 462-6 раздел 5.1)		
Максимальная ошибка временного интервала	Интервал наблюдения t(с)	МОВИ, (нс)
	$0,1 < t \leq 1000$	$0,275t + 25$
	$t > 1000$	$0,01t + 290$
Девияция временного интервала	Интервал наблюдения t(с)	ДВИ (нс)
	$0,1 < t \leq 100$	3
	$100 < t \leq 1000$	$0,03t$
	$1000 < t \leq 10000$	30
Погрешность синхронизации по внешней шкале времени, не более	$\leq \pm 50$ ns	
Магнитная чувствительность, не более	$\leq \pm 2 \times 10^{-14}$ 1/Эрстед	

Модуль измерений и контроля входных сигналов и формирователь групповой шкалы времени

Модуль измерений и контроля входных сигналов и формирователь групповой шкалы времени (комбайнер в терминологии рекомендации G.8275) освоены в отечественной практике. Примером может быть формирователь эталонных частот (резервируемый) Ч7-317, предназначенный для формирования и воспроизведения защищенных от сбоев значений частоты и фазы сигналов частоты и времени на выходе по результатам обработки сигналов от группы хранителей частоты и времени.

Ч7-317 производится ЗАО «Время-Ч», г. Нижний Новгород, Россия. Прибор работает с синхронизирующей группой источников сигналов (до 4 шт.) одновременно, что согласуется с функциональной схемой (рис. 3). Формирование выходного сигнала частоты и времени, параметры которого определяются средним значением в синхронизирующей группе и, при необходимости, введением корректирующих значений частоты, фазы и компенсации дрейфа. Сохраняет формируемые выходные сигналы частоты и времени при пропадании сигналов на входах. Осуществляет автоматическое исключение из синхронизирующей группы источника сигнала при значительном отклонении значения его частоты от номинального значения. Управление производится с клавиатуры на лицевой панели или с помощью персонального компьютера. Интерфейсы RS-232C и USB.

В последней версии устройства сохранены все достоинства базовой модели и значительно расширены его функциональные возможности:

- введены различные весовые коэффициенты для сигналов, участвующих в формировании групповой частоты. Вносимая прибором погрешность синхронизации относительно групповой частоты не более ± 20 нс;
- реализована отбраковка быстрых скачков частоты входных сигналов;
- реализован новый режим работы «горячее резервирование», при котором выходной сигнал привязан только к одному опорному сигналу ведущего стандарта, остальные опорные сигналы используются для резервирования.

В целом, реализованные в Ч7-317 алгоритм вычисления в режиме реального времени аналитической групповой шкалы времени из трех разных типов входных сигналов и алгоритм управления частотой генератора для формирования в режиме реального времени физического выходного сигнала групповой частоты эталона единиц времени и частоты проиллюстрируем их эффект рис. 4 [6-8]. Отметим, что первый тип входного сигнала обладает лучшими характеристиками стабильности частоты на коротких интервалах времени измерения (до 1000 с), второй тип сигналов имеет наименьшую нестабильность частоты на средних интервалах времени измерения (от 1000 с до 50000 с), а третий тип сигналов имеет лучшую стабильность на длительных интервалах (более 50000 с).

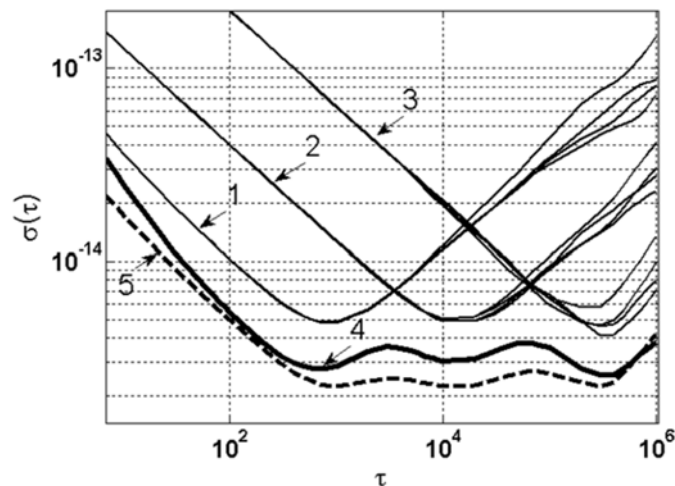


Рис. 4. Результаты моделирования: 1 – девиация Аллана частоты сигналов стандартов первой группы; 2 – девиация Аллана частоты сигналов стандартов второй группы; 3 – девиация Аллана частоты сигналов стандартов третьей группы; 4 – девиация Аллана группового сигнала; 5 – оценка минимально возможной девиации Аллана группового сигнала

В комплект поставки формирователя эталонных частот входит специальное программное обеспечение для работы в среде Microsoft Windows™. По существу, в Ч7-317 реализованы алгоритм согласования, алгоритм временной шкалы и функция координации [3], предусмотренные в Рек. G.8275 от 2019 г. Внешний вид Ч7-317 представлен на рисунке 5.



Рис. 5. Внешний вид Ч7-317

Возвращаясь к рис. 3, отметим, что сигналы от удаленных источников ГСВЧ или/и других ОУФШВ (кГПЭВЧ), помимо ГНСС, должны доставляться к рассматриваемому источнику с помощью высокоточной передачи шкалы времени по ВОЛС от соседних узлов с наличием в них шкалы времени UTC(k). Доставка должна быть реализована по протоколу РТР, стандартизованному документом IEEE1588v2.1 от 2019 года. В качестве локального эталонного источника (ПЭИ) может быть водородный стандарт частоты VCN-1008С [4], удовлетворяющий требованиям к уПЭГ Рек. МСЭ-Т G.811.1 от 08/2017 и обеспечивающий, в случае пропадания других сигналов, хранение (поддержание) выходной ШВ продолжительное время.

Выходные синусоидальные сигналы 5 МГц, 10 МГц и 100 МГц.

Выходные импульсные сигналы – частота 1 Гц (шкала времени).

Стандартизованные интерфейсы сигналов 10 МГц и 100 МГц будут весьма полезны для подключения оборудования пакетной коммутации и радиопередатчиков и радиоприемников технологиях 5G и 6G, поскольку предполагается дальнейший переход на частоты миллиметрового диапазона длин волн, позволяющих организацию каналов связи с большой пропускной способностью, но связаны с новыми проблемами. Одной из них является проблема минимизации фазовых шумов в системах связи с OFDM-модуляцией (демодуляцией) миллиметрового диапазона. Решение этой проблемы подробно рассматривалось в [9] Очень высокий уровень фазовых шумов в устройстве способен привести к тому, что поднесущие частоты будут испытывать взаимное влияние, ухудшая качество демодулированного сигнала. Начало работе устройств и сетей стандарта 5G в миллиметровом диапазоне уже положено. Версия 15 стандарта 5G NR регламентирует применение миллиметрового диапазона на частотах до 52,6 ГГц с полосами каналов до 800 МГц. На частотах миллиметрового диапазона сигналы становятся более чувствительными к вносимым искажениям и нарушениям структуры, что требует особого внимания при выборе измерительного оборудования, кабелей, соединителей и средств калибровки измерительной системы для получения точных и достоверных результатов.

Применительно к использованию Ч7-317 на сетях синхронной цифровой иерархии в нем должен быть реализован выходной интерфейс 2,048 МГц.

Формирователь выходных сигналов выполняется по аналогии выходных плат традиционного вторичного задающего генератора с необходимым числом выходных портов, обеспечиваемых дополнительно введенными в состав Ч7-317 ведущими сетевыми часами по протоколу РТР, называемыми GrandMaster РТР (GM). Сетевым интерфейсом GM является уже интерфейс Gigabit Ethernet (GE), выполненный с поддержкой технологии SyncE и позволяющий GM передавать в сеть связи сигналы шкалы времени в протоколе РТР с любым типом профиля.

Контрольный приемник ГНСС Common View предназначен для постоянного контроля качества формируемых выходных сигналов.

Комплектация ОУФШВ входными сигналами

1. Задача комбайнера (Combiner) – формирование выходных сигналов частоты и времени с использованием двух опорных сигналов: опорной частоты от улучшенного ПЭИ (Рек. G.811.1) на базе атомного стандарта частоты и сигналов 1 PPS от приёмника ГНСС. В этом варианте на выходе комбайнера формируется частотный сигнал, корректируемый по сигналам ГНСС, что позволяет на больших временных интервалах (месяцы и годы) нивелировать собственный дрейф частоты атомного стандарта. С другой стороны, появляется возможность в течение длительного времени (не менее двух недель) хранить шкалу времени при нарушении приёма сигналов ГНСС за счёт высокостабильного сигнала опорной частоты от уПЭИ. Такая конфигурация оптимальна для корпоративной сети и для сетей с одной зоной синхронизации.

2. Задача комбайнера (Combiner) – формирование выходных сигналов частоты и времени с использованием трех опорных сигналов: опорной частоты от улучшенного ПЭИ (Рек. G.811.1) на базе атомного стандарта частоты, сигналов 1 PPS от приёмника ГНСС и сигналов по протоколу RTP от соседнего (ближайшего) ОУФШВ. В этом варианте различные зоны синхронизации или системы связи различных операторов превращаются в единую когерентную сеть.

3. Задача комбайнера (Combiner) – формирование выходных сигналов частоты и времени с использованием четырех опорных сигналов:

- опорной частоты от улучшенного ПЭИ (Рек. G.811.1) на базе атомного стандарта частоты;
- сигналов 1 PPS от приёмника ГНСС;
- сигналов по протоколу RTP от соседнего (ближайшего) ОУФШВ;
- сигналов с непосредственным получением данных о государственной шкале времени (ШВ) (UTC (SU)) по наземным линиям связи по протоколу RTP версии IEEE1588v2.1 от 2019 г. от наиболее доступных пунктов (центров) Государственной службы времени и частоты, например, Менделеево, Иркутск, Хабаровск. Данная конфигурация наиболее оптимальна для когерентной сети связи общего пользования.

Переход от одной комплектации к другой будет происходить по мере необходимости. ОУФШВ могут пойти на замену выработавшего ресурс оборудования тактовой сетевой синхронизации традиционных сетей СЦИ.

Заключение

Проведенный анализ создания ОУФШВ полностью на отечественном оборудовании показал возможность его реализации за исключением RTP серверов версии IEEE1588v2.1 от 2019 г., требующих российской разработки.

Литература

2. Рыжков А.В., Шварц М.Л. Предпосылки создания когерентной сети связи общего пользования основы сквозных цифровых технологий // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2021. № 7. С. 14-22.
3. Шварц М.Л., Рыжков А.В. Современные тенденции развития систем сетевой синхронизации в сетях электросвязи. От плезеохронных до когерентных сетей // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. № 4, 2021, С. 27-38.
3. Рыжков А.В., Шварц М.Л. Пути формирования прецизионной шкалы времени национальной сети связи // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2020. Том 14. № 2. С. 17-24.
4. Зуев Э.В., Рыжков А.В., Пелюшенко А.С., Саматов В.И., Сахаров Б.А. Первичный эталонный источник VCN-1008С системы тактовой сетевой синхронизации в цифровых сетях // Электросвязь. 2013. № 2. С. 32-33.
5. Федорова Д.М., Балаев Р.И., Курчанов А.Ф., Троян В.И., Малимон А.Н. Оценка точности передачи эталонного сигнала водородного генератора по волоконно-оптической линии связи с электронной компенсацией возмущений // Измерительная техника. 2017. № 8. С. 38-42.
6. Формирователь эталонных частот резервируемый Ч7-317. Руководство по эксплуатации ЯКУР.411146.015-01РЭ. ЗАО «Время-Ч». 73 с.
7. Sakharov B.A., Medvedev S.Yu., Mishagin K.G., Podogova S.D., Tchernyshev I.N. The Clock Ensemble Algorithm for Quasi-Optimal Frequency Combining and Producing Robust Output Signal // The European Navigation Conference 2013, Vienna, Austria.
8. Подогова С.Д., Мишагин К.Г., Чернышев И.Н., Медведев С.Ю. Формирование выходного сигнала группового эталона частоты и времени с использованием частотной автоподстройки на нескольких временных масштабах. // Труды ИПА РАН, вып. 27, 2013 – Наука, с. 273.
9. Рыжков А.В., Попов В.Н. Синтезаторы частот в технике радиосвязи/ М.: Радио и связь, 1991. 264 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ БЛИЗОСТИ ТЕКСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА СРАВНЕНИЯ СУЩНОСТИ ГРАФОВ

Гадасин Денис Вадимович,

МТУСИ, доцент кафедры СИТус, к.т.н., Москва, Россия

dengadiplom@mail.ru

Шведов Андрей Вячеславович,

МТУСИ, старший преподаватель каф. СИТус, Москва, Россия

a.v.shvedov@mtuci.ru

Вакурин Илья Сергеевич,

МТУСИ, аспирант, Москва, Россия

vort57@mail.ru

Аннотация

Системы, которые управляются с помощью естественного языка должны точно соблюдать данные им команды. В любой голосовой команде присутствует как полезная информация, соответствующая данной команде, так и посторонний шум. Исполнительный механизм должен отделять команду от шума. Предлагается решение данной задачи с помощью определения семантической близости команды, выданной на естественном языке с цифровым представлением ее идеала. На первом этапе имитатором естественного языка является его текстовое представление.

Ключевые слова: *нейронная сеть, матрица, вектор, слово, текст, граф, семантическая близость, терм, вес, neural network, matrix, vector, word, text, graph, semantic proximity, term, weight.*

Введение

Если подходить примитивно к процессу выживания человека в окружающем мире, то оно зависит от правильного реагирования на события, т.е. реакции на внешнее раздражение. Такая реакция известная как рефлекс и представлена в двух видах, безусловный: дыхание, глотание, сосание, одергивание руки от холодного и условный: чтение, различные навыки и умения. Безусловные заложены в нашем организме с рождения, а условные мы приобретаем путем обучения в процессе жизни, но не смотря на их различия их объединяет одно – реагирование на событие [1].

Событие можно представить как совокупность единиц информации, т.е. для того чтобы человек отреагировал на событие, он должен обработать какое-то количество информации. Упрощенный алгоритм состоит в следующем: с помощью органов чувств в нервных окончаниях вырабатываются электрические импульсы, которые поступают в мозг, где они раздражают определенную область, которой в однозначное соответствие ставится выполнения определенного действия – ответная реакция организма на внешнее раздражение.

Данный процесс можно разделить на три основные фазы, показанные на рисунке 1:

1. Преобразование начальной информации в импульсы;
2. Передача импульсов по «каналам связи» до места обработки;
3. Обработка и определение ответной реакции.



Рис. 1. Этапы неврологической реакции

На первой фазе происходит процесс кодирования, т.е. перевод начальной информации в код. Исходя из определения Код (франц. code, от лат. codex – свод законов) – это система условных знаков (символов) для передачи, обработки и хранения (запоминания) различной информации.

Пусть есть два субъекта, Человек и Собака. Эти два субъекта схожи, у них присутствуют одинаковые чувства: зрение, слух, обоняние, осязание, вкус, механизм работы органов чувств схож, но количество импульсов, которые поступают в мозг на обработку при получении одной единицы одной и той же информации разный, т.е. единица информации кодируется разными кодами (например, доказано что человек и собака видят предметы по-разному) и так как кодирование – это процесс однозначного соответствия символа из одного набора символам другого набора, то по отношению к единице информации оно избыточно. Такой же вывод можно сделать и из теоремы К. Шеннона, а именно, что в сигналах, которые проходят по каналу связи и соответствуют какой-то информации помимо основной информации содержатся и шумы, т.е. в коде уже заложена избыточность. Таким образом информация, которая поступает в наш мозг от наших органов чувств избыточна, но в точке информации содержится строгое ее количество.

Жизнедеятельность человека определена в пространственно-временном измерении. При взаимодействии пространства и времени происходит событие, а фиксация этого события ведет к появлению информации [2]. Пусть есть информационная точка bit . Исходя из того, что точка является минимально неделимой единицей, то все точки равны между собой. Поставим точке bit_i вес, равный единице:

$$bit_i = 1 \tag{1}$$

Тогда любое событие E состоит из множества информационных точек:

$$E = \{bit_k, bit_{k+1}, \dots, bit_{k+n}\} \tag{2}$$

Совокупность событий E определяют предметную область по формуле:

$$R = \{E_l, E_{l+1}, \dots, E_{l+m}\} \tag{3}$$

Точке в соответствие можно поставить две координаты, временную и пространственную. Исходя из того, что мы знаем, что такое пространство, а время оцениваем только как исходя из изменения объекта или события, то поставим в соответствие пространству строгие координаты – длина, ширина, высота. Совокупность данных координат, т.е. те действия, которые над ними можно производить дает строгое число от натуральных до действительных [3].

Временная координата является нечеткой и понять ее можно только в неясной, мнимой форме. Временную координату примем за мнимое число. Тогда информационную точку можно представить в виде комплексного числа, у которого есть действительная часть – соответствующая пространственной координате и мнимая часть – соответствующая временной координате. Геометрическое представление комплексного числа есть вектор, таким образом предметная область включает в себя совокупность векторов точек информации, которые она описывает, т.е. есть векторное пространство.

Тогда можно сравнить две предметные области как на количество содержащейся в них информации, так и на степень сходства их между собой. Чем ближе находятся области, значит тем ближе их степень «родства», тогда можно отследить полную наследственную цепочку этих областей.

Задача подобия

Печатный текст, который представляет из себя документ, состоит из множества символов, между которыми выделяется пустое пространство. Вся совокупность длин условно можно разделить на короткие и длинные. Примем, что короткая длина связывает между собой отдельные символы, а длинная отделяет одно множество символов, связанных короткой длиной от другого. Примем любую мощность множества символов, связанных короткой связью, за терм [4]. Таким образом, термом будем называть

любое слово, любой символ или совокупность символов, которые не относятся к понятию буква, в том числе и буквенное выражение математических формул.

Для любого термина можно определить его частоту встречаемости в тексте, для чего необходимо разделить количество встречаемости отдельного термина к общему количеству терминов. Частота встречаемости термина будет равна его весу в отдельном конкретном тексте и чем выше будет эта частота, тем больше будет его вес.

Возможно объединение различных текстов в единый документ, для такого случая возможно выделить все термины для такой коллекции и каждому термину в соответствие поставить вес исходя из того или иного текста, которые входят в коллекцию [5]. Если термин не входит в состав текста или коллекции, то его вес будет равен нулю.

Произведя упорядочивание весов терминов для отдельного текста, получим матрицу размером $2 \times n$. Где в первом столбце будут отображаться термины, а во втором их вес. Отбросив первый столбец в матрице, получим матрицу, состоящую из одного столбца, в котором указаны веса терминов (рис. 2).

Данная матрица является вектором для текста, а совокупность всех векторов текстов, входящих в коллекцию, образуют векторное пространство коллекции. Размерность пространства строго равна количеству всех терминов, которые составляют коллекцию и одинакова для всех текстов.

Математически это можно представить следующим образом:

$$g_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in}), \tag{4}$$

где g_i есть вектор, который соответствует i -му документу, v_{ni} соответствует весу n -го термина (количество всех терминов, которые входят в коллекцию) в i -ом тексте коллекции.

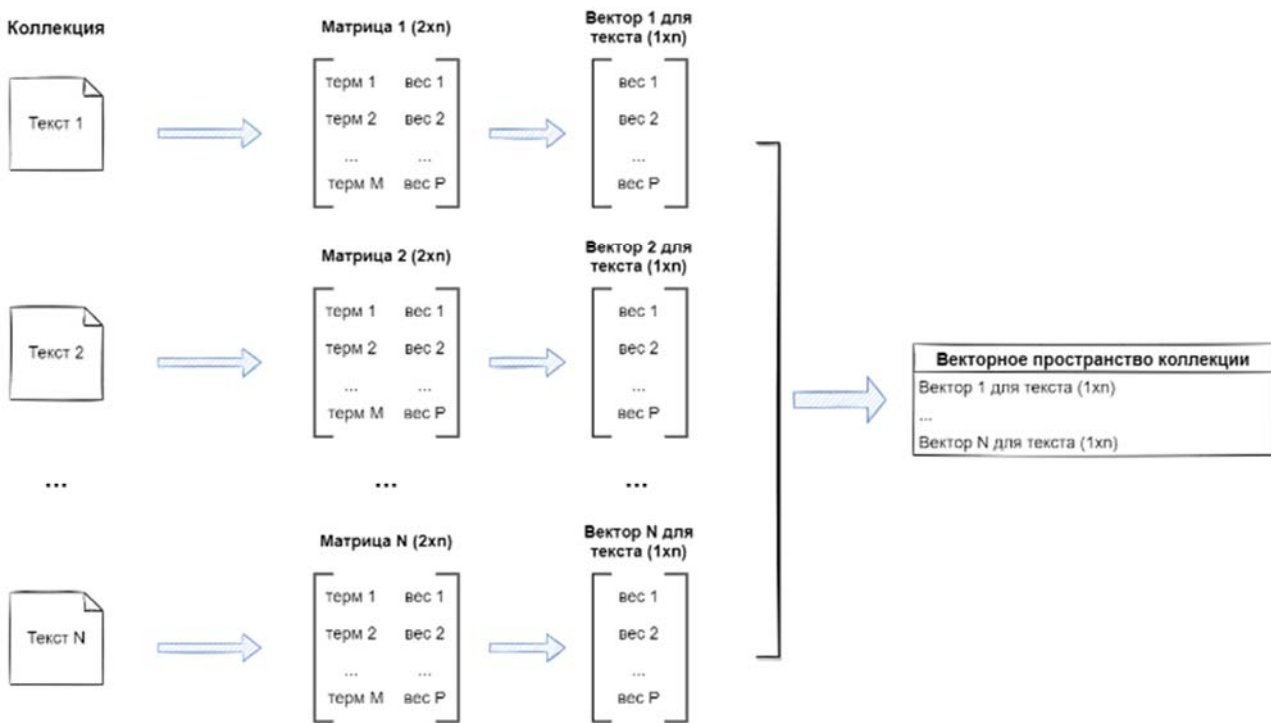


Рис. 2. Представление текста в виде матрицы

Представив все тексты в векторном виде возможно найти расстояния между векторами [6]. Расстоянию поставить в соответствие сходство текстов между собой, чем оно меньше, тем тексты более похожи друг на друга, а чем больше, тем тексты разные по отношению друг к другу, т.е. решить задачу подобию текстов.

Существует три основные функции взвешивания:

- булевский вес — значение равно 1, если терм появляется в тексте, в противном случае 0;
- tf (term frequency, частота термина) — функция частоты появления термина в тексте;
- tf-idf (term frequency-inverse document frequency, частота термина-обратная частота документа) — произведение функции от количества вхождений термина в документ и функции от величины, обратной количеству документов коллекции, в которых встречается этот терм.

Для определения схожести между двумя векторами за меру сравнения принимают косинусное сходство, т.е. определяют косинус угла между ними [7]. Чем ближе значение косинуса угла между векторами к единице, тем более векторы похожи, а следовательно, и тексты, которые выражены через эти векторы. Рассмотрим два вектора:

$$g_1 = (v_{11}, v_{21}, \dots, v_{n1}) \quad (5)$$

$$g_2 = (v_{12}, v_{22}, \dots, v_{n2}) \quad (6)$$

Тогда косинус угла между ними, $\cos(\varphi)$ можно вычислить исходя из скалярного произведения векторов и нормы по формуле:

$$\text{sim} = \cos(\varphi) = \frac{g_1 \cdot g_2}{\|g_1\| \cdot \|g_2\|} = \frac{\sum_{i=1}^n g_{1i} \cdot g_{2i}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (g_{1i})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (g_{2i})^2}} \quad (7)$$

Показатель *sim* особенно полезно использовать, когда производится оценка векторного поля, состоящее из разреженных векторов, так как при этом необходимо принимать во внимание ненулевые измерения, так же с помощью данного параметра возможно сравнивать отдельные признаки векторной модели, которые обладают свойством независимости или же полностью обособленные.

Для учета меры сходства отдельных признаков необходимо пользоваться таким показателем как мягкая косинусная мера или мягкая мера сходства между двумя отдельными векторами [8]. Этот параметр позволяет сравнивать векторы по паре или совокупности пар признаков, что особенно удобно, когда производится сравнение форм, порожденных естественным языком, в большинстве случаев их сравнение происходит на уровне интуиции.

В таких формах выделяют такие признаки как: слова, n-граммы, синтаксические n-граммы. Если при сравнении векторов они присутствуют как термины, а их вес есть одна из координат этого вектора то результат сравнения может быть далек от истины, хотя на самом деле они связаны семантически. Сравнение таких признаков может происходить исходя из расстояния Левенштейна (оно также может быть применено и к словам). Расстояние вычисляется между всеми признаками и сводится в матрицу, называемую матрицей сходства между признаками. Элемент матрицы определяет сходство между двумя признаками, так как матрица квадратная, то элементы главной диагонали равны единицы. Пусть есть два n-мерных вектора:

$$g_1 = (v_{11}, v_{21}, \dots, v_{n1}) \quad (8)$$

$$g_2 = (v_{12}, v_{22}, \dots, v_{n2}) \quad (9)$$

и матрица L , элемент которой l_{ij} определяет расстояние между v_{i1} -ой координатой g_1 и v_{j2} -ой координатой g_2 .

Для расчета мягкой косинусной меры применяется формула:

$$\text{sim_soft}(g_1, g_2) = \frac{\sum_{i,j}^n L_{ij} \cdot g_{1i} \cdot g_{2j}}{\sqrt{\sum_{i,j}^n L_{ij} \cdot g_{1i} \cdot g_{1j}} \cdot \sqrt{\sum_{i,j}^n L_{ij} \cdot g_{2i} \cdot g_{2j}}} \quad (10)$$

Если между двумя признаками невозможно определить сходство, то вес элемента матрицы равен нулю. Степень сложности данной меры является квадратичной и ее вполне можно рассчитывать для сравнения векторов со средним количеством координат. Для более сложных случаев задача может быть преобразована в линейную.

Типы связей

Текст, который представляет из себя описание определенной предметной области, т.е. определенному набору термов поставлено в соответствие информационное событие или их совокупность, можно представить в виде графа. Граф G_{inev} является ориентированным и состоит из множества вершин P_{inev} и множества ребер и выражается по формуле:

$$E_{inev}, G_{inev} = (P_{inev}, E_{inev}) \quad (11)$$

Множеству вершин поставлено в однозначное соответствие множество сущностей, которые выделены из текста, а множеству ребер (дуг), поставлено в соответствие множество связей между сущностями. Связью будем называть понятие, которое устанавливает отношения между двумя сущностями.

В тексте можно выделить основные и второстепенные понятия. Аналогично в тексте выделим основные и второстепенные сущности. К основным будем относить те, которые отражают существенные свойства и имеют более важное значение, т.е. суммарный все термов, заключенных в данных сущностях видимо больше, чем в остальных. Оставшиеся сущности будут являться второстепенными, поэтому множество вершин P_{inev} состоит из двух подмножеств: подмножество M включает в себя основные сущности, а подмножество S – второстепенные сущности:

$$P_{inev} = \{M, S\} \quad (12)$$

Ребра определяют связь между вершинами. Можно выделить три вида связи: «включает в себя» (Contain), «обеспечивает результат» (Provide) и «соответствует» (Equal):

$$E_{inev} = \{Contain, Provide, Equal\} \quad (13)$$

Связь типа Contain включает в себе отношение «часть-целое» и является ассиметричной, такой что:

$$Contain \subset M \times M \cup S \times S \quad (14)$$

Связь типа Provide описывает тип связи, который обеспечивает результат. Такие связи могут формироваться из матрицы термов:

$$Provide \subset M \times S \quad (15)$$

Связь типа Equal задает семантическую связь, которая определяет схожесть двух сущностей, а также насколько они близки между собой. Можно сказать, что данная связь определяет вероятность

наследования между вершинами:

$$P_{inev} = \{M, S\}, Equal \subset Pa_{inev} \times Pb_{inev} \tag{16}$$

Определение степени семантической близости

Для решения задачи анализа текстов на естественном языке с помощью средств вычислительной техники выделяют понятие семантической близости (рисунок 3). Семантическая близость определяет коэффициент связанности между терминами, каждый из которых в отдельности имеют разный смысл, но когда они оказываются в одном множестве, то можно сделать вывод что один терм вложен в другой, например, {Человек, Собака}. Основная задача определения семантической близости заключается в устранении семантической неоднозначности, т.е. в придании конкретного смысла термам в зависимости от контекста.

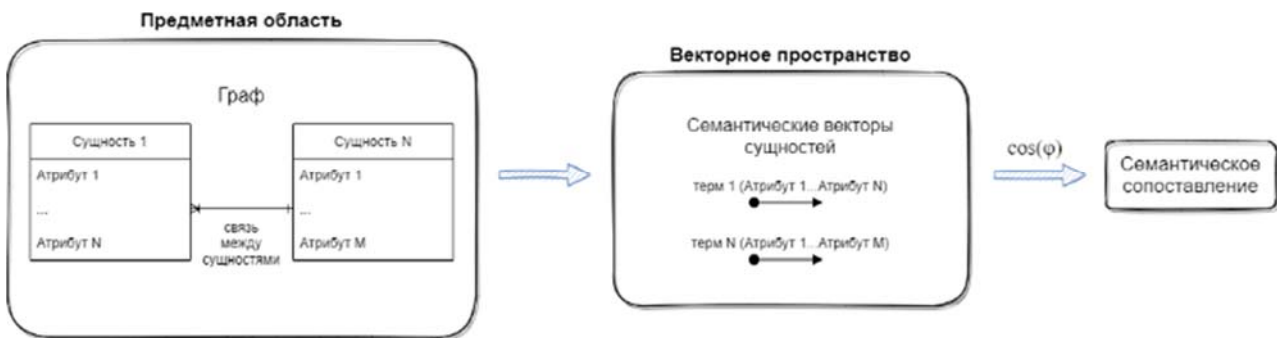


Рис. 3. Модель векторного представления слов

При решении задачи определения семантической близости выделяются семантические отношения синонимии и ассоциативности, понятия, которые соответствуют семантическим конструкциям или часто встречаются в определенной коллекции.

Для графа, который отображает предметную область, описываемую текстом и состоящему из сущностей и связей между ними, можно определить семантический вектор сущности [9]. Координатами этого вектора являются термины, которые однозначно соответствуют атрибутам данной сущности. В качестве атрибутов могут выступать не только меры, которые описаны в тексте и являются прилагательными, но и определенные смыслы из множества смыслов, исходя из смысловой нагрузки текста. Семантический вектор сущности R_d будет принадлежать векторному пространству, которое определяется совокупностью сущностей и необходимо решить задачу нахождения функции φ , такой что $\varphi: P_{inev} \mapsto R_d$. Рассчитав косинусную меру, найдя $\cos(\varphi)$ можно определить, насколько близко находятся векторы сущностей, т.е. определить семантическое сопоставление.

Для того что бы произвести семантическое сопоставление между двумя отдельными сущностями, которые составляют граф, необходимо между ними определить связь типа Equal.

Предположим, что чем больше в каждой сущности оригинальных термов, т.е. мощность множества, полученная пересечением множества термов одной сущности с множеством термов другой сущности, стремится к нулю. Чем дальше они находятся в коллекции относительно друг друга, т.е. между ними находится большое количество сущностей, тем более полно описана предметная область, т.е. в ней содержится максимальное количество информации, и она однозначна определяет описанное в ней событие. Исходя из этого можно сделать вывод, что при сопоставлении двух сущностей, чем дальше по тезаурусу находятся друг от друга совпавшие центры текстуальных понятий, тем более вероятна близость этих сущностей по содержанию.

Степень семантической близости определяет количество совпавших центров сущностей текстуальных понятий, а также величину расстояния между этими центрами в тезаурусном графе. Для

определения степени семантической близости введем правила ее определения:

1. Наиболее информативными единицами текста являются существительное, глагол, прилагательное, которое возможно объединить в номинативную группу;
2. В каждой номинативной группе необходимо выделить центр и определить близость каждого термина к этому центру;
3. Особое внимание при определении семантической близости необходимо уделить степени сходства центров номинативных групп. Чем больше количество совпавших центров, тем ближе сущности по отношению друг к другу;
4. Если центры двух номинативных групп находятся в непосредственной близости или совпали, необходимо определить меру близости остальных термов между собой;
5. Семантическая близость сущностей пропорциональна величине расстояния между совпавшими центрами по тезаурусу.

Для того, чтобы определить семантическую близость необходимо учитывать как вес термов и их контекст при определении сущности, так и вес сущностей, контекст и расстояние между сущностями, которые составляют граф.

Расстояние можно вычислить исходя из веса ребер Contain, Provide, Equal (определяет семантическую связь).

Определение семантической близости исходя из правил может быть преобразовано в алгоритм сравнения сущностей графов:

1. Определение сущности, исходя из термов, которые объединяются в номинативную группу, определения центра каждой группы.
2. Для каждой сущности определяются связи с другими сущностями. Составляется множество связей, которое определяет структурные и/или семантические отношения. Данное множество является контекстом данной сущности.
3. После того как для всех сущностей определен контекст, то возможно дополнение каждой сущности терминами исходя из модели «мешок слов».
4. Для каждой сущности производится определение вектора, с учетом как контекста, так и дополненных термов. Вес термов определяется с помощью метрики tf-idf. Образуется векторное пространство предметной области.
5. Исходя из полученного векторного пространства рассчитывается мера семантической близости. Метрика может рассчитываться как по формуле косинусной меры, так и по формуле мягкой косинусной меры.
6. Для каждой отдельной сущности исходя из косинусной меры определяется множество наиболее близких сущностей. Таким образом может быть определена связь типа Contain, содержит, которая может быть преобразована в связь типа один- ко многим. Множество ближайших сущностей может быть определено параметром, а количество сущностей в множестве определяет его вес, исходя из которого можно определить ближайшие множества. Минимальная мощность множества может быть принята за параметр ограничения снизу.

7. Две наиболее близких сущностей связываются связью типа Equal, где сущность с наибольшим весом может выступать как главная сущность, а с более низким как зависимая сущность. Объединив все сущности в один граф и выделив главные и зависимые сущности, можно сформировать иерархический направленный граф, отображающий семантические отношения в данной предметной области.

Принимая за основу семантическую близость различных сущностей на построенном графе возможно определить вес самой сущности исходя из суммы весов сущностей, которые имеют с ней связь типа Equal:

$$W(P_{inev\ b}) = \sum_{i=1}^k sim(P_{inev\ a,i}, P_{inev\ b}), \text{ для } \forall rel(P_{inev\ a,i}, P_{inev\ b}) \in Equal(P_{inev\ a}, P_{inev\ b}) \quad (17)$$

Данная формула позволяет определять меру семантической близости сущностей и может быть использована для применения обучений нейросетей. Например, нахождения кратчайшего пути от одной сущности к другой обеспечивает принятия определенного решения.

Заключение

Преобразование лексических форм в векторную форму позволят производить над ними математические вычисления и находить закономерности. Изучение векторного пространства, в которое преобразуется текст, соединяет в одно целое как лингвистику, так и статистику, что позволяет более полно выделять и описывать сущности. Более полное представление векторов применимо для более точного выявления семантических отношений и определение семантической близости, что позволяет выявлять наследственные цепочки.

Изменяя нормирование весов сущностей возможно получать векторные пространства, которые будут инвариантны исходному, как пример можно установить определенное пороговое значение для весов сущностей. Все сущности, вес, которых ниже данного порога принять за второстепенные и присвоить им вес равный нулю. Выделить основные сущности, вес которых является максимальным, а для остальных провести операцию нормировки по отношению к основным. Беря за основу те или иные термы, составляющие сущности и каждый раз строя векторные модели получаем определенный набор таких моделей. Исходя из полной совокупности векторных моделей возможно построить матричную модель текста, соответствие матричной модели исходному тексту, предметной области, зависит от полноты термов, определяющих сущности.

В своем основании матричная модель есть квадратная матрица, которая выражает зависимость одной сущности от другой, т.е. ячейки представляют булево значение [10-13]. На основе этой матрицы строится квадратная матрица, но в ячейках уже указываются расстояния от одной сущности до другой, рассчитанные исходя из весов термов, которые ее составляют и пороговых значений, которые учитывались при расчете весов.

Модель работает путём определения близости строк в матричных моделях, где основную роль играет зависимость от наличия совпадающих слов в строках и числа совпадающих строк в модели. В модели учитывается общее число строк матричных моделей текстов, которые подлежат сравнению с значимым коэффициентом близости.

Представленная в данной работе модель может служить дополнительным инструментом для устранения избыточности при определении семантических отношений, то есть сравнивать максимально точное количество информации, содержащейся в сущностях.

Литература

1. Вакурин И.С., Гадасин Д.В. Аспекты легальности принятия решений системами искусственного интеллекта // Искусственный интеллект и цифровая экономика: взгляд студенчества: материалы I Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Москва, 13 ноября 2019 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Государственный университет управления. М.: Государственный университет управления, 2020. С. 235-237.
2. Гадасин Д.В., Ермалович А.В., Шведов А.В. Цифровое неравенство и социальный аспект цифровой трансформации / Д. В. Гадасин, // Перспективные технологии в средствах передачи информации – ПТСПИ-2017: Материалы 12-ой международной научно-технической конференции, в 2-х томах, Суздаль, 05-07 июля 2017 года. Суздаль: Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2017. С. 77-78.
3. Шведов А.В., Гадасин Д.В., Вакурин И.С. Вопросы проектирования сетей беспроводного доступа стандарта IEEE 802.11 с высокой плотностью обслуживания абонентов // Технологии информационного общества: Сборник трудов XIV Международной отраслевой научно-технической конференции, Москва, 18-19 марта 2020 года. М.: Издательский дом Медиа паблишер, 2020. С. 305-309.
4. Gadasin D.V., Shvedov A.V., Vakurin I.S. Designing WI-FI Wireless Networks with High Density of Subscriber Service // 2020 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/IEEECONF48371.2020.9078567.
5. Гадасин Д.В., Вакурин И.С. Кластерное проектирование сетей Wi - Fi с высокой плотностью абонентов // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2020. № 1. С. 138-144.
6. Маклачкова В.В., Гадасин Д.В., Волкова М.Д., Вакурин И.С. Лексический и семантический поиск статей в научной библиотеке // DSPA: Вопросы применения цифровой обработки сигналов. 2021. Т. 11. № 1. С. 21-30.
7. Шведов А.В., Гадасин Д.В., Цыгулева А.В., Вакурин И.С. Разгрузка очереди сети при помощи Гамильтонова цикла // REDS: Телекоммуникационные устройства и системы. 2021. Т. 11. № 3. С. 45-53.

8. *Шведов А.В.* Повышение эффективности функционирования корпоративных информационно-коммуникационных сетей с учетом теории ограничения систем // III Научный форум телекоммуникации: теория и технологии ТТТ-2019 : Материалы XXI Международной научно-технической конференции, Казань, 18-22 ноября 2019 года. Казань: Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева, 2019. С. 290-291.
9. *Назаров М.Д., Шведов А.В.* Корреляция атрибутов соглашения об уровне обслуживания с основными параметрами QoS в корпоративных сетях // Телекоммуникации и информационные технологии. 2020. Т. 7. № 2. С. 73-79.
10. *Гадасин Д. В., Шведов А.В., Ермалович А.В.* Модели регулирования доверия в технологии блокчейн // Технологии информационного общества : Сборник трудов XII Международной отраслевой научно-технической конференции, Москва, 14-15 марта 2018 года. М.: Издательский дом Медиа публишер, 2018. С. 93-95.
11. *Гадасин Д.В., Юдина А.А.* Кластеризация в крупномасштабных сетях // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2020. № 1. С. 19-26.
12. *Гадасин Д.В., Кольцова А.В., Гадасин Д.Д., Полякова А.Н.* Оценка вероятности формирования виртуального кластера // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2021. Т. 12. № 1. С. 4-12.
13. *Гадасин Д.В., Нестерова Е.А.* Особенности проведения практических занятий по дисциплине мультимедийные информационные системы для стадии "Исследование и обоснование создания информационной системы" // Методические вопросы преподавания инфокоммуникаций в высшей школе. 2021. Т. 10. № 1. С. 15-21.

АНАЛОГОВЫЙ ЭФИРНЫЙ ПРОЦЕССОР. ПРИНЦИП РАБОТЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ

Комаров Сергей Николаевич,

*Московский технический Университет связи и информатики, ст. преподаватель, радиоинженер,
Москва, Россия*

komarov@radiostation.ru

Фуников Илья Дмитриевич,

Московский технический Университет связи и информатики, Москва, Россия

Аннотация

Спектральная и динамическая обработка сигнала модуляции зародилась в радиовещании ещё в 30-е годы прошлого века, параллельно, в Германии и в США. Возможность привлечь в свою аудиторию слушателей не только содержанием передач, но и приятным для уха звучанием, принятом в тех или иных социальных группах слушателей, сильно заинтересовала радио-вещателей, и на такие устройства появился спрос. Формирование уникального интонационного портрета радиостанции выстроенного под эмоции слушателей используется не только в пропаганде, психотерапии и психодраме, но и служит формированию постоянной аудитории у вещательных радиостанций. В статье рассказывается о таком приборе собственной разработки, и приводятся его объективные характеристики.

Ключевые слова: *спектродинамическая обработка, психоакустика, АМ-процессор, эфирный процессор, оптимизатор модуляции, многополосный компрессор, послестудийная обработка.*

Эфирный процессор – это прибор спектродинамической обработки сигнала модуляции в состав которого входят следующие функциональные звенья: Эквалайзер, Компрессор, Лимитер, регуляторы напряжения, сумматор сигналов, Модуляционный фильтр. Эфирный процессор представляет собой эквалайзер, в каждой частотной полосе которого установлен лимитирующий компрессор с регулировкой степени компрессии, а после регулировок уровня каждой частотной полосы, имеется модуляционный фильтр высокого порядка, который отсекает все верхние частоты, находящиеся за пределами разрешенной полосы [1].

Разберём все устройства по порядку.

Эквалайзер. Многополосный регулятор тембра. Состоит из множества фильтров одинаковой добротности (для плавной ФЧХ), разрезающих всю полосу звуковых частот на 10 частотных полос, 20, или даже на 31 полосу. Затем, после каждого фильтра стоит регулятор усиления этой частотной полосы, и затем сумматор сигналов всех полос.

Компрессор. Содержит звуковой тракт и цепь управления. В состав звукового тракта компрессора входят входной и выходной буферные усилители, устройство, оперативно измеряющее текущую громкость сигнала и элемент, изменяющий коэффициент усиления звукового тракта – управляемый аттенюатор или перемножитель. На вход компрессора подается звуковой сигнал. Уровень громких звуков уменьшается, а громкость тихих – увеличивается, тем самым достигается сжатие динамического диапазона.

Лимитер. Это один из вариантов компрессора. Лимитирование отличается от компрессирования тем, что лимитер уменьшает уровень звукового сигнала, если его амплитуда превышает установленный порог. Основное предназначение лимитера – защита последующих узлов тракта от любых, даже самых малых, перегрузок, поскольку независимо от приращения входного сигнала уровень сигнала на его выходе увеличиваться не должен (будет увеличиваться степень компрессии). Лимитер актуален в АМ радиовещании, поскольку предотвращает перемодуляцию и искажения, а также в профессиональной и любительской радиосвязи, как прибор улучшающий слышимость и разборчивость речи.

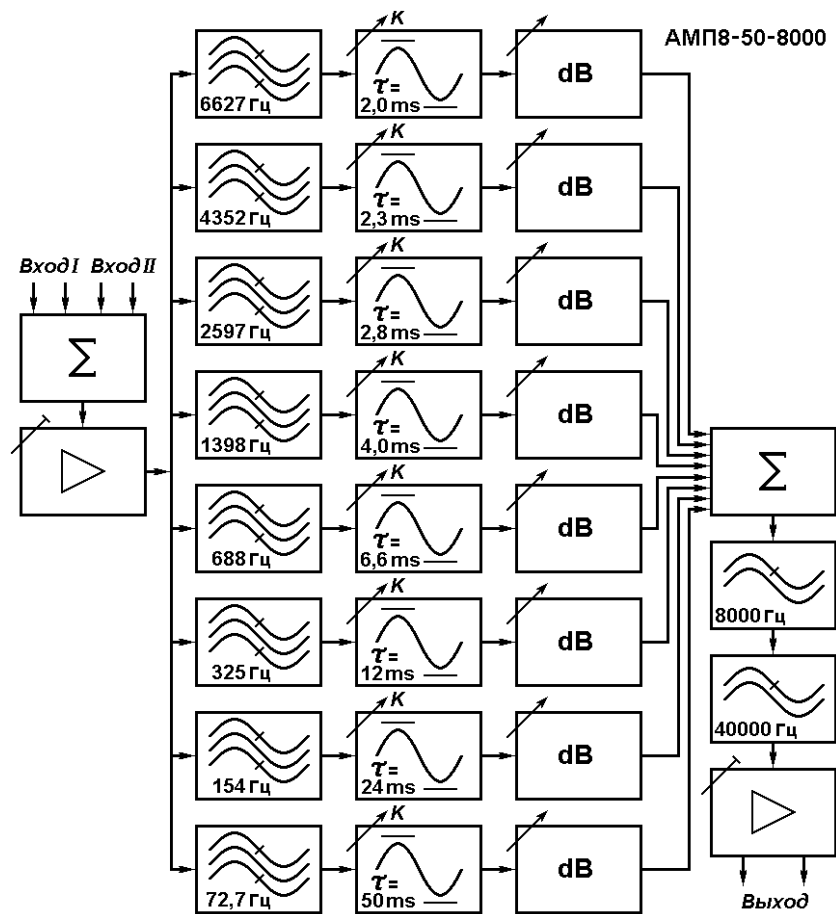


Рис. 1. Структурная схема эфирного процессора

Модуляционный фильтр. Типичное радиовещательное устройство. К примеру, для АМ радиовещания сигналом 16K0A3EGN разрешённая полоса модулирующих частот составляет 8 кГц [7]. А на 9-и килогерцах уже расположена несущая другой радиостанции и при приёме возможны биения. Чтобы этого избежать, модуляционный АМ фильтр должен не только ослабить все частоты выше 8 кГц, но и обеспечить подавление частот 9, 18 и 27 кГц не менее, чем на 60 дБ.

В начале звукового тракта входные сигналы суммируются и подаются на буферный усилитель, выполненный на микросхеме операционного усилителя (ОУ) AD823AR. Далее установлено восемь полосовых фильтров [3, 4]. Первые 4 фильтра имеют постоянную добротность и выполнены, как октавные фильтры, начиная с пятой частотной полосы добротность фильтров плавно повышается. Это сделано с целью повышения соотношения сигнал/шум на верхних частотах модуляции. Полосовые фильтры выполнены по схеме с многопетлевой обратной связью на основе ОУ AD823AR. После каждого из восьми полосовых фильтров сигнал поступает на компрессор. На выходе компрессора в каждой полосе стоят потенциометры - регуляторы уровня.

Компрессор выполнен на ИС SA571D по схеме «с регулированием вперёд». Только такая схема позволяет сделать лимитирующий компрессор. Так как данная микросхема содержит два компрессора, то для прибора понадобится всего четыре микросхемы. Данная микросхема позволяет регулировать степень компрессии. Так же в компрессоре задаётся время реакции (время нарастания) сигнала τ . После компрессоров установлены регуляторы уровня скомпрессированного сигнала в каждом канале. Это позволяет «сбирать» обработанный сигнал с разной громкостью составляющих полос, чем регулировать его интонацию. Обработанные сигналы после каждого компрессора складываются на резистивном сумматоре на входе ОУ ИС AD823AR. В обратной связи суммирующего ОУ установлен подстроечный резистор 10 к «Уровень выхода», позволяющий точно установить уровень сигнала, подаваемого на модуляционный фильтр.

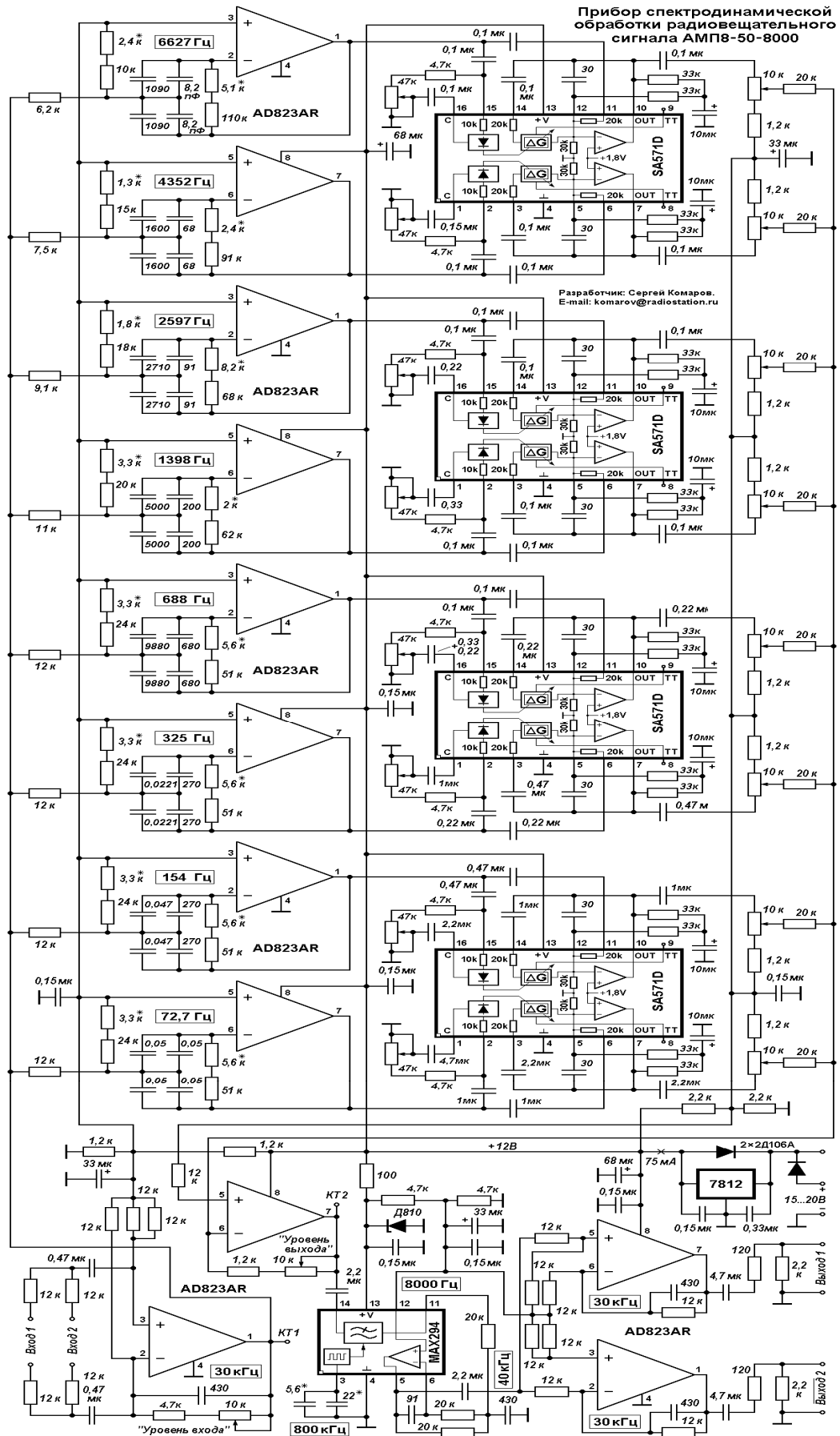


Рис. 2. Принципиальная схема

Следующим этапом звукового тракта является цифровой фильтр, реализуемый на микросхеме MAX294CWE. Он представляет собой КИХ-фильтр (фильтр с конечной импульсной характеристикой) с частотой среза 8 кГц, которая задается внутренним тактовым генератором, имеющим частоту 800 кГц. Эта микросхема позволяет выполнить условия технического задания, а именно обеспечить ослабление на частоте 9 кГц более 60 дБ. Далее идет аналоговый фильтр нижних частот на внутреннем ОУ. Его необходимость объясняется использованием ранее цифрового фильтра. Построение импульсной и амплитудно-частотной характеристики КИХ-фильтра основывается на дискретном обратном преобразовании Фурье. Из-за ограниченного числа отсчетов возникает «эффект Гиббса». При дискретизации АЧХ мы задаем точки, через которые должна пройти АЧХ рассчитанного фильтра, однако мы не накладываем никаких ограничений на поведение АЧХ в других точках. Между этими точками возникают пульсации (колебания) кривой АЧХ в полосе пропускания и в полосе подавления фильтра. Аналоговый ФНЧ с пятикратной частотой среза предназначен для сглаживания этих пульсаций. Затем обработанный сигнал поступает на выходной БУ.

Прибор собран на двусторонней печатной плате размером 100 x 120 мм.

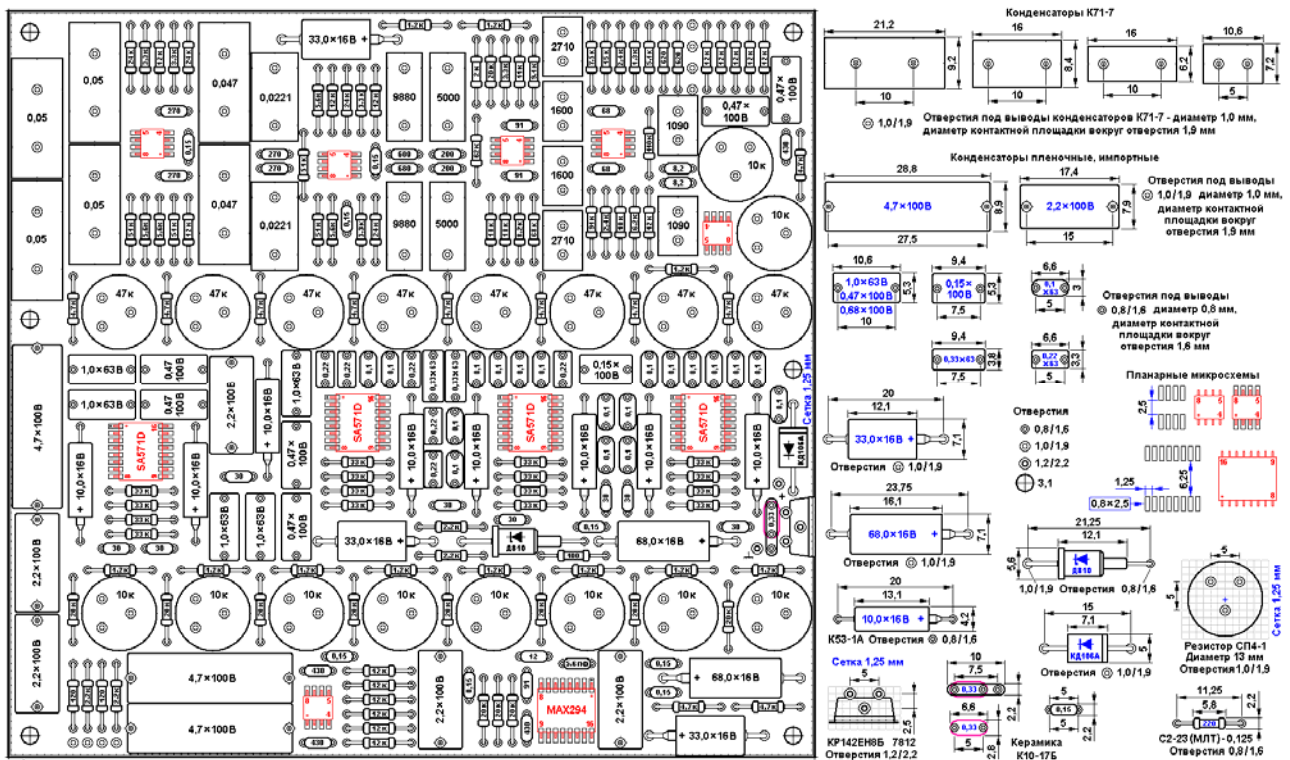


Рис. 3. Расположение деталей на печатной плате, установочные размеры и формовка выводов

Исследование разработанного и изготовленного прибора.

Объективная часть исследования включает в себя снятие амплитудных, частотных и импульсных характеристик, составляющих функциональных звеньев эфирного процессора.

Изначально, планировалось следующее распределение полос частот между восемью фильтрами (рис. 4). Реальные АЧХ фильтров показаны на рисунке 5. На рисунке 6 показана экспериментальная характеристика модуляционного цифрового фильтра вместе со сглаживающим аналоговым фильтром.

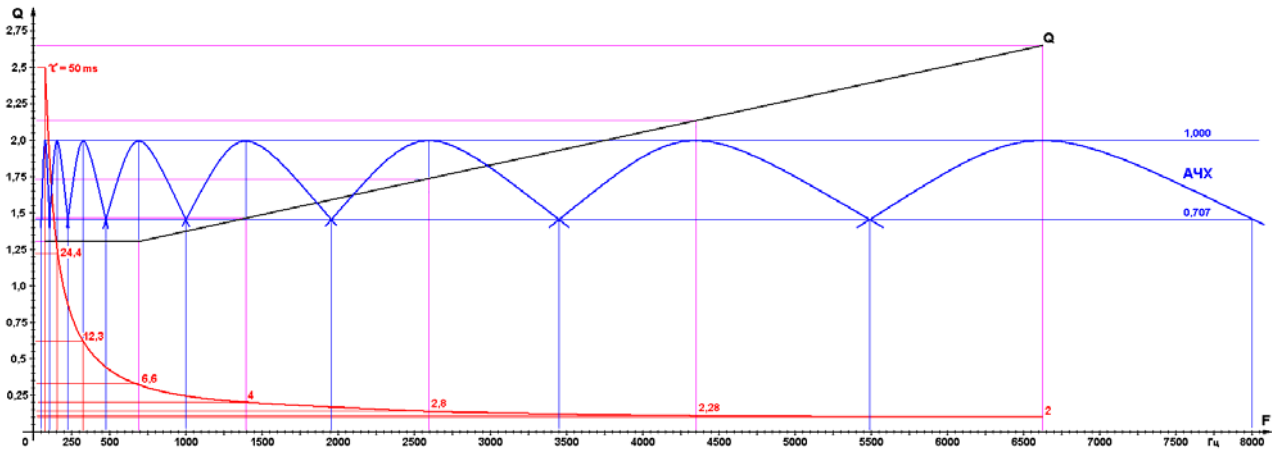


Рис. 4. Расчётные характеристики полосовых фильтров (синий), график значений добротности (чёрный) и постоянные времени реакции компрессоров (красный)

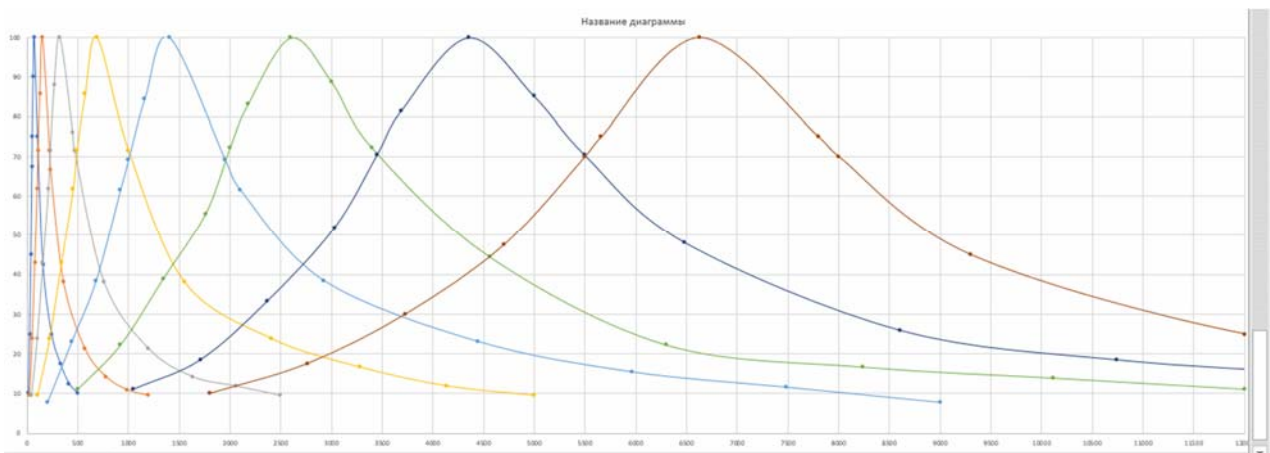


Рис. 5. Экспериментальные характеристики полосовых фильтров

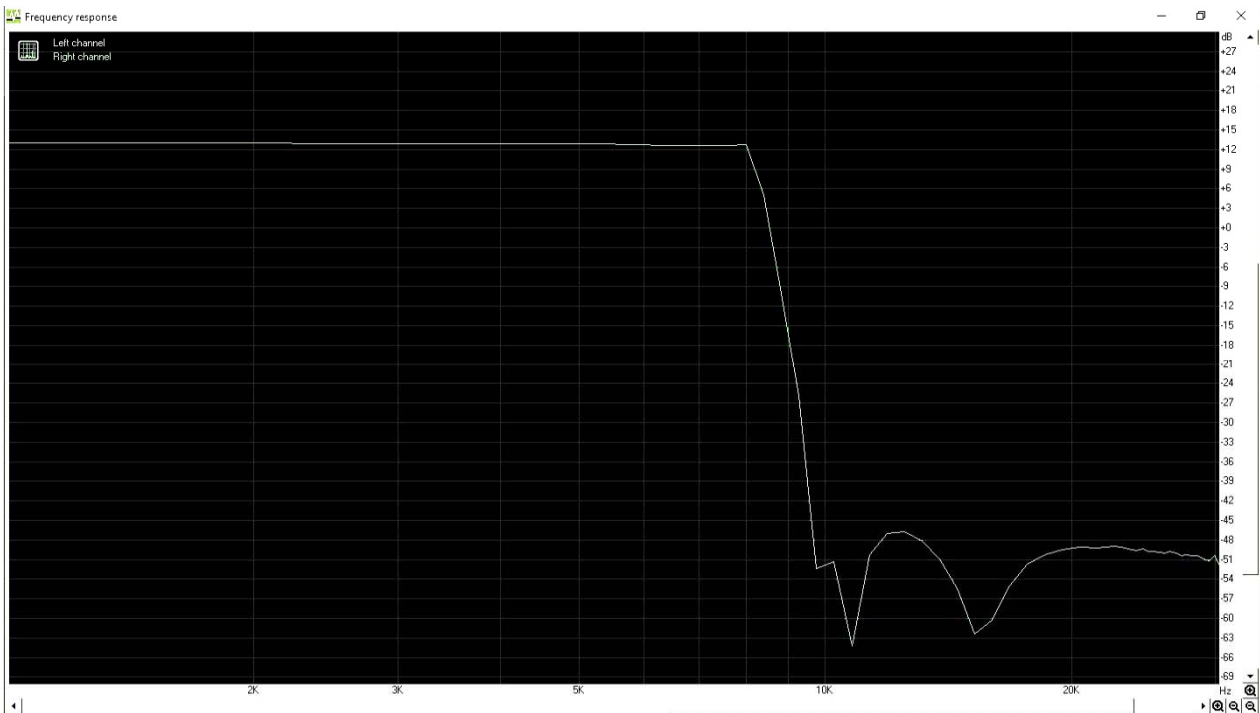


Рис. 6. Экспериментальная АЧХ модуляционного фильтра

По графикам видно практически идеальное совпадение АЧХ полосовых фильтров (рис. 4, 5). Особенно радует точное совпадение частот перехода между фильтрами на уровне 0,7071 (рис. 5).

График экспериментальной АЧХ модуляционного фильтра (рис. 6), снятый с помощью дуплексной звуковой карты компьютера (подключение по линейным входу и выходу) и программного обеспечения, также показал практически идеальное совпадение с типовым графиком из справочных данных на микросхему MAX294CWE.

Все восемь амплитудных характеристик компрессоров, снятых в установившемся режиме, оказались практически одинаковыми (рис. 7). Разброс получился в пределах точности номиналов радиоэлементов. Поэтому в статье приводится одна, снятая на частоте 688 Гц.

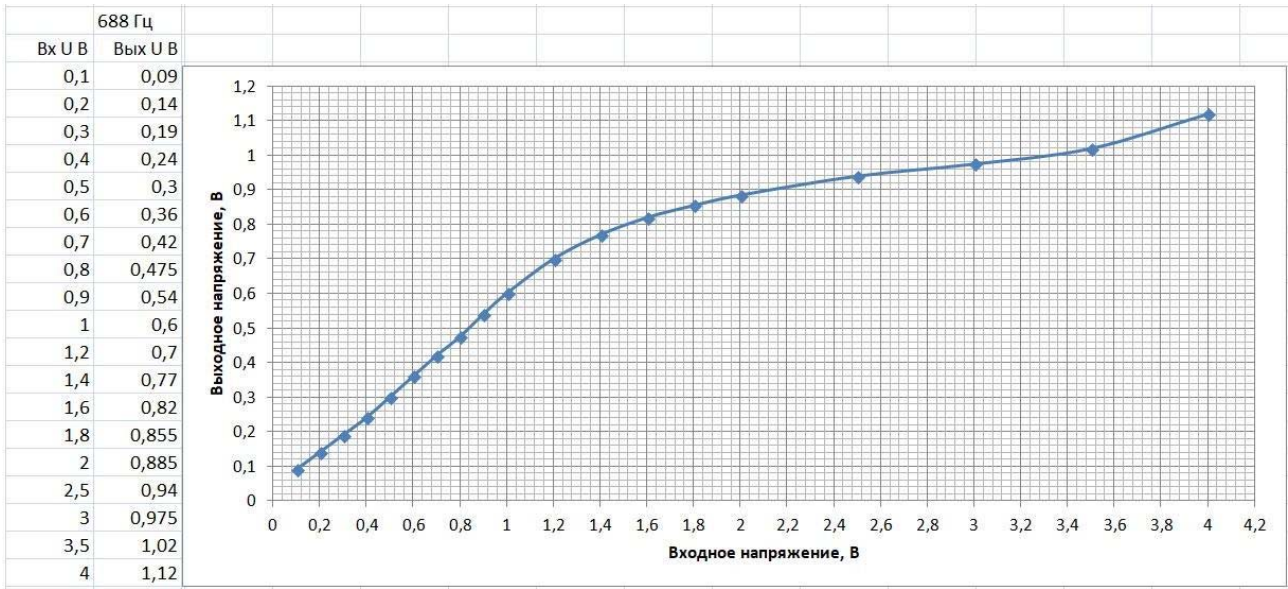


Рис. 7. Экспериментальная типовая амплитудная характеристика компрессора

Однако, на графике видно, что после значения эффективного входного сигнала 3 В начинается рост выходного напряжения лимитирующего компрессора. Это можно объяснить перегрузкой схемы. Амплитуда выходного напряжения составит $3 \times \sqrt{2} = 4,24$ В, соответственно, размах 8,48 В. При питании микросхем компрессоров однополярным напряжением +12 вольт, это предел линейности. Стало быть, амплитуда сигнала в эфирном процессоре должна быть отрегулирована так, чтобы после фильтров на компрессоры не приходил бы сигнал амплитудой более 4 В. Это сделать не сложно и такая регулировка в схеме есть: «Уровень входа» (рис. 2).

Импульсные характеристики компрессоров снимались в такой схеме измерения (рис. 8).

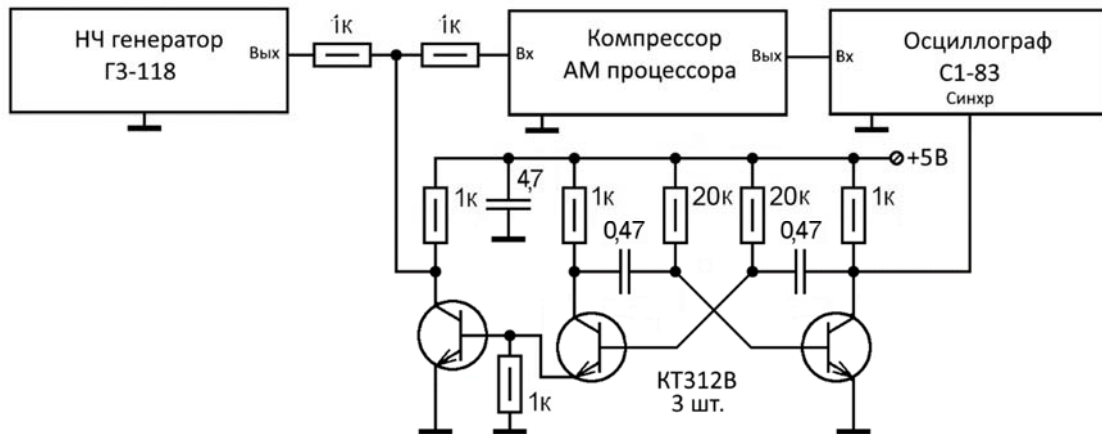


Рис. 8. Схема измерения импульсных характеристик компрессоров

Результаты измерения импульсных характеристик приведены на рисунках 9, 10, соответствующих компрессорам, работающим на частотах 1398 Гц и 6627 Гц. Верхний луч – сигнал синхронизации.

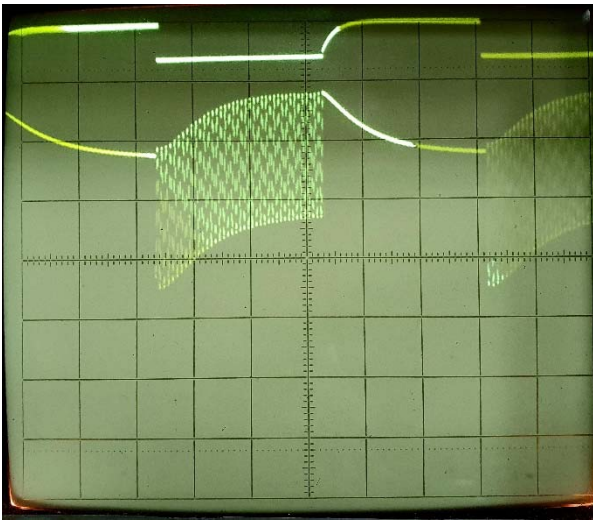


Рис. 9. Частота 1398 Гц

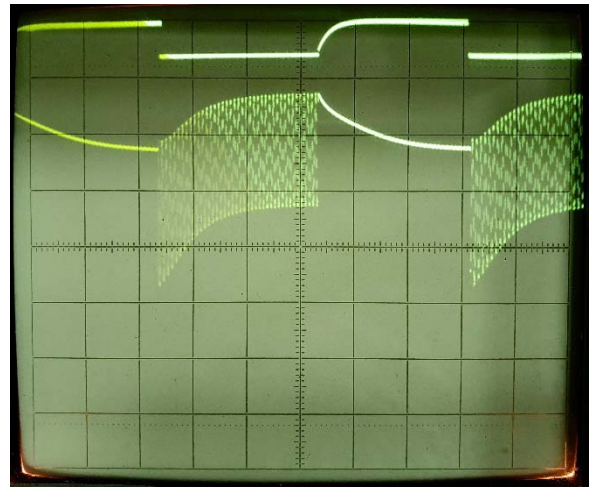


Рис. 10. Частота 6627 Гц

Временной масштаб соответствует 1 клетка – 2 мс. На рисунке 9 видно, что постоянная времени соответствует расчётному значению 4 мс. На рисунке 10, соответственно, 2 мс. Расчётные значения постоянных времени реакции компрессоров приведены на рисунке 4, на красном (нижнем) графике.

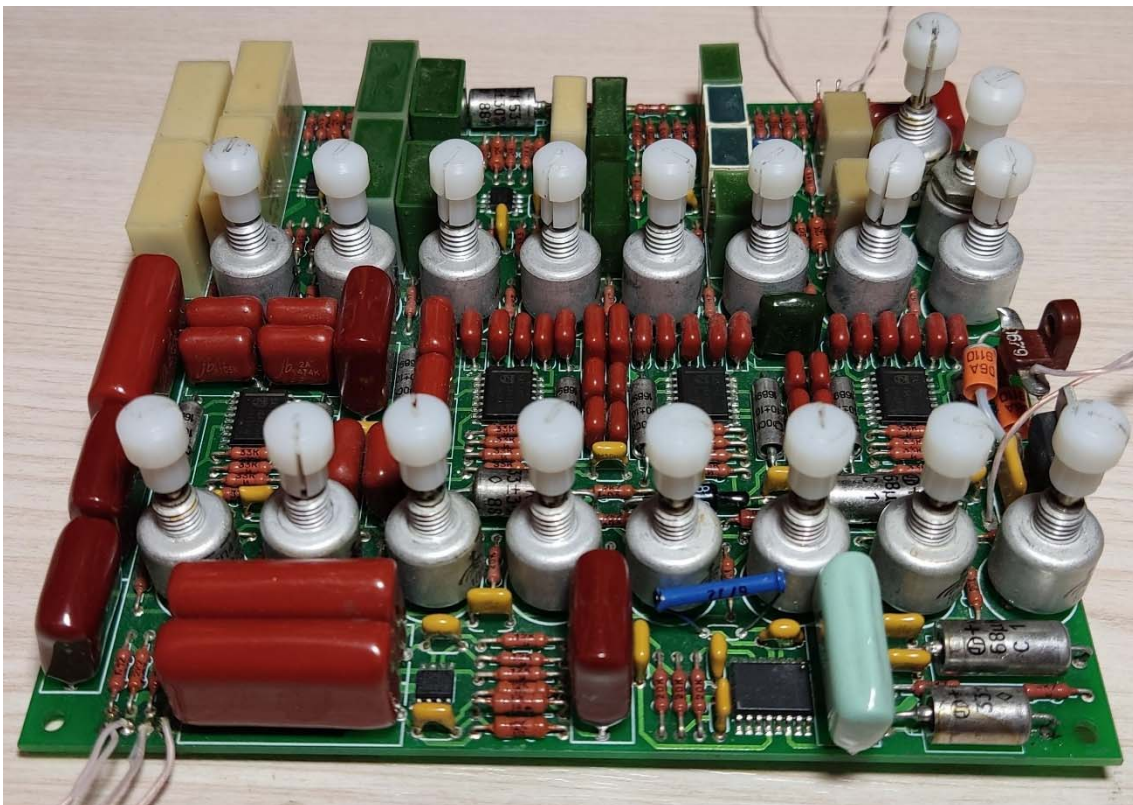


Рис. 11. Плата эфирного АМ процессора в сборе в процессе исследования

Выводы

1. Разработанный и изготовленный АМ-процессор полностью соответствует своим объективным (измеряемым приборами) расчётным параметрам и характеристикам.

2. Для определения субъективных факторов, интонационного портрета, создания настроения, формирования приятного в разных социальных группах звукового фона [2, 5]... необходимо проведение субъективных исследований с привлечением фокус-групп.

3. Окончательное исследование эффективности работы данного процессора может быть проведено в реальном эфире при работе в составе вещательной АМ радиостанции [6, 8-10].

4. Данный процессор выполнен на отечественной пассивной элементной базе. Активная же часть – микросхемы, применены западных производителей, поставки которых с введением санкций происходят с перебоями. И цены на них значительно возросли. Имеет смысл переработать данный процессор на полностью отечественную элементную базу.

5. Алгоритм обработки сигнала модуляции в данном процессоре применён исключительно аналоговый. Стоимость полного комплекта радиодеталей и печатной платы относительно невелика и может быть доступна студентам ВУЗ-ов и колледжей, а также членам радиокружков и пенсионерам (на себе проверено). Данный процессор реализует принцип «собрал, включил, работает». Реализация его в цифре с помощью программных решений на основе DSP процессоров может иметь неоднозначный экономический результат. Скорее всего, цифровой процессор, реализующий те же алгоритмы обработки сигнала, будет значительно дороже, а при той же стоимости значительно хуже. К тому же принцип «собрал, включил, работает» в цифровых устройствах не может быть реализован принципиально, поскольку требуется написание или приобретение программного обеспечения, которое может быть в разы дороже предлагаемого аналогового процессора.

6. Сокращение в данном процессоре числа частотных полос до семи, от 106 до 8000 Гц, позволит применить его для систем проводной трансляции в радиоузлах предприятий, учебных заведений, воинских частей, общежитий, студенческих городков и мелких населённых пунктов.

Сокращение полос частот до пяти, от 224 до 5490 Гц, позволит применить его для систем в низовой УКВ радиосвязи с ЧМ, в том числе в Си-Би диапазоне.

Сокращение полос частот до четырёх, от 224 до 3450 Гц, позволит применить его для увеличения надёжности и разборчивости профессиональной однополосной ПВ и КВ радиосвязи. А также, для любительской КВ радиосвязи.

Увеличение числа полос частот до десяти, от 30 Гц до 15 кГц, позволит применить данный процессор в коммерческом ОБЧ ЧМ радиовещании.

7. На основании сказанного, дальнейшие работы по доработке вариантов и исследованию данного процессора видятся перспективными.

Литература

1. Горон И.Е. Радиовещание. М.: Связьиздат, 1944.
2. Алдошина И.А. Основы психоакустики // Звукорежиссёр, 1998-1999.
3. Шило В.Л. Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре. М.: Советское Радио, 1979.
4. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. Под редакцией д.т.н. А.Г. Алексенко. М. МИР, 1982.
5. Комаров С.Н. Психосинтетические технологии в радиовещании. Электронный ресурс. <http://www.radiosound.ru/word/psycho.html>.
6. Комаров С.Н. Звук на радио. Звучание радиопрограмм. Электронный ресурс. <http://www.radiosound.ru/sound/sound.html>.
7. Комаров С.Н. Индивидуальное радиовещание. 2. Самодельные радиопередатчики и многофазные синтезаторы частот диапазона 200 метров. Монография. Практическое руководство для руководителей и членов конструкторских радиокружков и радиостанций Индивидуального радиовещания. М.: ИД Медиа Паблшер, 2018. 214 с.
8. Комаров С.Н. Индивидуальное радиовещание. 7. Цели, задачи и общая стратегия. Организация радиотехнических кружков. Вещательная концепция станций ИРВ. Практическое руководство для руководителей и членов конструкторских радиокружков и радиостанций Индивидуального радиовещания. М.: ИД Медиа Паблшер, 2020. 200 с.
9. Комаров С.Н., Бузуева Н.М. Двухфазный синтезатор частот с мощным выходом // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2021. Т. 12. № 3. С. 26-32.
10. Комаров С.Н. Двухфазный радиовещательный АМ передатчик диапазона 200 М // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2021. Т. 12. № 2. С. 34-39.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЖИВОЙ МИГРАЦИИ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН

Киров Денис Евгеньевич,
Аспирант МТУСИ, Москва, Россия
denikirov@yandex.ru

Тугова Наталья Владимировна,
к. т. н., доцент МТУСИ, Москва, Россия
e-natasha@mail.ru

Андреев Илья Александрович,
к. т. н., доцент МТУСИ, Москва, Россия
kis.dep@mtuci.ru

Аннотация

Живая миграция виртуальных машин и контейнеров широко используется в облачных вычислительных средах для поддержания стабильности и качества облачных сервисов. С другой стороны во время самой миграции возникает непродолжительный простой виртуальной машины и снижение производительности. Поэтому необходимо прогнозировать и оценивать влияние миграции на работоспособность виртуальных машин. Исследованы алгоритмы прогнозирования, такие как линейная регрессия, метод опорных векторов и метод группового учета аргументов для прогнозирования общей длительности миграции и длительности простоя виртуальной машины на основе выбранных факторов. Для этого был проанализирован набор данных, включающий данные о пяти типах миграций. В работе приведены результаты работы данных алгоритмов.

Ключевые слова: *живая миграция, виртуализация, виртуальные машины, облачные вычисления, центр обработки данных.*

Введение

Миграция виртуальных машин широко используется в облачных центрах обработки данных для масштабирования и поддержания стабильности облачных сервисов. Под миграцией понимается перенос виртуальной машины с одного физического сервера на другой. Если перенос осуществляется без полной остановки виртуальной машины, то такая миграция называется живой (англ. live migration). Во время живой миграции показатели производительности приложений виртуальной машины (VM), установленные в соглашениях об уровне обслуживания, могут ухудшиться. Перед началом миграции необходимо оценить характеристики миграции, влияющие на качество обслуживания.

Важнейшими характеристиками являются общая длительность миграции и длительность простоя виртуальной машины во время миграции, которые являются случайными величинами, зависящими от множества факторов.

Общая длительность миграции зависит от типа миграции и включает в себя длительность всех этапов миграции. Всего выделяют три основных видов миграций: с предварительным копированием (Pre-cory) [1], с пост-копированием (Post-cory) [2] и гибридные миграции, являющиеся комбинациями первых двух видов [3]. Кроме этого, для ускорения миграции используются методы сжатия памяти [4,5]. Например, дельта-сжатие страниц памяти использовалось в работе [4].

Во время миграции производительность системы снижается, что сказывается на качестве предоставляемых услуг и процессе мониторинга ресурсов. Поэтому важно оценивать этот показатель.

Время простоя – это время, когда виртуальная машина полностью остановлена. Оно, как правило, небольшое и незаметно для пользователей. Но при миграции между территориально-распределенными ЦОДами время может быть значительным. Кроме этого, данный показатель является одним из

основных показателей в соглашениях об уровне сервиса (SLA). В данной работе исследуются алгоритмы прогнозирования, такие как линейная регрессия, метод опорных векторов и метод группового учета аргументов для прогнозирования общей длительности миграции и длительности простоя виртуальной машины на основе выбранных в предыдущей работе факторов [6].

Вопросы моделирования живой миграции и прогнозирования ее характеристик рассмотрены в различных работах, в том числе [7,8]. Один из последних обзоров приведен в работе [9]. Отличием данной работы от существующих является то, что обосновано использованием метода группового учета аргументов для прогнозирования общей длительности миграции и простоя виртуальной машины.

Используемые методы

Существуют различные алгоритмы, позволяющие оценивать интересующие характеристики миграции. В основном, алгоритмы реализованы при помощи статистического анализа, либо различных методов машинного обучения. В данной работе рассмотрим вторую группу методов.

Одним из методов машинного обучения, подходящим для решения данной задачи является линейная регрессия. Линейная регрессия используется для нахождения линейной зависимости между целевой переменной и одним или несколькими другими факторами.

Метод опорных векторов (SVM) – хорошо известный метод машинного обучения, применяемый для задачи классификации. Данный метод можно использовать в регрессионных моделях и называется он SVR – Support Vector Regression. Данный метод входит в библиотеку машинного обучения Sklearn и будет использоваться для прогнозирования основных характеристик миграций.

Метод группового учета аргументов (МГУА) – метод, основанный на поиске лучшей модели, путем перебора различных вариантов моделей [10]. Метод может сам находить взаимосвязи в данных и выбирать оптимальную структуру модели. Данный подход называется индуктивным. При использовании метода не приходится задавать различные гиперпараметры, не нужно проектировать структуру слоев сети, как это происходит при использовании нейронных сетей. В основе алгоритма могут лежать как линейные функции, так и полиномы различной сложности. Выбор функции происходит при запуске алгоритма, точность результатов прогнозирования может зависеть от данного выбора. Сфера применения данного метода достаточно обширна. Он применяется для моделирования систем различной степени сложности, оптимизации процессов на производстве, а также были эксперименты по применению данного метода для распознавания образов.

Данные алгоритмы использовались для прогнозирования общей длительности миграции и длительности простоя виртуальной машины.

Сбор данных для обучения алгоритмов

В работе проанализирован набор данных о миграции виртуальных машин, собранных и представленных исследовательской группой Национального университета Сеула [8]. Этот набор данных содержит 40000 записей различных типов миграций – миграций с предварительным копированием (PRE), пост-копированием (POST) и такие модификации миграции с предварительным копированием, такие как дросселирование процессора (THR) для замедления работы виртуальной машины во время миграции, дельта-сжатие (DLTC) и сжатие данных (DTC). В наборе имеется примерно по 8000 записей для миграции каждого вида. Данные были получены в результате нагрузочного тестирования. Были использованы следующие тестовые рабочие нагрузки:

- SPECweb для имитации работы с веб-сервером, на котором размещаются банковские услуги и услуги электронной коммерции;
- OLTPBench – имитация работы с транзакционной СУБД.
- Memcached – имитация работы с кэшем памяти,
- Dacapo – это набор приложений Java,
- PARSEC содержит набор рабочих нагрузок многопоточных приложений.
- Vzip используется в качестве приложения, требующего больших вычислительных ресурсов и данных;
- mplayer – имитирует работу мультимедийного проигрывателя.
- синтетические нагрузки;

- без нагрузки.

Кроме этого, для подтверждения результатов использовался собственный набор данных, который был собран с помощью средств мониторинга виртуальных машин и физических хостов. Все данные, которые используются в выборках, отслеживаются в режиме реального времени с помощью системы мониторинга Zabbix, а также визуализируются через Grafana.

Система мониторинга Zabbix состоит из 3х основных компонентов:

- Zabbix – сервер. Данный компонент является основным элементом системы мониторинга. Он обрабатывает полученные данные, осуществляет различные запросы и проверки, например, запросы в базу данных для получения необходимой информации, либо отправка команды Ping на указанный адрес для проверки доступности интересующего сервера.

- Zabbix – агент, данный компонент устанавливается на сервера, с которых необходимо собирать интересующие показатели мониторинга, и отправляет данные по протоколу HTTP на Zabbix – сервер, откуда данные попадают в хранилище.

- Хранилище данных, обычно используется реляционная база данных, либо MySQL, либо Postgres. Данные СУБД официально поддерживаются системой мониторинга Zabbix. У системы мониторинга Zabbix есть реляционная база данных, в которую записываются полученные параметры. Для генерации обучающих выборок необходимо написать SQL – запросы, которые найдут необходимые данные в БД, после чего необходимо записать их в CSV – файл. Модели для обучения используют данные из сформированного CSV – файла.

Для конфигурирования набора данных на промышленные сервера одной из крупных телекоммуникационных компаний были установлены агенты по сбору параметров сервера – Zabbix-агенты. Также на виртуальные машины были установлены агенты по сбору данных, и настроена запись данных из журнала миграций с платформы виртуализации VMWare в ту же реляционную базу данных, куда сохраняется информация мониторинга серверов. Сбор данных мониторинга изображен на рисунке 1.

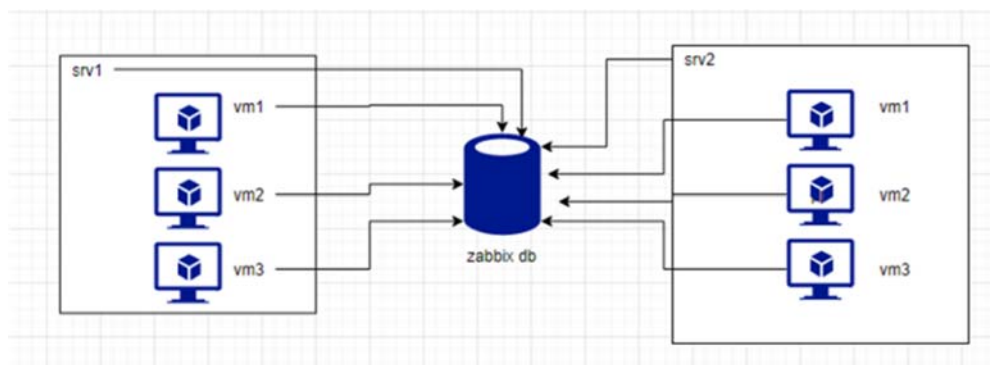


Рис. 1. Сбор данных мониторинга в хранилище Zabbix

Список собираемых параметров приведен в таблице 1.

Таблица 1

Список параметров в наборе данных

№	Входной параметр	Источник данных
1.	Объем оперативной памяти в виртуальной машине (VM_size). Количество страниц памяти, выделенных в Мбайт.	Монитор виртуальных машин (MBM)
2.	Среднее количество измененных страниц памяти в секунду (VM_pdr).	MBM
3.	Размер набора рабочей памяти – это количество страниц памяти, измененных в течение периода инициализации виртуальной машины (VM_wss).	MBM
4.	Энтропия набора рабочей памяти (VM_wse).	MBM
5.	Энтропия набора нерабочей памяти (VM_nwse).	MBM
6.	Количество измененных слов на измененных страницах (VM_mwpp)	MBM
7.	Количество инструкций процессора в секунду (VM_pmu_instr)	Исходный хост
8.	Пропускная способность сети, зарезервированная для живой миграции (VM_ptr)	Исходный хост
9.	Загрузка процессора виртуальной машины (VM_cpu_util)	Исходный хост
10.	Использование сети на виртуальной машине (VM_net_util)	Исходный хост
11.	Загрузка ЦП на исходном хосте (src_cpu_avail)	Исходный хост
12.	Загрузка памяти на исходном хосте (src_mem_avail)	Исходный хост
13.	Загрузка ЦП на целевом хосте (dst_cpu_avail)	Целевой хост
14.	Загрузка памяти на целевом хосте (dst_mem_avail)	Целевой хост

В работе [6] было обосновано использование составных метрик, которые рассчитываются на основе параметров, приведенных в таблице 1. Это позволяет избавиться от корреляции между факторами и тем самым повысить точность прогноза. Список составных факторов приведен в таблице 2.

Таблица 2

Список составных факторов

№	Составной фактор	Как рассчитывается
1.	Взвешенная относительная скорость передачи страницы (RPTR) – взвешенная относительная скорость передачи страницы к скорости загрязнения страницы	IF $VM_wss * ((VM_pdr / VM_ptr) * ((VM_pdr / VM_ptr)) < VM_wss$ THEN $RPTR = VM_wss * ((VM_pdr / VM_ptr) * (VM_pdr / VM_ptr)).$ ELSE $RPTR = VM_wss$
2.	Размер нерабочего набора (VM_nwss) – количество не измененных страниц в течение периода профилирования	$VM_nwss = VM_size - VM_wss$
3.	Ожидаемое преимущество метода дельта-сжатия (DLTC_benefit)	$DLTC_benefit = VM_wss * VM_mwpp / (4096 / 2)$
4.	Ожидаемое преимущество метода дросселирования ЦП (THR.BF)	$THR_benefit = VM_pdr * \min((VM_cpu_util / 400.0), 1.0)$
5.	Ожидаемый размер WSS после сжатия (VM_e_wss)	$VM_e_wss = VM_wss * VM_wse$
6.	Ожидаемый размер NWSS после сжатия (VM_e_nwss)	$VM_e_nwss = VM_nwss * VM_nwse$

Полученные результаты при тестировании алгоритмов

Обучение моделей проходило с использованием инструментария Sklearn v0.17. Обучающие и тестовые данные генерировались с использованием 10-кратной перекрестной проверки: набор данных сначала разбивался на 10 подмножеств одинакового размера. Каждое подмножество служит в качестве тестового набора один раз, в то время как объединение оставшихся девяти формировало обучающий набор данных. Для разработки модели были использованы методы линейной регрессии, опорных векторов и МГУА. Библиотека Sklearn, имеет в своем наборе модуль линейной регрессии и метод опорных векторов. Для реализации алгоритма МГУА использовалось программное обеспечение на языке программирования Java [11,12].

Для сравнения качества прогнозов, полученных различными методами машинного обучения, использовались следующие показатели: средняя абсолютная ошибка (MAE), средняя относительная ошибка (MRE), а также обратная величина средней абсолютной процентной ошибки (MAPE):

$$100\% - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|A_i - F_i|}{A_i} \cdot 100\% ,$$

где A_i - фактическое значение выходной характеристики из тестового набора данных; F_i – прогнозное значение; N - количество значений в тестовом наборе.

Полученные результаты экспериментов отражены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты тестирования алгоритмов

Тип миграции	Метод	Прогноз. хар-ка	MAE	MRE	100%-WAPE
PRE	ЛР	ТТ	3131.785	0.164	81.4 %
		DT	151.002	0.268	79.5%
	SVR	ТТ	1213.210	0.064	92.7 %
		DT	128.011	0.227	88.7 %
	МГУА	ТТ	1197.30	0.053	94.6 %
		DT	125.61	0.220	89.7%
THR	ЛР	ТТ	7187.524	0.386	53.8 %
		DT	961.549	1.998	2.64 %
	SVR	ТТ	1205.449	0.065	92.1 %
		DT	177.124	0.367	77.5 %
	МГУА	ТТ	1155.89	0.061	93,6%
		DT	170.14	0.367	77.5 %
DLTC	ЛР	ТТ	3260.371	0.228	54.1%
		DT	158.011	1.403	58.2 %
	SVR	ТТ	809.267	0.057	89.9 %
		DT	42.407	0.377	49.4 %
	МГУА	ТТ	720.449	0.065	92.1 %
		DT	70.124	0.367	55.5 %
DTC	ЛР	ТТ	16105.914	0.461	40.5 %
		DT	2151.193	3.231	56.3 %
	SVR	ТТ	5297.040	0.152	78.8 %
		DT	397.236	0.596	77.6 %
	МГУА	ТТ	5200	0.150	78.5 %
		DT	397.236	0.596	77.6 %
POST	ЛР	ТТ	1214.535	0.122	85.0 %
		DT	1.179	0.551	24.8 %
	SVR	ТТ	227.194	0.023	97.02%
		DT	0.554	0.259	46.33%
	МГУА	ТТ	225.56	0.022	96.25%
		DT	0.55	0.22	47.65%

Данные алгоритмы обеспечивают достаточно высокую точность прогнозирования. Лучше всего для решения данной задачи подходят методы группового учета аргументов и метод опорных векторов. Линейная регрессия в меньшей степени подходит для решения данной задачи, так как у большинства параметров нелинейные связи.

Заключение

Основываясь на полученных результатах тестирования алгоритмов, можно сделать вывод, что для решения задачи прогнозирования общей длительности миграции и длительности простоя виртуальной машины наиболее подходящими являются методы группового учета аргументов и метод опорных векторов, которые могут использоваться в облачных платформах для прогнозирования характеристик миграции и их влияния на качество работы сервисов.

Литература

1. Clark C. et al. Live migration of virtual machines In: Proceedings of the 2nd Conference on Symposium on Networked Systems Design & Implementation-Volume 2, pp. 273-286 //USENIX Association. 2005.
2. Hines M. R., Gopalan K. Post-copy based live virtual machine migration using adaptive pre-paging and dynamic self-ballooning // Proceedings of the 2009 ACM SIGPLAN/SIGOPS international conference on Virtual execution environments. – 2009. – С. 51-60.
3. Lei Z. et al. A novel hybrid-copy algorithm for live migration of virtual machine // Future Internet. 2017. Т. 9. №. 3. С. 37.
4. Svärd P., Hudzia B., Tordsson J., Elmroth E. Evaluation of delta compression techniques for efficient live migration of large virtual machines. ACM Sigplan Notices, no. 46(7), 2011, pp. 111-120.
5. Jin H., Deng L., Wu S., Shi X., Pan X. Live virtual machine migration with adaptive, memory compression. In 2009 IEEE International Conference on Cluster Computing and Workshops, 2009, August, pp. 1-10.
6. Kirov D.E. et al. Feature selection for predicting live migration characteristics of virtual machines // T-Comm: Телекоммуникации и Транспорт. 2021. Т. 15. №. 7. С. 62-70.
7. Toutov A., Vorozhtsov A., Toutova N. Analytical approach to estimating total migration time of virtual machines with various applications // International Journal of Embedded and Real-Time Communication Systems (IJERTCS). 2020. Т. 11. №. 2. С. 58-75.
8. Jo C., Cho Y., Egger B. A machine learning approach to live migration modeling // Proceedings of the 2017 Symposium on Cloud Computing. 2017. С. 351-364.
9. Elsaid M. E., Abbas H. M., Meinel C. Virtual machines pre-copy live migration cost modeling and prediction: a survey // Distributed and Parallel Databases. 2021. С. 1-34.
10. Ивахненко А.Г., Степанко В.С. Помехоустойчивость моделирования. Наукова думка, 1985.
11. Тутов А.В., Тутова Н.В., Ворожцов А.С. Программа для прогнозирования перегрузки серверов с использованием комбинаторного метода группового учета аргументов на языке программирования Java / Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2018666780 07.12.2018.
12. Ворожцов А.С., Тутова Н.В. Преподавание комбинированных методов многокритериальной оптимизации в дисциплине теория принятия решений // Методические вопросы преподавания инфокоммуникаций в высшей школе. 2017. Т. 6. № 4. С. 4-8

РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНОГО ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПАССАЖИРОВ МЕЖДУГОРОДНЫХ АВТОБУСОВ

Байгутлин Гаян Рафикович,
МАДИ, Москва, Россия

Феофанов Сергей Александрович,
к.т.н., доцент, МАДИ, Москва, Россия,
gayna130@gmail.com

Аннотация

Рассмотрены тенденции в технологиях беспроводной передачи энергии по средствам магнитно-резонансной связи и их применение для заряда мобильных устройств пассажиров транспорта. Установлены основные зависимости, способы и конструктивные решения, способствующие повышению эффективности беспроводной передачи энергии. Обоснованы методы дальнейших научно-исследовательских работ.

Ключевые слова: беспроводная передача энергии, беспроводной заряд, мобильное устройство, автобусы, телефоны.

Автобусные перевозки в России занимает одно из лидирующее место по междугородним пассажирским перевозкам по сравнению с другими видами транспорта. По состоянию 2020 г. услугами автобусных перевозок воспользовались 55,9 млн. человек по данным Росстата [1]. Стремление создания комфортных условий пассажирам автобусов и увеличение интенсивности использования мобильных устройств приводит к необходимости обеспечения способов их заряда. Транспортные средства обычно оснащаются USB-разъемами для заряда мобильных устройств пользователей. С одной стороны, пассажир может не имеет при себе зарядного кабеля, а с другой стороны значительное количество современных мобильных устройств имеют возможность беспроводного заряда, основанный на законе электромагнитной индукции открытый Майклом Фарадеем ещё в 1831 г.

Благодаря развитию технологий высокочастотных полупроводников и ряду конструктивных решений стало возможным передавать энергию беспроводным способом с эффективностью до 90% [2]. В основном используется стандарт Qi, который предполагает рабочую частоту 110-205 кГц для передачи мощности до 5 Вт и 80-300 кГц для передачи до 120 Вт [3]. Максимальная мощность передачи энергии беспроводным варьируется от 10 Вт (для iPhone 11-7,5 Вт) и до 65 Вт (для Mi 11 Ultra). Следует отметить, что число продаж смартфонов в России за девять месяцев 2021 года составила 32 млн. шт. [4], вследствие чего можно спрогнозировать потребность в устройствах заряда.

На рисунке 1 показан принцип беспроводного заряда, в котором используются 2 плоские (дисковые) катушки: первая – передающая, вторая – принимающая. При пропускании переменного тока в принимающей катушке, вокруг неё создается переменное магнитное поле высокой частоты. Передающий и принимающий контуры настраивают на режим резонанса, с помощью конденсаторов, которые компенсируют индуктивную составляющую катушек. Такой способ передачи энергии уже носит название магнитно-резонансной связи. Классификация технологий беспроводного заряда показана на рисунке 2.



Рис. 1. Схемы беспроводной передачи энергии в персональном мобильном устройстве

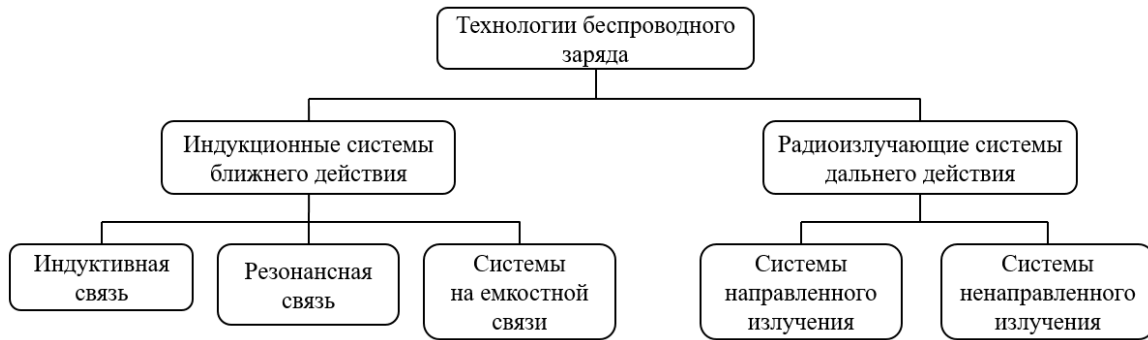


Рис. 2. Классификация технологий беспроводного заряда

Для использования в пассажирском транспорте разрабатывается решения беспроводного зарядного устройства с магнитно-резонансной связью, принципиальная схема которой показана представленную на рисунке 3.

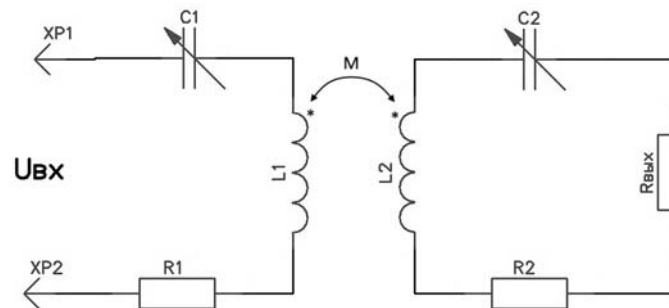


Рис. 3. Электрическая схема с магнитно-резонансной связью: L1, L2 – передающая и принимающая катушки соответственно; R1, R2 – активные сопротивления каждого контура; C1, C2 –подстроечные конденсаторы для создания резонанса; M – взаимная индуктивность между L1 и L2

Формулы для нахождения максимальной согласованной мощности источника и приемника, а также КПД всей системы при резонансе [5]:

$$P_{\text{ВЫХ}} = \frac{(\omega_0 M)^2 I_{\text{ВХ}}^2}{R_{\text{ВЫХ}}}; \tag{1}$$

$$P_{\text{ВХ}} = \frac{U_{\text{ВХ}}^2}{R_1 + \frac{(\omega_0 M)^2}{R_{\text{ВЫХ}} + R_2}}; \tag{2}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{ВЫХ}}}{P_{\text{ВХ}}} = \frac{\omega_0^2 M^2 R_{\text{ВЫХ}}}{R_1 (R_{\text{ВЫХ}} + R_2) + \omega_0^2 M^2 (R_{\text{ВЫХ}} + R_2)}, \tag{3}$$

где $P_{\text{ВЫХ}}$ – мощность, передаваемая на второй контур; $P_{\text{ВХ}}$ – мощность первичного контура; η – КПД всей системы; M – взаимная индуктивность катушек; R_1, R_2 – активные сопротивления каждого контура; $R_{\text{ВЫХ}}$ – выходное сопротивление (нагрузка); ω_0 – резонансная частота; $U_{\text{ВХ}}$ и $I_{\text{ВХ}}$ – напряжение и ток первичного контура соответственно.

Как видно из представленных формул КПД зависит от резонансной частоты ω_0 и индуктивной связи M . В свою очередь индуктивную связь зависит от форм, размеров и взаимного расположения катушек [6]. Если условиться на том, что геометрические показатели катушек постоянны и равны, то КПД зависит от частоты и взаимного расположения катушек.

Для повышения эффективности и добротности используют однослойные плоские катушки с подложками толщиной 2-4 мм из ферритового материала с внешней стороны катушки для пространственного направления магнитного поля в сторону принимающей катушки и уменьшения рассеивания во внешнюю среду.

Следует отметить, что максимальная эффективность передачи энергии достигается только при обеспечении соосности принимающей и передающих катушек и экспоненциально снижаться при смещении от общей оси [7-10]. Для решения этой задачи в мобильные устройства применяют центрирующие конструктивные решения, например, специальные пазы, магниты, ложементы и т.п. [11-16].

Исследования в рамках настоящей работы направлены на создание отечественного прототипа беспроводного зарядного устройства для мобильных устройств мощностью до 20 Вт. Мобильные устройства пассажиров различных производителей имеют разные мощности и, соответственно, будут иметь различные технические и геометрические параметры принимающих и передающих контуров. Поэтому в рамках работы запланирована серия экспериментов с целью определения влияния каждого из факторов на эффективность системы с одновременным анализом экономической составляющей. Планируется исследовать влияния наличия и отсутствия ферромагнитных подложек и соотношения диаметров и передающей и принимающих катушек ($d_1 > d_2$, $d_1 < d_2$, $d_1 = d_2$). Результаты работы будут иметь теоретическую ценность, подтвержденную экспериментальными исследованиями.

Литература

1. Федеральная служба государственной статистики Росстат: официальный сайт [Электронный ресурс]. Москва. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport/comments> (дата обращения: 9.04.2022).
2. Kesler M.P. *Highly Resonant Wireless Power Transfer: Safe, Efficient, and over Distance*, WiTricity Corporation, 2017, 13 p.
3. Xiao L., Ping W., Dustin N., Dong I.K. *Wireless Charging Technologies: Fundamentals, Standards, and Network Applications* // IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2015, 41 p.
4. Аналитический центр GS Group: официальный сайт [Электронный ресурс]. Санкт-Петербург. Режим доступа: <https://gs-group.com/press-center/analytical-center/elektronika> (дата обращения: 10.04.2022).
5. Abdallah Toni Satel. *Wireless Charger for Low Power Devices*. Master's Thesis, Lisbon, University of Coimbra, 2016, 71 p.
6. Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. Расчет индуктивностей: Справочная книга. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат, 1986. 488 с.
7. Гришин А.С., Панарин А.Н., Феофанов С.А., Чернов А.В. Направления развития автотранспортных средств со стартер-генераторными установками // Труды «НАМИ». 2012. №251. С. 38-47.
8. Гулямов К.Х., Гуломзода А.Х. Разработка и исследование повышающего преобразователя постоянного напряжения // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2017. № 4 (51). С. 55-61.
9. Карелина М.Ю., Арифуллин И.В., Терентьев А.В. Аналитическое определение весовых коэффициентов при многокритериальной оценке эффективности автотранспортных средств // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2018. № 1 (52). С. 3-9.
10. Долина О.Н., Жидкова М.А., Шпилькина Т.А., Ахметжанова Э.У. Реализация политики импортозамещения в автомобильной промышленности // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2017. № 2 (49). С. 22-28.
11. Пузаков А.В., Осаулко Я.Ю. Исследование влияния эксплуатационных факторов на тепловое состояние автомобильного генератора // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2018. № 1 (52). С. 16-23.
12. Надараиа Ц.Г., Селиванов А.И., Шестаков И.Я., Фадеев А.А., Бабкина Л.А. Химико-кинетический накопитель энергии и мотор-редуктор для электромобиля // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2017. № 1 (48). С. 12-17.
13. Мельникова Т.Е., Мельников С.Е., Завязкина В.В. Электромобили: перспективы и пути развития // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2019. № 3 (58). С. 22-26.
14. Блудян Н.О. Перспективы развития электрических автобусов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2020. № 3 (62). С. 19-24.
15. Ухов И.В., Климов А.В., Долгий И.О., Рябцев Ф.А. Анализ и моделирование алгоритма i2t лимитирования тока для литий-ионных батарей // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2021. № 1 (64). С. 3-10. EDN: NPQEAD
16. Климов А.В., Анисимов В.Р. О некоторых аспектах повышения энергонасыщенности тяговых электрических двигателей // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2021. № 2 (65). С. 26-31. EDN: JPJXQN

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СПОСОБОВ И УСТРОЙСТВ В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ СТЕНДОВ ВЕСОВОГО ДОЗИРОВАНИЯ

Дворянинов Никита Владимирович,

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, Россия,
komoric@yandex.ru*

Ерусланкин Сергей Алексеевич,

*старший преподаватель кафедры «Транспортные установки», Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия
riffcss@mail.ru*

Аннотация

Рассмотрены основные виды стендов весового дозирования, их отличительные особенности, достоинства и недостатки. Выявлены перспективные направления развития стендов весового дозирования, обладающие новизной по сравнению с другими видами. Проведен анализ технического уровня разработок в области создания стендов весового дозирования. По результатам проведенных исследований определена тенденция развития в данной области техники.

Ключевые слова: *устройство для непрерывного весового дозирования сыпучих материалов, роторный комбинационный дозатор, весовой дозатор жидкости, устройство для весового дозирования сыпучих и мелкоштучных продуктов, объемный дозатор жидкости с весовым контролем.*

Метод весового дозирования жидких и вязких веществ используется в промышленности уже более 100 лет. Отличительными чертами такого оборудования является точность, простота настройки и обслуживания, надежность, а также возможность многоцелевого использования.

Учитывая, что весовые дозаторы без конструктивных изменений позволяют заполнять контейнеры самых различных форм и размеров широким ассортиментом продуктов, можно смело говорить о неисчерпаемости их возможных областей применения [7-11].

Первым преимуществом весового дозирования является широкий диапазон дозируемых веществ. Возможность использования различных дозирующих головок и систем подачи дозируемых веществ позволяет весовым дозаторам работать с самым широким диапазоном продуктов (как по физическим, так и по химическим свойствам), по сравнению с любыми другими типами дозирования. Объемные дозаторы ограничены характеристиками установленных поршней и клапанов, смена которых сложна или даже не представляется возможной. Машины для дозирования по уровню используют дозирующую головку в качестве системы измерения, которая работает исключительно с жидкостями и может адаптироваться только к диаметру тары.

Другим преимуществом весового дозирования является отсутствие влияния температуры. При дозировании по уровню или объему необходимо учитывать влияние температурного расширения дозируемого продукта. Например, некоторые продукты питания и многие смазочные материалы необходимо дозировать при температурах, когда их объем может на 5 % более превышать нормальный, при температуре 20-25° С. Изменение температуры со временем, при дозировании по объему, приводит к изменению количества дозированного продукта в таре при тех же настройках оборудования. Весовой метод дозирования учитывает объективный параметр – вес, который не меняется при изменении температуры. При дозировании на производстве, на складе вес постоянен [1,4,6].

Третьим преимуществом весового дозирования является широкий диапазон размеров тары. Один и тот же весовой дозатор может применяться для дозирования в тару 0,25-10 л или 1-25 л, или 20-220 л. Если продукция должна разливаться в контейнеры разного объема, оборудование для весового дозирования предоставляет самый широкий диапазон возможностей, по сравнению с другими типами дозирочного оборудования.

Четвертым преимуществом весового дозирования является высокая скорость заполнения тары. При использовании объемного дозатора, сечение дозирочного тракта ограничено клапаном дозирочного цилиндра, который имеет характерный диаметр около 13 мм. Кроме того, дозируемый продукт совершает движение сначала в поршень, а потом из поршня в тару. Это снижает скорость поступления дозируемого продукта в тару. Положительным отличием оборудования для весового дозирования является возможность использования дозирочных головок большого сечения (30 мм и более) для тары большой емкости, что способствует быстрому прохождению продукта по дозирочному тракту. Например, с помощью весового метода можно точно дозировать продукцию в 205-литровые бочки менее чем за 1 мин. Дозирование происходит напрямую из резервуара в контейнер. Поток дозируемого продукта открывается и перекрывается дозирочной головкой – единственной движущейся частью, участвующей в процессе дозирования. Конструкция весовых дозаторов предельно проста, что делает их очень надежными машинами.

Пятым преимуществом является простая конструкция и высокая надежность оборудования. Простая конструкция весового дозатора не требует квалифицированного обслуживающего персонала. Исправление возможных поломок не требует больших расходов (т.к. в конструкции отсутствуют сложные элементы). Простая конструкция машины снижает вероятность поломок и обеспечивает высокую надежность весового оборудования.

Шестым преимуществом является высокая точность. Весовые дозаторы обеспечивают очень высокую точность дозирования, недостижимую другими методами, особенно при дозировании в крупную тару. Так, весовое оборудование позволяет заполнять 205-литровые бочки с разбросом в пределах 100 г, что составляет менее 0,05 %. В случае использования дозирования по уровню, большой диаметр тары приводит к большим погрешностям. Объем поршня объемного дозатора ограничен величиной около 5 л. Это вызывает необходимость в аналогичных условиях выполнять несколько циклов дозирования, что неизбежно снижает точность полученного результата.

Первым ограничением весового дозирования является время дозирования. Процесс взвешивания требует некоторого интервала времени. Как показывает практика, минимальное время взвешивания, необходимое для удовлетворения требованиям точности, должно составлять порядка 7 с. Это приводит к тому, что в большинстве случаев для дозирования только в тару, объемом менее 1 л, применение весовых дозаторов не является предпочтительным.

Вторым ограничением весового дозирования является автоматизация. В процессе взвешивания весовые платформы и контейнеры не должны касаться друг друга или других объектов, в противном случае, результат измерения веса будет искажен. Это создает определенные сложности при автоматизации процесса весового дозирования, особенно для небольших контейнеров. Как правило, автоматические модели весовых дозаторов не применяются для дозирования в тару менее 4 л.

Третьим ограничением весового дозирования является выравнивание продукта в контейнере. Дозируемый продукт должен иметь способность растекаться в заполняемом контейнере под своим весом, иначе это может привести к переполнению контейнера. Однако это условие выполнимо не только для веществ с низкой вязкостью, но и для ряда очень вязких продуктов. Следует отметить, что подобное условие не является специфическим для весового дозирования, а в равной степени относится и к дозаторам иного типа действия.

Для анализа технического уровня разработок в области создания стандов весового дозирования изучена патентно-лицензионная ситуация в исследуемой области техники.

Изобретательская активность, показателем которой является количество полученных патентов, является следствием вложения финансовых средств в разработку и может свидетельствовать либо об устранении конкретных технических проблем, либо о появлении новых принципиальных решений [5, 12-14]. Для построения динамических кривых результаты патентных исследований по РФ были проанализированы все патенты за выбранный период времени (с 2012 по 2022 гг.). Такой подход позволяет облегчить сопоставительный анализ по исследуемым объектам, а также оценить перспективы развития

каждого из направлений. За исследуемый период по объектам было выбрано 10 патентов, которые наиболее соответствовали теме патентных исследований.

Через поисковую базу данных «PATENTSCOPE» (позволяет ознакомиться с полным текстом международных заявок, поданных в соответствии с Договором о патентной кооперации (РСТ), с первого дня их публикации, а также с патентными документами национальных и региональных патентных ведомств государств-участников), проведен анализ самого встречающегося МПК в нашем патентном исследовании – № G01G13/00. Найдено 3220 охранных документов, относящихся к данному МПК (рис. 1).

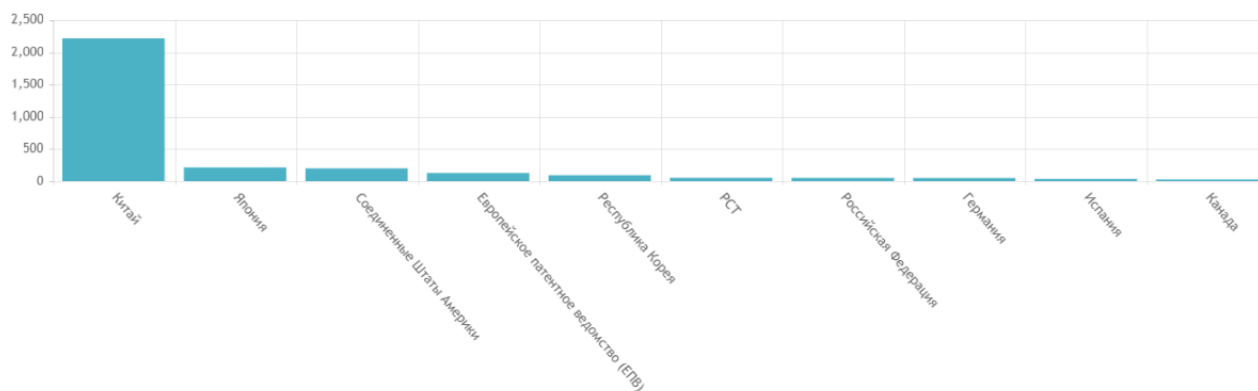


Рис. 1. Количество патентных документов по странам

На рисунке 2 представлено количество патентных документов с 2012 по 2022 года, из которого видно увеличение публикационной активности в мире к 2021 году.

Анализ показывает, что в России наибольшее число патентов принадлежит компании ОАО «Научно-исследовательский институт полимерных материалов» (RU) которая занимается разработкой перспективных образцов порохов, твёрдых ракетных топлив, малогазовых и воспламенительных составов и зарядов на их основе, технологических процессов их изготовления для образцов вооружения и военной техники всех видов Вооружённых Сил Российской Федерации и имеет 12 патентов за выбранный период, опубликованных в России [15-17]. Второе место по активности патентования в указанной области занимает в РФ «Тамбовский государственный технический университет» ГОУ ВПО ТГТУ (RU), который имеет два патента за выбранный период на изобретения в области средств дозирования сыпучих и пастообразных веществ.

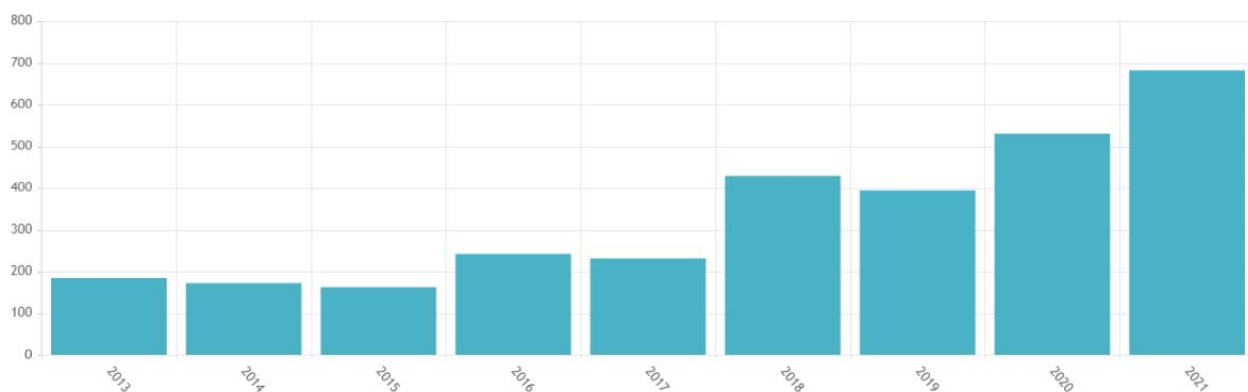


Рис. 2. Количество патентных документов по России с 2004 по 2014 года

Важными показателями, характеризующими технический уровень станков весового дозирования, являются повышение надежности, обеспечение удобства обслуживания и снижение трудоемкости при эксплуатации дозатора, повышение технико-экономических показателей, упрощение конструкции при сохранении точности весового дозирования.

Для определения тенденции развития стан­дов весового дозирования рассмотрим несколько патентов на изобретение.

В патенте РФ на изобретение № 2411462 «Весовой дозатор жидкости» рассмотрен стан­д весового дозирования, в котором разборка дозатора механизирована и ведется в дистанционном режиме.

Новым в весовом дозаторе жидкости является конструкция дозатора, которая позволяет осуществлять безопасную дистанционную разборку дозатора для чистки основных его узлов после очередного технологического цикла. Наличие в дозаторе траверсы, закрепленной на крышке бункера вместе с приводом, подшипниковым узлом и валом со шнеком, гидроцилиндров для подъема крышки бункера, направляющих стоек с втулками крышки и направляющих ступенчатых стержней с верхними втулками, выполнение шнека и взаимодействующей с ним втулки бункера коническими, установка на штоках гидроцилиндров дисковых подхватов с выступами в форме усеченных конусов обеспечивают условия для безопасной дистанционной разборки дозатора после его работы на связующем, содержащем взрывчатые вещества [2].

Весовой дозатор жидкости состоит из бункера с крышкой, грузочного узла с клапаном набора, разгрузочного узла со сливным клапаном, весоизмерительного устройства, а также установленных на крышке подшипникового узла с вертикальным валом со шнеком. Привод вала также установлен на крышке. Для обеспечения безопасности при разборке дозатора привод вала снабжен траверсой, включающей два кронштейна с центрирующими отверстиями, на раме закреплены два гидроцилиндра для подъема крышки. Шнек и взаимодействующая с ним втулка бункера выполнены коническими, фланец бункера снабжен направляющими стойками, взаимодействующими с втулками крышки, на кронштейнах траверсы закреплены направляющие ступенчатые стержни, которые взаимодействуют со втулками, закрепленными на раме. Штоки гидроцилиндров снабжены дисковыми подхватами с выступами в форме усеченных конусов, при этом в рабочем положении дозатора (т.е., когда дозатор собран) подхваты и кронштейны не контактируют друг с другом.

В традиционной конструкции весового дозатора жидкости существует опасность при разборке после окончания технологического цикла в случае его работы на связующем, содержащем взрывоопасные вещества.

Рассмотрим еще один патент РФ на изобретение № 2348014 «Объемный дозатор жидкости с весовым контролем». Данное изобретение позволяет повысить точность и экономичность дозирования, а также поддерживать плотность дозируемой жидкости в заданных узких пределах.

Дозатор, состоящий из дозирующего цилиндра с поршнем и штоком, из распределительного устройства с клапанами набора и выдачи дозы, а также привода выдачи дозы, введено устройство для взвешивания. Распределительное устройство снабжено отсекающим клапаном с приводом и пробкой с толкателем. Шток дозирующего цилиндра снабжен датчиком контроля хода [3].

Таким образом, наличие в дозаторе устройства для взвешивания каждой выдаваемой дозы позволяет обеспечить необходимую точность дозирования высоковязких жидкостей независимо от изменений плотности дозируемой жидкости в результате колебаний температуры жидкости или изменений количества воздушных включений в ней

В рассмотренном изобретении это техническое решение позволяет снизить затраты на подготовку к каждому технологическому пуску за счет сокращения времени и снижения расхода энергетических ресурсов при выводе линии дозирования жидкости на рабочий режим работы.

В результате анализа достигнутого технического уровня в области создания стан­дов весового дозирования, можно сделать вывод о признаках разработок, определяющих их современный научно-технический облик.

Основным направлением разработки, определяющей современный научно-технический облик, можно признать рассмотренные выше патенты на изобретения № 2411462 «Весовой дозатор жидкости» и № 2348014 «Объемный дозатор жидкости с весовым контролем». Данные изобретения направлено не только на безопасную дистанционную разборку дозатора для чистки основных его узлов после очередного технологического цикла, но и на повышение точности и экономичности дозирования.

По результатам проведенных исследований наблюдается большой объем полученных патентов на разработку стан­дов весового дозирования, что указывает на перспективное направление разработки. Принимая во внимание очевидный интерес к этому направлению исследований, можно сделать вывод о его актуальности и перспективности дальнейших исследований.

Литература

1. *Лотков Н.А., Полухин А.И., Тантлевский А.В.* Весоизмерительное оборудование: Справочник. М.: Агропромиздат 1999. 87 с.
2. Патент № 2411462 Российская Федерация, МПК G01G13/00. Весовой дозатор жидкости / Гаранин Л. П. (RU), Бикбулатов Р. С. (RU), Теплыгин А. В. (RU), Брехов Г. В. (RU); заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Научно-исследовательский институт полимерных материалов" (RU); заявл. 03.02.2010. опубл. 10.02.2011, Бюл. № 4. 6с.: ил.
3. Патент № 2348014 Российская Федерация, МПК G01F13/00 G01G13/04. Объемный дозатор жидкости с весовым контролем / Гаранин Л. П. (RU), Брехов Г. В. (RU), Назаркин В. А. (RU), Пепеляев Ю. К. (RU), Сибгатуллин Р. Г. (RU); заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие "Научно-исследовательский институт полимерных материалов" (RU); заявл. 02.10.2007. опубл. 27.02.2009, Бюл. № 6. 6с.: ил.
4. *Шульга В.М., Лебедев А.Г.* Экспериментальная отработка метода заправки баков космических аппаратов дозами компонентов топлива // Приборы. 2016. № 1(187). С. 40-46.
5. *Скорняков Э.П., Горбунова М.Э.* Теория и практика патентных исследований. М.: ИНИЦ «ПАТЕНТ», 2014. 208 с.
6. *Ухов И.В., Климов А.В., Долгий И.О., Рябцев Ф.А.* Анализ и моделирование алгоритма i2t лимитирования тока для литий-ионных батарей // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2021. № 1 (64). С. 3-10. EDN: NPQEAD
7. *Климов А.В., Анисимов В.Р.* О некоторых аспектах повышения энергонасыщенности тяговых электрических двигателей // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2021. № 2 (65). С. 26-31. EDN: JPJXQN
8. *Гулямов К.Х., Гуломзода А.Х.* Разработка и исследование повышающего преобразователя постоянного напряжения // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2017. № 4 (51). С. 55-61.
9. *Карелина М.Ю., Арифуллин И.В., Терентьев А.В.* Аналитическое определение весовых коэффициентов при многокритериальной оценке эффективности автотранспортных средств // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2018. № 1 (52). С. 3-9.
10. *Долина О.Н., Жидкова М.А., Шпилькина Т.А., Ахметжанова Э.У.* Реализация политики импортозамещения в автомобильной промышленности // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2017. № 2 (49). С. 22-28.
11. *Пузаков А.В., Осаулко Я.Ю.* Исследование влияния эксплуатационных факторов на тепловое состояние автомобильного генератора // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2018. № 1 (52). С. 16-23.
12. *Надараца Ц.Г., Селиванов А.И., Шестаков И.Я., Фадеев А.А., Бабкина Л.А.* Химико-кинетический накопитель энергии и мотор-редуктор для электромобиля // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2017. № 1 (48). С. 12-17.
13. *Мельникова Т.Е., Мельников С.Е., Завязкина В.В.* Электромобили: перспективы и пути развития // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2019. № 3 (58). С. 22-26.
14. *Блудян Н.О.* Перспективы развития электрических автобусов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2020. № 3 (62). С. 19-24.
15. *Дымкова С.С.* Повышение эффективности функционирования информационных систем и процессов в высшей школе // Методические вопросы преподавания инфокоммуникаций в высшей школе. 2017. Т. 6. № 2. С. 45-48. EDN: ZBFLTN
16. *Дымкова С.С.* Новые принципы организации функционирования систем по продвижению результатов научных исследований // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2017. Т. 8. № 1. С. 34-37. EDN: ZWBOYX
17. *Артюшенко В.М., Аббасова Т.С., Стрелюк Ю.В., Васильев Н.А., Белюченко И.М., Самаров К.Л., Зиновьев В.Н., Посеренин С.П., Вокин Г.Г., Мороз А.П., Шайдунов В.С., Шаврин С.С.* Системный анализ в области управления и обработки информации. Королев, 2015. EDN: UBMJRP